

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



СЕРИЯ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»

Основана в 1959 году

РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

*А. Т. Григорьян, В. И. Кузнецов, Б. В. Левшин,
С. Р. Микулинский, Д. В. Ознобишин,
З. К. Соколовская (ученый секретарь),
В. Н. Сокольский, Ю. И. Соловьев, А. С. Федоров
(зам. председателя), И. А. Федосеев (зам. председателя),
А. П. Юшкевич, А. Л. Яншин (председатель),
М. Г. Ярошевский*

Н. Н. Ушакова

Виталий Григорьевич

ХЛОПИН

1890—1950

**Ответственные редакторы:
академик Б. П. НИКОЛЬСКИЙ,
кандидат химических наук
Г. С. СИНИЦЫНА**



**МОСКВА
«НАУКА»
1990**

ББК 24.13

У. 93

УДК 54(092) Хлопин

Рецензенты:

В. Д. НЕФЕДОВ, Д. Н. ТРИФОНОВ

УДК $\frac{1401020000-289}{054(02)-90}$ 42-90 НПЛ

ISBN 5-02-006067-4

© Издательство «Наука», 1990

От автора

В 1990 г. исполняется сто лет со дня рождения крупного советского ученого академика Виталия Григорьевича Хлопина, имя которого неразрывно связано со становлением и развитием радиохимических исследований в нашей стране. Основатель первого завода по производству радия, Государственного радиевого института, а также гелиевой промышленности, он стоял у истоков советской атомной промышленности. В. Г. Хлопин создал в Ленинградском университете первую в СССР кафедру радиохимии и советскую школу радиохимиков. Остро чувствуя влечение времени и задачи, которые ставит перед ученым тот или иной исторический период, он всегда работал на самых передовых рубежах науки и техники, часто проявляя гениальный дар научного предвидения.

Достойный ученик Л. А. Чугаева и В. И. Вернадского, В. Г. Хлопин унаследовал от них широту научных интересов, высокий профессионализм, преданность науке. Никогда не требуя для себя ни малейших благ или привилегий, он, однако, даже в очень трудные годы бесстрашно и упорно обращался в самые высокие инстанции ради дела и справедливости. Принципиальность и порядочность, доступность и строгая простота, высокие нравственные критерии, которыми руководствовался В. Г. Хлопин в жизни и взаимоотношениях с учениками и сотрудниками,— все это создавало особое обаяние личности ученого и привлекало к нему истинных энтузиастов, преданных науке, институту, своему руководителю.

Школа советских радиохимиков растет, развивается и славится своими успехами. Отдельные только начатые при В. Г. Хлопине поисковые работы выросли теперь в большие перспективные направления, порождая, в свою очередь, новые глубокие исследования. К сожалению, прямых учеников, а тем более сотрудников В. Г. Хлопина остается все меньше, и тем ответственнее их долг перед памятью учителя.

До последнего времени по разным причинам о В. Г. Хлопине было написано крайне мало. В подавляющем большинстве — это краткие очерки основных направлений его научной деятельности, приуроченные к юбилейным датам, вводные разделы к изданным трудам ученого или, наконец, опубликованные доклады, прочитанные также к различным торжествам. Исключение составила книга В. М. Вдовенко, в которой были изложены основные направления научной деятельности В. Г. Хлопина [III, 22]. В 1987 г. из печати вышел интересный сборник очерков и воспоминаний современников В. Г. Хлопина, написанных специально для этого издания и напечатанных ранее [III, 40]. К сожалению, тираж сборника был небольшим, всего 1100 экземпляров. Но полной биографии В. Г. Хлопина, отражающей его многогранный облик ученого, гражданина, человека, до сих пор нет.

В предлагаемой читателю книге автор попытался хотя бы отчасти восполнить этот пробел. В своей работе он пользовался очень доброжелательными консультациями и советами сотрудников, учеников и родных В. Г. Хлопина. Написание книги стало возможным лишь благодаря постоянной заинтересованной и действенной помощи со стороны администрации и сотрудников Государственного радиевого института им. В. Г. Хлопина и в первую очередь — заместителя директора (ныне заведующей музеем) института, кандидата химических наук Г. С. Синицыной, а также ученого секретаря института, кандидата химических наук С. В. Бутомо и сотрудников архива института. Неоценимую помощь оказали профессор, доктор медицинских наук И. Д. Хлопина и доктор исторических наук И. Н. Хлопин, любезно предоставившие автору сохранившиеся в семейном архиве материалы и фотографии и сделавшие свои замечания по биографическому разделу рукописи. Автор также весьма благодарен за предоставленные в его распоряжение рукописи-воспоминания сотрудников В. Г. Хлопина — доктора геолого-минералогических наук И. Д. Старынкевич-Борнеман и доктора геолого-минералогических наук Н. В. Тагеевой. С благодарностью принял автор замечания академика Б. П. Никольского, доктора химических наук Д. Н. Трифонова и консультативную помощь заместителя заведующего кафедрой радиохимии ЛГУ, докто-

ра химических наук В. Д. Нефедова и сына сотрудника Хлопина — М. Л. Богоявленского.

В результате изучения и сопоставления рукописных и опубликованных материалов, а также новых данных, обнаруженных в Архиве Радиевого института им. В. Г. Хлопина, Государственном историческом архиве Ленинграда, Метрологическом музее Госстандарта НПО ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, в семейном архиве брата ученого — Н. Г. Хлопина, удалось восстановить картину жизни и деятельности В. Г. Хлопина в период 1890—1925 гг., особенно бедно отраженную в литературе. В то же время эти годы, по нашему мнению, очень важны для понимания становления личности и выбора жизненного и научного пути ученого.

Нам представлялось интересным отразить обстановку и атмосферу, в которой рос и формировался юноша, а затем молодой ученый В. Г. Хлопин. В связи с этим мы уделили особое внимание семье Хлопиных, трудному в жизни страны и науки периоду 1914—1924 гг., выбору научного пути Хлопина и, наконец, Радиевому институту, который своими успехами во многом обязан личности В. Г. Хлопина.

Автор с благодарностью примет все замечания и пожелания.

Жизненный путь

Каждый ученый интересен прежде всего своими трудами, определяющими его место в истории науки. В то же время крупные достижения отдельных ученых невольно вызывают интерес и к их жизни; побуждают изучать окружение, духовную атмосферу, экономические и политические события, коснувшиеся этой личности. Воздействие внешних событий особенно проявилось на деятельности русских ученых, которые жили и работали в сложные решающие периоды развития нашего Отечества.

Виталий Григорьевич Хлопин родился в семье русских передовых интеллигентов, получил прекрасное образование. Казалось, его жизненный и научный путь будет прямым и не слишком сложным. Но действительность внесла суровые коррективы. Начало научной деятельности В. Г. Хлопина, буквально с первых месяцев, совпало с империалистической войной. Изменились и жизнь, и тематика исследований. После Великой Октябрьской социалистической революции, принятой и самим Хлопиным и его близкими, и учителями, он оказался перед серьезным и трудным выбором — остаться работать по платиновым металлам со своим первым учителем Л. А. Чугаевым (1873—1922) или вести исследования с В. И. Вернадским (1863—1945) на совершенно новом поприще — изучении явления радиоактивности и создании в нашей стране радиевой промышленности. Хлопин выбрал второй путь, сулящий огромные увлекательные перспективы и возможности, но возлагавший и громадную ответственность. За пять лет поставленная задача по налаживанию производства радия в нашей стране в принципе была решена при самом активном и непосредственном участии В. Г. Хлопина.

Затем встал вопрос о руководстве научными исследованиями в области новой, только возникающей науки в нашей стране — радиохимии, об организации Радиевого института. Вновь во многом благодаря личным самоотверженным, а иногда и героическим действиям

В. Г. Хлопина такой институт был создан, а сам он принимал участие в руководстве Радиевым институтом, а затем и возглавлял его. Именно в этом институте в 30-е годы был построен и пущен в эксплуатацию первый в СССР и Европе циклотрон. Теперь успехи Радиевского института общеизвестны, а начинал Хлопин свою деятельность в области радиохимии вместе с такими же молодыми энтузиастами в холодные и голодные 20-е годы. Впоследствии его ученики и соратники составили известную и плодотворно работающую школу Хлопина, внесшую, в частности, огромный вклад в создание советской атомной энергетики.

В чем же секрет успехов Виталия Григорьевича Хлопина, его высокого научного авторитета? Почему именно он создал замечательную, набирающую все более высокий научный потенциал школу радиохимиков, хотя у нас работали в этой области и другие крупные ученые? Почему его так любили и почитали ученики и соратники?

Постараемся предложенным очерком жизни и деятельности Хлопина хотя бы отчасти ответить на некоторые из поставленных вопросов. Нам представляется, что формирование научных интересов и общественной позиции у многих выдающихся людей прошлого происходило в большинстве случаев под воздействием не только социально-экономических событий, но и близкого круга людей и прежде всего родителей. Уклад жизни и атмосфера семьи, ее интересы, запросы, вообще уровень интеллектуальной жизни незаметно, но в гораздо большей степени, чем в наше время, сказывался на внутреннем мире детей, их нравственных представлениях, душевном складе и умственном развитии. Вероятно, будущие успехи и достижения Виталия Григорьевича и его брата Николая Григорьевича Хлопина во многом предопределились духовным и нравственным климатом семьи, в которой они росли. Именно поэтому мы уделяем значительное внимание родителям В. Г. Хлопина. К тому же в первые годы семья часто переезжала; Хлопины жили в Сибири, Петербурге, Москве, Юрьеве (ныне Тарту.— *Н. У.*), Одессе и поэтому возникавшие у детей дружеские связи со сверстниками прерывались, семья оставалась в их детстве основным источником знаний и культуры, радостей и огорчений, примером в поступках и оценках событий. У родителей дети учились самоотверженности

и чувству долга, честности и порядочности, умению отличать слабость от подлости, мужество и храбрость от шумной удали и суесловия, а главное, учились находить радость и удовлетворение в труде. Тем более, что пример родителей был достоин подражания.

Семья Хлопиных. Детство

Виталий Григорьевич Хлопин родился 14 (26) января 1890 г. в Перми.

Его мать — Екатерина Александровна Хлопина, урожденная Кавадерова (1865—1945) — родилась в Златоусте в семье поручика горных инженеров. Она приходилась двоюродной сестрой академику А. П. Карпинскому (1846—1936), который вместе с ее отцом Александром Кавадеровым получил образование в Петербурге, в Горном кадетском корпусе (позднее названном Горным институтом). Как дети горных инженеров, они обучались в нем бесплатно.

Горный кадетский корпус и Петербург сыграли большую роль в жизни Кавадерова, и прежде всего потому, что дали ему знания, помогли приобщиться к художественным ценностям и ощутить радость товарищества. «В мое время, — писал Кавадеров, — направление, которого держались кадеты, было поистине прекрасное. Все неприглядное в нравственном отношении, как-то заискивание, лесть, обман, ложь, скупость, попрошайство и вообще все гаденькие и нечестные поступки строго порицались и клеймились презрением большинства» [1, 1, с. 46]. На таких принципах Кавадеров строил и свою жизнь, такой воспитал и дочь.

Когда она, закончив гимназию, захотела продолжить свое образование в Петербурге, на Бестужевских курсах, отец не препятствовал, хотя в те годы поездка с Урала за высшим образованием в столицу требовала от молодой девушки — ей не было двадцати лет — решительного характера и большой тяги к знаниям.

Знаменитые в истории женского образования в России Бестужевские курсы были основаны в 1878 г. и имели в своем составе два факультета — словесно-исторический и физико-математический. Кавадерова училась на словесно-историческом факультете, но посещала и лекции знаменитых профессоров второго факультета. Там в эти годы преподавали такие ученые,

как Д. И. Менделеев (1834—1907), А. М. Бутлеров (1828—1886), М. Д. Львов (1848—1899). Не удивительно, что закончив курсы, Екатерина Александровна Кавадерова получила прекрасное образование и приобрела широкий кругозор. Этому в немалой степени способствовало и общение с передовой молодежью Петербурга. Здесь она познакомилась и со своим будущим мужем, тогда студентом физико-математического факультета Петербургского университета, активным участником студенческого движения Григорием Витальевичем Хлопиным (1863—1929).

Кавадерова владела тремя европейскими языками, знала латынь. Внимание Екатерины Александровны привлекали не только заметные произведения русской и иностранной литературы, театральное искусство, но и статьи по острым социальным вопросам того времени. Ее интерес к общечеловеческой культуре основывался на знании и понимании истории, литературы, искусства. По многим вопросам она имела собственное суждение и стремилась к активной деятельности.

В 1886 г. Екатерина Александровна приезжает в Пермь, к своему будущему мужу Г. В. Хлопину. Вскоре она становится постоянным сотрудником «Екатеринбургской недели» — политической и литературной газеты, выходившей один раз в неделю, по воскресеньям. В этой газете Кавадерова в 1887—1888 гг. вела раздел «Журнальные заметки», давая почти в каждом номере обзоры содержания двух хорошо известных в тот период ежемесячных научно-литературно-политических журналов «Русская мысль» и «Северный вестник»; первый выходил в Москве, второй — в Петербурге.

В семейном архиве Хлопиных сохранились комплекты «Екатеринбургской недели», содержащие более тридцати обзоров-рецензий Кавадеровой, подписанных псевдонимом «К-ой» или «К-вой». Рецензии написаны со знанием дела, ни в одной из них нет даже намека на дамскую сентиментальность или восторженность, а присутствующая критичность всегда корректна.

В те годы в указанных журналах публиковались произведения Д. В. Григоровича (1822—1900), В. Г. Короленко (1853—1921), В. М. Гаршина (1855—1888), Д. Н. Сибиряка (1852—1912), Г. И. Успенского (1843—1902), П. Д. Боборыкина (1836—1921), Г. П. Данилевского (1829—1890), О. Бальзака (1799—1850),

П. Ш. Ж. Бурже (1852—1935), С. Я. Надсона (1862—1887) и др. В своих журнальных обзорах Екатерина Александровна, кратко освещая содержание рецензируемых произведений, давала им и собственную оценку. Например, она считала, что художественные достоинства рассказа В. Г. Короленко «За иконой» не восполняют его бессодержательности и «производят также мало впечатления, как прекрасно нарисованная картина, изображающая, по остроумному сравнению Писарева, разрезанный арбуз» [I, 2, с. 1017]. В то же время другой рассказ Короленко «По пути», где высокая художественность поставлена на службу психологической драме, нашел достойную оценку в ее рецензии. Здесь «Короленко,— пишет рецензент,— в бродяге... прежде всего увидел человека» [I, 3, с. 310].

Представляя читателям рассказ Боборыкина «Вторая от воды», рецензент обсуждала образы подростков, выведенные в произведениях этого автора. При этом она подчеркивала, что хотя «тип этот крайне сложен и труден для обрисовки... Боборыкину он удастся поистине художественно». По мнению Кавадеровой, созданные автором образы «принадлежат... к лучшим созданиям не только г. Боборыкина, но и вообще русской литературы» [I, 4, с. 290].

Особое место в журналах тех лет занимали статьи социально-экономического характера. В нескольких номерах «Екатеринбургской недели» дискутировался вопрос о положении русских крестьян, причем это было связано не с «хождением в народ», которое к тому времени потерпело крах, а с попыткой понять причины экономической отсталости крестьянских хозяйств: обсуждались проблемы общинного землевладения, земского кредита, положение сибирских переселенцев и многое другое. И здесь обозреватель оказался компетентным и проявил трезвый и серьезный подход к освещению затронутых вопросов [I, 7, с. 417].

«Всем читающим газеты и хотя сколько-нибудь интересующимся земскими делами,— писала Хлопина,— конечно, известна редкостная в наше время история ауто-дафе. Курские земцы осудили на сожжение труды своего статистического бюро...». Чтобы ответить на вопрос, почему это произошло, по ее убеждению, нужно понять, «чьим интересам стала поперек горла земская статистика? Крестьянству ли, незavidное экономическое положение которого она выяснила, или дворянст-

ву, латифундии которого рядом с безземельным крестьянством обратили на себя внимание исследователя? Ответ, нам кажется, ясен» [I, 8, с. 375].

Народнические идеи терпели крах, и освободительное движение, связанное с представлениями о крестьянской революции, зашло в тупик. Это было трудное для интеллигенции время: чувствуя необходимость новых форм и методов борьбы с самодержавием и невежеством, она искала выход. Некоторые ее представители искали свое место в историческом процессе, другие оказались захлестнуты пессимизмом и пополняли ряды «лишних людей». Даже русский революционный демократ Н. Г. Чернышевский (1826—1889), стоявший на позициях материализма, лидер революционного движения 60-х гг. в России, исповедовал идею необходимости крестьянской революции и принадлежал к активным сторонникам общинного владения крестьян землей.

На страницах журнала «Русская мысль» публиковались «Очерки русской жизни», посвященные, по выражению обозревателя, «жгучему вопросу — куда деваться интеллигенции». Автор очерков Н. В. Шелгунов (1824—1891), известный русский публицист, «вооружается против людей, которые видя мучительное метанье из стороны в сторону и хандру тоскующего интеллигента, преследуемого неотступным вопросом „что делать“, прямо заключает о нравственной беспомощности и умственном бессилии современной интеллигенции... А между тем,— добавляет обозреватель,— где же при теперешней запутанности всяких общественных отношений разрешить вопрос „что делать“ начинающему неопытному интеллигенту, когда даже такой учи-



Екатерина Александровна
Квадерева

тель, как Толстой¹, не может ясно и категорически ответить на него» [I, 9, с. 556—557].

В связи с общим направлением журналов основное внимание в социально-экономических статьях уделялось «крестьянскому вопросу» и возможности интеллигенции участвовать в его разрешении. В ряде статей обсуждались способы и пути помощи крестьянству — разные формы кредитов, повышение культуры ведения хозяйства, создание народных школ, читален и т. д. Иногда в журналах публиковали материалы, касающиеся вопросов экономики других стран. Так, «Северный вестник» напечатал статью «Новые английские экономисты», в связи с чем обозреватель, отметив появление и в Англии «критики классической политической экономии», замечал, что на континенте Европы это направление «успело сделаться господствующим и получило цельное и законченное выражение в марксовской „Критике политической экономии“» [I, 10, с. 907].

Нередко рецензент касался в своих «Журнальных заметках» и научных вопросов. Он рекомендовал читателям: статью профессора К. А. Тимирязева «Опровергнут ли дарвинизм», направленную против идеи Данилевского — «самонадеянного критика Дарвина» [I, 11, с. 745]; работу бывшего профессора Московского университета М. Ковальского относительно секуляризации монастырской собственности в Англии, представляющую интерес сравнительно-историческим методом исследования [I, 6, с. 227]; ряд статей, посвященных И. Ньютону в связи с тем, что «в 1887 г. исполнилось 200 лет с тех пор, как вышло в свет одно из величайших творений человеческого ума — трактат Ньютона по теории тяготения («Principia»)» [I, 4, с. 291]; статью Менделеева «Воздушный полет из Клина во время затмения» [I, 12, с. 92] и многие другие. Более сдержанно высказывался обозреватель о статье Михайловского по явлениям спиритизма, магнетизма и проч. Правда, Кавадерова отмечала, что интерес к этим таинственным явлениям в России велик и создан даже «Спиритический журнал (Ребус)», в котором сотрудничали, как известно, такие профессора, как Бутлеров и Вагнер.

¹ По-видимому, обозреватель имел в виду статью Л. Н. Толстого «Так что же нам делать», написанную в 1885 г.

Наконец, в пяти последних номерах «Екатеринбургской недели» за 1888 г. она опубликовала интересные заметки о Пермском театре. Все эти материалы — яркие свидетельства того, каким эрудированным, образованным и духовно богатым человеком была Екатерина Александровна уже в 22 года.

В 1886 г. Е. А. Кавадерова вышла замуж за Г. В. Хлопина. В 1890 г. в семье Хлопиных родился первый сын — Виталий, а затем семья переехала в Петербург и сотрудничество Е. А. Хлопиной в екатеринбургском еженедельнике прекратилось.

Григорий Витальевич Хлопин был выдающимся человеком и влияние его личности — гражданина и ученого — на формирование мировоззрения и отчасти на выбор жизненного пути старшего сына не вызывает сомнений.

Г. В. Хлопин родился в 1863 г. на Добрянском заводе (Пермская губерния) в семье заводского священника. Несколько поколений Хлопиных принадлежали к духовному званию, и по традиции Григория определили на учебу в Пермскую духовную семинарию. Но он проучился в ней лишь четыре года: рано пробудившийся интерес к знаниям породил в нем стремление получить высшее образование по естественным наукам и решение оставить семинарию и поступить в последний, восьмой, класс Пермской классической гимназии.

К этому времени Г. Хлопину исполнилось 18 лет, он отличался явно прогрессивными взглядами; его воззрения формировались под воздействием идей революционных демократов и передовых русских и зарубежных авторов, чьи произведения составляли «тайную ученическую библиотеку» семинарии. Узнав о существовании этой библиотеки, руководство семинарии строго наказало ее читателей — семинаристов, в частности, Григорий Хлопин был помещен на два дня в карцер. О жизненной позиции Г. Хлопина, его понимании общественного долга можно судить по написанному им совместно с гимназистом А. Зязиным сочинению на свободную тему в выпускном классе гимназии. В выводах этого «Исторического сочинения» сформулированы основные гражданские принципы, которым следовал в дальнейшем не только сам Г. В. Хлопин, но и его сыновья: «1) Человек должен стремиться к всестороннему развитию, чтобы приносить свою долю пользы обществу... 2) Человек дол-

жен стать в уровень с веком в своем развитии: а) понять вопросы, разрешения которых требует век, б) содействовать разрешению и проведению их в жизнь» [I, 13, с. 12].

Окончив в 1882 г. гимназию с золотой медалью, Г. В. Хлопин поступил на физико-математический факультет Петербургского университета. Проявляя большой интерес к естественным наукам, особенно химии и физиологии, он активно участвовал и в деятельности тайных студенческих обществ и кружков. Сначала Г. В. Хлопин входил в кружок «Корпорация», а в 1884 г. примкнул к получившей в дальнейшем широкую известность группе Д. Н. Благоева — первой в России социал-демократической группе. Хотя Г. В. Хлопин не состоял членом группы, а был сочувствующим, он пользовался в ней авторитетом и доверием, выполнял многие поручения и даже приглашался «на ее общие собрания». Это позволяет историкам революционного движения в России считать, что Г. В. Хлопин принадлежал к русским социал-демократам. «Такие сочувствующие, как Хлопин, ввиду крупных заслуг перед организацией приглашались даже иногда и на конспиративные собрания центральной группы» [I, 13, с. 16]. В этой организации Г. В. Хлопин прошел школу нелегальной работы, связанной с конспирацией, печатанием и распространением подпольной литературы, тайными собраниями.

В 1885 г. Д. Н. Благоев был арестован и выслан в Болгарию, а в 1886 г. ликвидирована практически вся группа. Г. В. Хлопин был впервые арестован также в 1885 г. В дальнейшем он подвергался арестам, тюремным заключениям, ссылкам неоднократно, но уже с 1885 г., по его словам, «чувствовал за собой постоянную слежку полиции» [I, 13, с. 30].

Первый арест Г. В. Хлопина произошел незадолго до окончания университета. Освобожденный под залог, внесенный друзьями, он успел до вынесения приговора сдать оставшиеся экзамены и закончить дипломную работу у И. М. Сеченова. Получив диплом кандидата естественных наук, Г. В. Хлопин мог бы остаться в университете, но по вынесенному к этому времени приговору был сослан на два года в г. Чердынь (Пермской губернии). В Пермском областном архиве сохранились ведомости о лицах, состоявших под надзором полиции в этот период, в их числе:

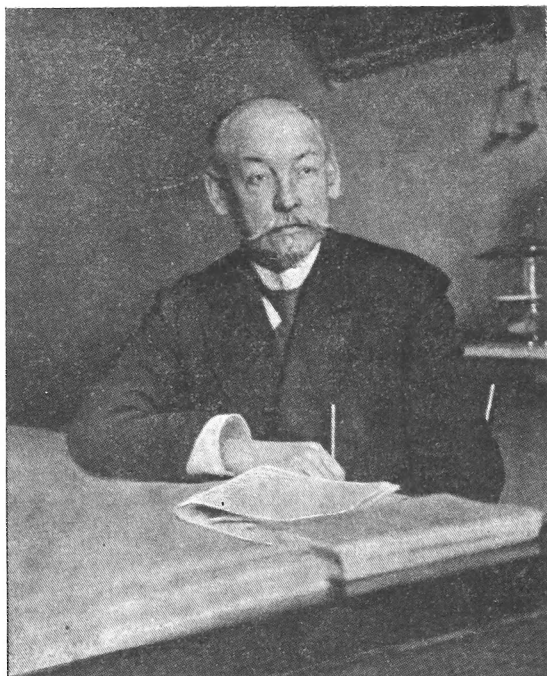
«Г. В. Хлопин... сослан на основании высочайшего повеления 8 июня 1886 г. по обвинению в государственном преступлении» [I, 13, с. 18]. Работы по специальности в Чердыне для Г. В. Хлопина не нашлось, но по ходатайству Р. Н. Рума, заведующего губернской санитарной станцией, он получил должность лаборанта-химика Пермской санитарной лаборатории и переехал в Пермь.

Сюда в этом же году, как мы уже упоминали, к Г. В. Хлопину приехала его невеста Е. А. Кавадерова, и 10 ноября 1886 г. состоялось их бракосочетание. Жизнь молодой семьи началась беспокойно: спустя полгода Г. В. Хлопин был опять арестован, заключен в Пермскую тюрьму, потом выпущен на поруки; в 1888 г. последовало новое тюремное заключение сроком на 6 месяцев. Все эти аресты и тюремные заключения были связаны главным образом с прежним обвинением Г. В. Хлопина в принадлежности к «Корпорации» и особенно к группе Благоева, следствие по делу которых велось в течение нескольких лет.

Работа на санитарной станции в Перми, продолжавшаяся с вынужденными перерывами около четырех лет, сыграла решающую роль в дальнейшей деятельности Г. В. Хлопина. Это была только что открытая первая в России губернская земская санитарная лаборатория. Участвуя в ее организации, Г. В. Хлопин воочию увидел острую необходимость земской санитарной службы, а вместе с тем и необъятные просторы для приложения молодых сил на пользу обществу. В это время он выполнил работу санитарно-статистического характера, которая нашла высокую оценку на страницах газеты «Екатеринбургская неделя» [I, 14, с. 391].

На огромной территории России уровень санитарного состояния многих городов, а тем более сел и деревень был крайне низок. Периодически население многих районов страны поражала эпидемия холеры, постоянными были такие заболевания, как брюшной и сыпной тиф. Отсутствие канализации и плохое водоснабжение создавали очаги заразы и в городах. Санитария и гигиена приобретали не только первостепенное значение в медицине, но и играли в этот период большую общественную и социальную роль.

В этой связи Г. В. Хлопин решил связать свою жизнь не с физиологией, как намеревался ранее, а с



Григорий Витальевич Хлопин

медициной. Так, Хлопин определил для себя тот вопрос, «решения которого требует век», по его гимназической программе. Он предложил свою кандидатуру на должность директора Пермской санитарной станции, освободившуюся в связи с уходом Р. Н. Рума, которую получил только в 1890 г., когда закончился срок ссылки. Но теперь уже появилась возможность выполнить вторую свою заповедь — «встать в уровень с веком в своем развитии», чтобы приносить обществу возможно больше пользы. Г. В. Хлопин отказался от поста директора Пермской санитарной службы и летом 1890 г. отправился в Москву, для поступления на медицинский факультет университета.

Г. В. Хлопин уехал один: его жена пока осталась в Сибири с маленьким сыном, родившимся 6 января 1890 г. Мальчика в честь деда назвали Виталием. Г. В. Хлопин с большим уважением относился к

родителям; уже на склоне лет он говорил, что «от отца — скромного заводского священника — наследовал трудолюбие, любовь к знаниям и уважение к его представителям, а от матери — свободолюбивый и сильный характер» [I, 13, с. 34].

В Москве Г. В. Хлопин был принят сразу на третий курс медицинского факультета Московского университета, поскольку уже прошел курс обучения на естественном отделении физико-математического факультета Петербургского университета. В 1893 г. Г. В. Хлопин окончил Московский университет и получил диплом лекаря с отличием. Он был оставлен при университете для подготовки к профессорскому званию и начал работу в Гигиеническом институте при Московском университете в должности лаборанта. К этому времени к нему уже приехала жена с сыном.

В середине 90-х годов Г. В. Хлопин близко сотрудничает с Ф. Ф. Эрисманом (1842—1915) — основоположником научной гигиены в России, известным своими передовыми взглядами. Под руководством Ф. Ф. Эрисмана он подготовил докторскую диссертацию и после ее защиты в 1896 г. получил место профессора на кафедре гигиены в Гигиеническом институте. Можно сказать, что молодой профессор (Хлопину было в то время 33 года) первую половину жизненной программы выполнил: он получил прекрасное образование (окончил два университета — Московский и Петербургский), выбрал специальность, которую считал не только интересной, но и общественно полезной и значимой, начал по этой специальности углубленные исследования. Все, казалось, определилось. В Москве была семья, дом, любимая работа и глубоко уважаемый руководитель. В. Г. Хлопин видел свою будущую жизнь трудной, но счастливой. Хлопины решили позволить себе летом 1896 г. отдых в Крыму. Но там их настигло неожиданное известие: Эрисману по политическим мотивам пришлось оставить Московский университет — это была расправа за его либеральное отношение к студентам. Уход Эрисмана вызвал ряд перемещений в профессорско-преподавательском составе университета и Г. В. Хлопин получил назначение в Юрьевский университет. В ноябре 1896 г. семья Хлопиных переехала в Юрьев (ныне Тарту), где они прожили семь лет. В 1897 г. в семье Хлопиных родился второй сын — Николай.

В Юрьевском университете Г. В. Хлопин читал основной курс гигиены [1, 15, с. 254], принимал участие в расширении Гигиенического института, учрежденного при университете. Вместе с другим учеником Ф. Ф. Эрисмана — С. Ф. Бубновым во многом способствовал развитию гигиены как самостоятельной научной дисциплины. «Деятельность С. Ф. Бубнова и Г. В. Хлопина знаменует непосредственное влияние передовых русских гигиенистов на постановку преподавания гигиены в Тартуском (тогда Юрьевском — *Н. У.*) университете [1, 15, с. 257].

В эти годы Г. В. Хлопин развивает свои передовые представления о гигиене как самостоятельной науке, разработка научных основ которой требует комплексного подхода к изучению физиологии человека, воздействия внешней среды и социальных факторов. При этом, считал ученый, все эти исследования должны обязательно опираться на экспериментальный материал. Увлеченный этой идеей, он на себе проверил физиологическое действие различных красок, использовавшихся для окрашивания детских игрушек и пищевых продуктов, принимая эти красители вовнутрь. Изучая действия производственных красок на кожу, Г. В. Хлопин окрасил тридцатью пятью видами таких красок ткани и бинты и обертывал ими свое тело, бинтовал руки и ноги, причем не снимал повязки по 7—14 суток. В результате были выявлены некоторые ядовитые красящие вещества. Можно себе представить, какое впечатление произвели эти опыты на сыновей Хлопина, которые смогли воочию убедиться, что для ученого на первом месте стоит наука и забота о людях, а не собственное здоровье и благополучие.

Хотя Г. В. Хлопин занимал в Юрьевском университете должность профессора кафедры врачебноведения и пользовался признанием своих ученых коллег, он не был удовлетворен условиями для научной работы и в 1903 г. перешел на должность профессора медицинского факультета Новороссийского университета (Одесса). Здесь он проработал около двух лет, уделяя много внимания и сил не только деятельности кафедры гигиены университета, но и санитарному состоянию города и порта. За эти годы значительно возросли авторитет и известность Хлопина как выдающегося специалиста по санитарии и гигиене, принципиального человека, деятельного гражданина. Как спра-

ведливо отмечает его биограф, «ни одно крупное санитарное мероприятие, проведенное в России с 1900 г., не обходилось без участия в нем Г. В. Хлопина» [I, 13, с. 60]. Деятельность Г. В. Хлопина приобрела столь широкую известность, что послужило его избранию делегатом X Международного конгресса по гигиене в Париже (1900 г.), а в 1903 г. командирован во Францию и Англию. Часто в заграничные поездки Г. В. Хлопин брал семью; он считал, что новые впечатления не только доставят удовольствие, но и помогут развитию широкого кругозора сыновей. Старший сын — Виталий — уже проявлял интерес к естественным наукам.

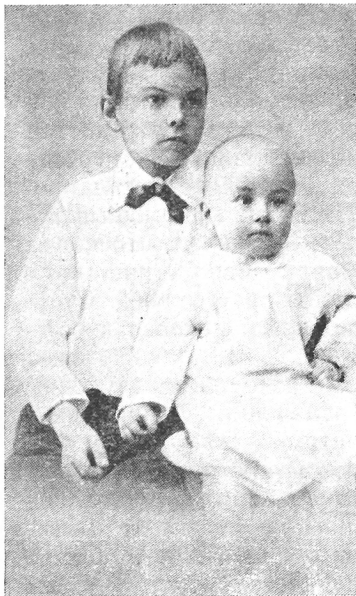
В 1904 г. Г. В. Хлопин был назначен заведующим врачебной частью учебных заведений департамента народного просвещения, а спустя год стал членом ученого медицинского совета Министерства внутренних дел. Одновременно он получил кафедру гигиены в Петербургском женском медицинском институте (ныне 1-й Ленинградский медицинский институт). Семья Хлопиных переехала навсегда в Петербург, а Виталий и Николай поступили в Петербургскую гимназию (Peterschule).

Годы учебы

В семье Хлопиных любили учиться, к науке и просвещению относились серьезно и с уважением. На своем юбилее в 1926 г. Г. В. Хлопин, объясняя секрет своих научных и педагогических достижений, сказал: «Я никогда не был ленивым» [I, 13, с. 34]. Более того, он утверждал, что «труд является необходимым условием здоровья и продолжительности жизни, а бездействие, покой ведут к постепенной атрофии наших умственных и физических способностей» [I, 13, с. 73].

Его сыновья росли тоже трудолюбивыми и любознательными. Не только отец, но и оба сына в дальнейшем закончили по два высших учебных заведения, завоевали почет и уважение своими научными достижениями и получили широкую известность в научном мире.

Богатый внутренний мир родителей, их исключительно добросовестное отношение к своему делу, высокое чувство долга, порядочность и скромность, вообще все то, что составляет истинный смысл интел-



**Виталий
и Николай Хлопины**

лигентности — вот та благодатная среда, в которой росли Виталий и Николай Хлопины. Это отнюдь не исключало требовательности Г. В. Хлопина ко всем членам семьи. У него были свои взгляды на взаимоотношения в семье, достаточно строгие, а подчас и суровые, но его авторитету главы семьи подчинялись все. Передовые научные и общественные воззрения Г. В. Хлопина уживались с патриархальным укладом семейных отношений, с обязательными для всех членов большой семьи воскресными обедами в отцовском доме до самой смерти Г. В. Хлопина в 1929 г.

Юность и начало самостоятельной жизни

В. Г. Хлопина пришлось на нелегкое для нашей страны время. Виталию еще в детстве пришлось трижды менять гимназию. В Юрьеве он начал обучение в частной немецкой гимназии; а закончил гимназический курс уже в 12-й Петербургской гимназии. Это не мешало ему, однако, учиться более чем успешно. В Ленинградском историческом государственном архиве (ЛГИА) хранится личное дело В. Г. Хлопина, где есть аттестат зрелости «от двенадцатой С.-Петербургской гимназии», в которой Виталий Хлопин учился с 14 января 1905 г. по 24 мая 1908 г. Как следует из аттестата, он «кончил полный восьмиклассный курс», включающий изучение закона Божия, русского языка с церковнославянским и словесности, философской преподавательки, латинского, французского, немецкого языков, математики, физики, математической географии, истории, географии, законоведения. По всем предметам гимназист Хлопин имел отличные оценки, что особенно отмечалось в аттестате: «Во внимание к постоянно отличному поведению и прилежанию и к от-

личным успехам, в особенности же в физико-математических науках, Педагогический Совет постановил наградить его золотой медалью и выдать ему аттестат» [I, 16, л. 4].

В архиве Радиевого института сохранился реферат «Die Dampfmaschine in der Geschichte der Kultur» [I, 17] (паровые машины в истории культуры), который В. Хлопин читал на немецком языке при выпуске из гимназии. Уже начальные строки этого реферата свидетельствуют о начитанности автора-гимназиста: «Всем известно, что в науке, как и всюду, незначительные явления очень часто ведут к открытиям колоссального значения. Особенно это следует сказать о естествознании. В этом отношении не представляет исключения и область пара и паровой машины» [I, 17, л. 1]. Исторический обзор по выбранной теме составлен со знанием дела и написан хорошим языком. Это неудивительно, немецким языком В. Г. Хлопин хорошо овладел еще в Юрьеве. И не только немецким. В одной из анкет, которая сохранилась в том же архиве, он на вопрос о знании языка ответил: «...немецкий (говорю и пишу), французский (говорю и пишу), английский (хуже)» [I, 18]. Французским и немецким языками в семье Хлопина владели все; знали и английский, и латынь.

В. Г. Хлопин рассказывал впоследствии своим близким, что уже гимназистом занимался репетиторством и на собственные деньги приглашал Екатерину Александровну Хлопину в театр. К матери Виталий Григорьевич всю жизнь относился с трогательной любовью и почтительностью. Она много внимания уделяла семье, любила чтение, театр, играла на фортепиано, выступала на любительской сцене. Активно участвовала она и в благотворительных делах, занимая пост попечительницы одного из приютов, причем эта сторона ее деятельности не носила характера обычной в то время филантропии, а была конкретной и активной. Достаточно сказать, что после смерти француженки в этом приюте Екатерина Александровна взяла на воспитание ее сироту дочь, Мари, которая выросла в семье Хлопиных как сестра Виталия и Николая; ее звали дома Маня. В этом поступке матери сыновья видели пример деятельного добра. Впоследствии Мария Алексеевна, выйдя замуж за В. В. Лосева, продолжала близкую дружбу с семьей

Хлопиных, часто жила у В. Г. Хлопина на даче в Комарове и какое-то время в его квартире на Лесном проспекте.

Высокое трудолюбие и успехи в учебе Виталий Хлопин сочетал с радостным восприятием жизни и такими развлечениями, как танцы и музыка. Он любил коньки, лыжи, велосипед, а позднее увлекался теннисом. Виталия в семье любили; его ласково называли Виталютиком, а чаще Лютиком (Лютик — второе семейное имя Виталия Григорьевича для самых близких людей).

В доме Хлопиных часто собиралась молодежь. Впоследствии сотрудники Радиевого института вспоминали, что Виталий Григорьевич, будучи уже известным ученым, охотно принимал участие в институтских вечерах, хорошо танцевал и пел.

*Петербургский университет.
Лаборатория Л. А. Чугаева*

Окончив в 1908 г. гимназию, В. Г. Хлопин решил поступать на физико-математическое отделение Петербургского университета. Вероятно, такое решение было принято с согласия, а может быть, по совету отца. Получив сам университетское образование, Г. В. Хлопин считал его наиболее подходящим и целесообразным для молодежи, проявляющей интерес к естествознанию: университет давал возможность широкой подготовки по многим предметам и углубленной работы по выбранной специальности. Всегда высок был и профессиональный уровень университетских преподавателей, а студенческая жизнь кипела и бурлила вокруг самых животрепещущих вопросов современности. Сохранилось прошение, написанное В. Г. Хлопиным на имя Ректора Петербургского университета: «Имею честь покорнейше просить Ваше превосходительство о зачислении меня в слушатели вверенного Вам университета на Естественный факультет по группе химии...» [I, 16, л. 3]. Таким образом, химия была выбрана как будущая специальность еще до поступления в университет. На этом прошении есть пометка: «Зачислен в студенты 2 июля 1908 г.».

В год поступления в университет В. Г. Хлопина на кафедру химии физико-математического факультета был избран экстраординарным профессором Л. А. Чу-

гаев (1873—1922). Новый учебный год он начал вступительной лекцией «Эволюция вещества в мертвой и живой природе», приобретшей впоследствии большую известность. По свидетельству очевидцев, лекция была блестящей и произвела огромное впечатление на переполненную студенческую аудиторию. Был на ней, вероятно, и В. Г. Хлопин. Во всяком случае, в том же году он стал работать в химической лаборатории Л. А. Чугаева — своего первого научного руководителя в области химических исследований. Вместе с



Виталий Хлопин

В. Г. Хлопиным в лабораторию Чугаева пришел В. В. Лебединский (1888—1956); вскоре к ним присоединился И. И. Черняев (1893—1966).

Л. А. Чугаев читал лекции по неорганической и общей химии. По свидетельству В. Н. Ипатьева (1867—1952), «лекции Льва Александровича... привлекали массу слушателей и пользовались большой популярностью. Они обставлялись очень интересными опытами, а что касается теоретических объяснений, то они не оставляли желать ничего лучшего. Лев Александрович обладал прекрасным даром слова, громким грудным голосом, замечательно ясным и простым изложением» [1, 19, с. 10]. Студенты, побывав на лекциях Чугаева, стремились попасть к нему в лабораторию, а начав работать под непосредственным руководством ученого, «окончательно попадали в прекрасный плен этой обаятельной личности». Позднее одна из первых сотрудниц Чугаева вспоминала: «Как руководитель научными работами, Лев Александрович был совершенно неповторим. Он отдавал своим ученикам очень много времени и сил. Обладая богатейшими знаниями, он никогда не таил их в себе и широкой рукой рассыпал свои богатства всем, так или иначе сопри-

касавшимся с ним, стараясь приобщить к науке как можно больше людей, развить их научные интересы, развить инициативу... Он радовался как ребенок, когда у кого-нибудь из работающих в лаборатории получались новые интересные результаты» [I, 20, с. 171—172].

Чугаев внимательно и серьезно относился к работам не только своих сотрудников или дипломников, но и начинающих студентов. Он детально обдумывал и разрабатывал план исследований для каждого своего ученика. В эти годы Л. А. Чугаев сосредоточил свои научные интересы главным образом на изучении комплексных соединений элементов платиновой группы, что отразилось и в тематике работ студентов и сотрудников его химических лабораторий Петербургского университета и Технологического института. В рабочих тетрадях Л. А. Чугаева, где он имел обыкновение систематически намечать планы исследований по интересующим его вопросам, в 1908 г. помечено: «В. Лебединскому: продолжить работу с Rh. Действие DN_2 (диметилглиоксима — Н. У.) на NH_3RhCl_6 в больших размерах (крист., изомер., изоморфизм) и NH_3 на это соединение. Кислота + NaNO_3 под давлением, спектрографические измерения. В. Хлопину: а) платонитриты в CH_3OH , электропроводность, б/азиды пластины и S_2C , смеш. NO_2 , Cl и т. д.» [I, 20, с. 174].

Впоследствии В. В. Лебединский рассказывал о том, с каким энтузиазмом они работали тогда у Чугаева. «Мы часто оставались в лаборатории до поздней ночи, а иногда даже и до утра» [I, 20, с. 173]. Квартира Чугаева находилась в университетском корпусе и отделялась от лаборатории лишь лестницей. «Часто бывало среди ночи Лев Александрович в ночном халате приходил к нам и расспрашивал о ходе работы» [I, 20, с. 173]. В подвальном помещении лаборатории большая длинная комната с разноцветными лампочками служила студентам своеобразным клубом, который в шутку называли «Пиккадили». За большим столом собиралась молодежь, начиналась оживленная беседа, вспыхивали жаркие споры. Чугаев приходил в этот клуб, «принимал самое живое участие в застольной беседе и с удовольствием подпевал, когда молодежь затягивала любимые студенческие песни» [I, 20, с. 174].

Обучение в университете давалось В. Г. Хлопину легко. Сказывались его общий высокий уровень подготовки, знание языков, с детства привитая любовь к труду и самодисциплине. Он все больше увлекался химией; отдельные вопросы и проблемы этой науки были близки и отцу, который получил в свое время хорошую химическую подготовку и постоянно использовал в своих работах химические методы исследования. Духовная близость Виталия с отцом усиливалась теперь возможностью обсуждать интересующие его профессиональные вопросы. Возможно, по совету отца В. Г. Хлопин решает специализироваться по неорганической химии и делать дипломную работу у Л. А. Чугаева.

Как известно, в годы учебы В. Г. Хлопина обстановка в Петербургском университете была беспокойной. Реакционная политика министра просвещения Л. А. Кассо (1865—1914), печально знаменитого своим оскорбительным отношением к передовым профессорам Московского университета, которые демонстративно подали в отставку, возмутила и петербургскую общественность. В 1911 г. в Петербургском университете не прекращались студенческие волнения. Не остались безучастными и профессора. Л. А. Чугаев, всего три года назад уехавший из Москвы, писал П. П. Лазареву (1878—1942): «Дорогой Петр Петрович! Всем сердцем сочувствую тяжелому горю, постигшему Московский университет и Вас лично. Передайте, пожалуйста, мой глубокий поклон и сочувствие Петру Николаевичу Лебедеву... и другим московским физикам, которые вынуждены были покинуть университет. Хочется надеяться, что должно же, наконец, наше правительство понять, что Россия не может разбрасывать так небрежно свои лучшие и притом столь немногочисленные научные силы. Должны же они понять, что это именно прежде всего и ведет к Цусиме... Наше положение тоже не сладкое, хотя нам только угрожает та катастрофа, которая в Москве уже совершившийся факт. Пока лекции идут... при ничтожном числе слушателей... а в главном здании в присутствии полиции и при постоянной абстракции» [1, 20, с. 31].

Студенческие волнения охватили и другие учебные заведения Петербурга, в том числе и Женский медицинский институт, где преподавал гигиену профессор

Г. В. Хлопин. Объявили забастовку и перестали посещать лекции слушательницы 3-го курса. Министр Кассо потребовал принятия строгих мер, однако Ученый совет медицинского института оказался слишком мягким к своим студенткам, по мнению Кассо. В результате нескольким профессорам было предложено подать в отставку, а остальным объявлен выговор. В число последних попал и Г. В. Хлопин «за то, что он не выразил активной готовности читать свои лекции по гигиене бастовавшим студенткам» [1, 13, с. 31], а еще через месяц он был уволен от заведования врачебно-санитарной частью учебных заведений в Департаменте народного просвещения.

Занятия в университете и в институте, где преподавал отец, часто прерывались, нарушались планы учебных семестров, сроки экзаменов. Но В. Г. Хлопин по возможности продолжал обучение. Летом 1911 г. он, сопровождая отца в поездке по Германии, использовал каникулярное время для занятий в Геттингенском университете, которые начал еще в 1910 г. В. Г. Хлопин прослушал курсы лекций известного физико-химика Г. Таммана (1861—1938) и специалиста в области коллоидной химии Р. Зигмонди (1865—1929), выполнил основные практикумы. Успехи В. Г. Хлопина по всем предметам оказались столь высоки, что он к концу летнего семестра сдал экзамены по всей программе химической специальности Геттингенского университета и получил свой первый университетский диплом.

Вернувшись в Россию, В. Г. Хлопин пробует себя в преподавательской работе. С 1911 г. в течение двух лет он, вероятно, по рекомендации отца, вел практические занятия по химической методике санитарных анализов в Петербургском клиническом институте (ныне — Институт усовершенствования врачей), оставаясь при этом студентом Петербургского университета. В эти же годы В. Г. Хлопин провел экспериментальное исследование по теме, которую, как он сам отмечал, ему предложил отец; результаты этой работы легли в основу первой научной публикации В. Г. Хлопина.

Профессор Г. В. Хлопин как специалист в области санитарии и гигиены интересовался обеззараживающим действием ультрафиолетовых лучей на питьевую воду. Первые указания на возможность такого способа

стерилизации воды и воздуха появились в печати в 1909 г. Однако характер воздействия этого излучения на микроорганизмы и изменения, происходящие в химическом составе воды и атмосферного воздуха, оставались во многом неясными. С определенностью было лишь установлено образование перекиси водорода. Г. В. Хлопин предложил сыну тщательно изучить химический состав продуктов воздействия ультрафиолетового излучения на атмосферный воздух.

Культура любого научного исследования во многом определяется правильностью постановки эксперимента, а следовательно, предварительным изучением состояния данного вопроса — достижений и неудач предшественников. С этого и начал В. Г. Хлопин. Уже на основании сопоставления и анализа литературных данных он пришел к выводу о том, что атмосферный воздух, содержащий влагу, должен под действием ультрафиолетовых лучей претерпевать также химические изменения, в результате которых, по его предположению, образуются перекись водорода, озон и, возможно, азотистый ангидрид. Если образование перекиси водорода было уже установлено, то возникновение озона вызывало много сомнений, а наличие предсказанных окислов азота предстояло доказать экспериментально. Тщательные исследования, проведенные начинающим ученым, подтвердили его предположения. Ему действительно удалось установить в атмосферном воздухе, после воздействия на него ультрафиолетового излучения, наличие не только перекиси водорода, но и озона и очень малые количества азотистого ангидрида [II, 1, 2].

В опытах В. Г. Хлопина источником ультрафиолетовых лучей служила кварцевая ртутная лампа. Воздух подвергался действию ультрафиолетовых лучей в течение нескольких минут, а затем проходил последовательно через несколько склянок, в которых и анализировался. Для проведения качественного анализа использовалось семь реактивов: иодкаалиевая бумажка, тетраметилпарафенилендиаминовая бумажка, урзоловая бумажка, нейтральный раствор иодистого калия + крахмал, раствор сернистого титана в серной кислоте, металлическое серебро, реактив Грисса (уксуснокислый раствор 1-нафтиламина и сульфаниловой кислоты). Основную задачу В. Г. Хлопин видел в установлении наличия озона в присутствии перекиси водо-

рода, образование которой не подвергалось сомнению. Выбранные реагенты отличались разной чувствительностью по отношению к определяемым окислителям. Кроме различных сочетаний всех этих реагентов, В. Г. Хлопин для обнаружения озона в присутствии перекиси водорода использовал предварительное разрушение перекиси водорода с помощью раздробленного CrO_3 . Реактив Грисса, дающий селективную реакцию с нитро- и нитрозосоединениями, позволял обнаружить в продуктах воздействия ультрафиолетовых лучей на воздух азотистые соединения по появлению розовой окраски.

Результаты многочисленных опытов, сопоставленные с контрольными исследованиями над перекисью водорода, озоном и нитритом, дали В. Г. Хлопину «право утверждать, что обыкновенный, содержащий влагу комнатный воздух под влиянием ультрафиолетовых лучей претерпевает изменение в том смысле, что в нем образуется не только перекись водорода, но и озон, и притом не через несколько часов действия ультрафиолетовых лучей, как это доказал Бертло для высушенного кислорода, а через несколько минут... Что же касается азотистого ангидрида, то и его образование, на основании вышеизложенных опытов хотя и в ничтожных количествах, но все же имеет место» [II; 149, т. 2, с. 11]. Одновременно он провел и некоторые количественные определения: например методом иодиметрического титрования находилось «общее количество активного кислорода».

Данные, полученные В. Г. Хлопиным, долгое время оспаривались. Многим они казались ошибочными, тем более что принадлежали студенту. Для их подтверждения требовались тщательно выполненные тонкие опыты, которые были поставлены лишь спустя 20 лет Форлендером. Его исследования, в частности, подтвердили грамотность постановки и тщательность выполнения В. Г. Хлопиным эксперимента, объективность в изложении полученного материала, столь характерные для будущего ученого. Это отчетливо проявилось уже в его первой научной работе.

В университете В. Г. Хлопин продолжал занятия в лаборатории Л. А. Чугаева. Здесь, как уже говорилось, основное внимание было сосредоточено на изучении комплексных соединений металлов платиновой группы. С точки зрения координационной химии комп-

лексные соединения платины, обладая устойчивостью и не проявляя склонности к самопроизвольной изомеризации, позволяли «лучше изучить динамику внутренней сферы и легче вскрыть закономерности, которые лежат в ее основе» [I, 21, с. 15].

Работа затруднялась, правда, тем обстоятельством, что платина была весьма дорогостоящим объектом исследования, а Чугаев вел исследование широким фронтом — с сотрудниками, дипломантами, студентами. К этому времени Л. А. Чугаев на примере комплексов с диаминами уже установил важную закономерность — влияние циклообразования на устойчивость комплексов (правило Чугаева). Теперь предстояло решить вопрос, является ли найденная закономерность общей, присущей различным классам комплексных соединений.

Одним из объектов исследований такого рода стали комплексные соединения платиновых металлов с органическими дитиоэфирами $R_1 - S - (CH_2)_n - S - R_2$ (где R_1 и R_2 — органические радикалы). Оказалось, что при взаимодействии $K_2[PtCl_4]$ с такими реагентами образуются комплексы состава $[Pt(R_1 - S - (CH_2)_n - S - R_2)_2] \cdot [PtCl_4]$, причем наибольшей устойчивостью обладали димерные комплексные соединения, когда число метильных групп $[n]$ равнялось двум или трем, именно в этом случае в комплексе присутствовало два пяти- или шестичленных цикла. Так подтвердилась общность правила циклообразования Чугаева, выведенного ранее на примере диаминов. При нагревании димеры преобразовывались в мономеры с другими физическими и химическими свойствами. Например $[Pt(R_1 - S - (CH_2)_n - S - R_2)] \cdot [PtCl_4]$ переходили в $[Pt(R_1 - S - (CH_2)_n - S - R_2)Cl_2]$.

Дипломная работа В. Г. Хлопина, выполненная в лаборатории Чугаева и посвященная влиянию кислот-



**Виталий Хлопин —
студент Петербургского
университета**

ного остатка на способность к изомеризации в ряду комплексных соединений платины и органических дисульфидов, подтвердила найденные ранее закономерности для случая взаимодействия других соединений платины $[\text{PtBr}_4]^{2-}$ и $[\text{Pt}(\text{NO}_2)_4]^{2-}$ с дитиоэфирами. Результаты синтеза новых комплексных соединений сопровождались анализом их химического состава, определением растворимости, температуры плавления, электропроводности растворов. Исследование Хлопина позволило сделать общий вывод о том, что все галоген-платиниты образуют с органическими дитиоэфирами димеры, причем их устойчивость уменьшается в ряду галогенидов от хлора к йоду. Что касается других платинитов (из их числа изучался лишь платинитрит), то и они дают димеры, различие может состоять лишь в различном соотношении устойчивости димерных и мономерных форм в каждом конкретном случае. Для галогенидов более устойчивыми оказались мономеры. Поэтому образующиеся сначала димеры легко могут быть переведены в мономеры. В случае же платинитритов большей устойчивостью обладают димеры, и их перевод в мономерные формы представляет некоторые трудности.

Результатами, полученными в дипломной работе Хлопина, Чугаев был очень доволен. Впоследствии они использовались в ряде совместных исследований Чугаева и Хлопина, посвященных развитию теоретических представлений в области комплексных соединений.

В. Г. Хлопин окончил университет с дипломом I степени. В ЛГИА сохранился его матрикул — зачетная студенческая книжка с указанием прослушанных курсов, отработанных практикумов и оценок, полученных на экзаменах. Во многих случаях указаны фамилии лекторов и экзаменаторов [1, 16, л. 12–25]. Из этой книжки следует, что В. Г. Хлопин прослушал курсы лекций по высшей математике (части I и II), физике (профессор Боргман), химии (профессор Чугаев), кристаллографии (профессор Земятченский), введению в биологию (профессор Шимкевич), основам механики (приват-доцент Фризендорф), электричеству (профессор Боргман), термодинамике (профессор Хвольсон), органической химии (профессор Фаворский), минералогии (профессор Земятченский); прослушал лекции и выполнил практические работы по

аналитической химии, количественному анализу, технической химии минеральных и органических веществ, органической химии (профессор Тищенко). По всем этим курсам он получил высшую оценку — «весьма удовлетворительно»; исключение составила лишь первая часть высшей математики — «удовлетворительно». Кроме того, без сдачи экзаменов он прошел два курса физической химии (приват-доцент Сапожников и приват-доцент Бирон), а также курсы геологии (профессор Иностранцев), физиологии животных (профессор Введенский), физиологической химии (приват-доцент Тур). Из предметов, которые не являлись обязательными, а выбирались по желанию студента, Хлопин заинтересовал курс физики частных сил и теплоты (профессор Хвольсон).

31 марта 1912 г. В. Г. Хлопин получил свидетельство (№ 1763), в котором, в частности, говорилось, что он прослушал на Естественном отделении физико-математического факультета «установленные планом для группы химии курсы, выполнил требуемые работы и сдал соответствующие испытания. . . .

По выполнении всех условий, требуемых правилами о зачете полугодий, имеет восемь зачетных полугодий» [I, 16, л. 7]. По окончании университета В. Г. Хлопин был оставлен на кафедре общей химии физико-математического факультета для подготовки к профессорскому званию.

Следует иметь в виду, что тогда «подготовка к профессорскому званию» материально не обеспечивалась. Выступая в свое время с предложением о реорганизации подготовки химиков в высшей школе, Чугаев писал по этому поводу: «Предположим, что данное лицо не только успешно окончило курс, но и



Л. А. Чугаев

успело зарекомендовать себя как своими способностями и знаниями, так и преданностью интересам науки; для такого лица открывается возможность быть оставленным при университете и получить таким образом доступ к продолжению занятий в университетских лабораториях. Однако такое лицо остается в большинстве случаев без всякой материальной поддержки, а если и получает таковую, в виде стипендии, то в течение «слишком короткого промежутка времени» [I, 22, с. 3]. В. Г. Хлопин хотя и был сыном профессора, но всегда стремился к материальной самостоятельности. Штатное место на кафедре в университете он получил через пять лет, уже после Великой Октябрьской социалистической революции. Может быть, эта материальная неустроенность заставляла его принимать предложения лабораторий различных ведомств, прежде чем он сделал окончательный выбор.

Чугаев, ратуя за материальную поддержку молодых специалистов, считал это делом государственной важности, утверждая, что оно принесет стране в дальнейшем экономическую выгоду. Словно предугадывая научные успехи своих учеников и в частности В. Г. Хлопина, он писал: «...не говоря уже о том, что научная работа таких лиц повышает общую научную продуктивность нашего Отечества, не подлежит сомнению, что химик, опытный в научном отношении, искусившийся в самостоятельных исследованиях, перейдя в область практической деятельности, в качестве, например, одного из руководителей фабрики или завода, в качестве лица, могущего создать новые способы того или иного производства и совершенствовать старые, окажется полезнее и ценнее» [I, 22, с. 4]. Прошло несколько лет и В. Г. Хлопин, возглавивший на первом русском радиовом заводе всю организационную, технологическую и научную работу, добился исключительных успехов.

Но в 1912 г. В. Г. Хлопин оставался практически без средств, хотя имел уже собственную семью. Его женой стала Надежда Павловна Анненкова — сестра известного живописца и графика Ю. П. Анненкова. Химик по специальности, она была близка и к искусству — любила музыку и сама хорошо играла на рояле. В семье молодых Хлопиных, поселившихся отдельно от родителей, родилась дочь, которую назвали по имени матери — Надеждой, Налей.

К лету 1914 г. дела стали налаживаться. В. И. Вернадский предложил В. Г. Хлопину работу в Радиологической лаборатории, созданной им при Минералогическом музее Академии наук. «На городскую службу я зачисляюсь с 1-го июля,— писал В. Г. Хлопин матери в 1914 г.,— однако вследствие ремонта, к сожалению, раньше конца июля... вступить в должность будет нельзя. Ввиду того, однако, что ремонт им дан в большем размере, чем они просили... весьма вероятно, что ремонт закончится лишь в августе» [I, 23].

Семья Хлопиных связывала с летом 1914 г. большие планы: после месячного отдыха в Куоккале отец хотел отправить сыновей в Англию. Чтобы не нарушить свои обязательства по службе, В. Г. Хлопин нашел такой выход: «Я имею в виду тотчас после моего зачисления, т. е. 1-го или 2-го июля взять пробу,— делится он своим планом с матерью,— и проследовать ее в одной из папиных лабораторий, таким образом моя июльская прямая обязанность будет выполнена, а августовскую я успею выполнить по приезде. Выехать за границу мне надо никоим образом не позже чем с 5-го на 6-е июля, а лучше даже 3-го вечером» [I, 23]. А пока молодая семья с удовольствием проводила отдых на Финском заливе. «У нас... стоит все время великолепная погода,— писал матери В. Г. Хлопин.— Я много играю в теннис... Дочь с утра до вечера на улице, ездит днем на море, сделала совершенно бронзового цвета и в общем чувствует себя очень хорошо... Купленным фотографическим аппаратом мы пока очень довольны... Вчера были мы на кабаре в Куоккала. Конферансье был Гибшман, а декорации работы художника Анненкова (брата Надежды Павловны Хлопиной — *Н. У.*), как гласили афиши. Кабаре удалось на славу... Твой Лютик» [I, 23].

По намеченному плану В. Г. Хлопин вернулся после отдыха на несколько дней в Петербург, а затем вместе с братом Николаем в начале июля выехал в Англию. Эта поездка была предложена отцом для освоения еще одного (третьего) иностранного языка. В то время достаточно широкое распространение получил метод освоения языка в семьях местных жителей, которые одновременно с обучением предоставляли желающим пансион. По объявлению в газете

Хлопины выбрали семью английских фермеров Локкертов, проживающих в английском городе Рэгби.

Поездка началась для Хлопиных интересно; молодые люди ехали через Германию и Францию. «В Берлин я попал,— писал В. Хлопин отцу,— как раз в день окончания занятий в политехникуме. . . Лаборатории мне все-таки удалось осмотреть, но. . . Хофмана я уже не застал. Кроме политехникума я поспел еще осмотреть. . . лаборатории Эмилия Фишера. Ведь он главный заведующий всеми лабораториями университета за исключением физико-химической» [I, 24]. Из Берлина братья поехали в Геттинген, где Виталий Григорьевич, по его словам, «имел честь представляться всем своим бывшим учителям и вручил всем отдельные отписки. Совершенно исключительно любезен со мною был Валлах» [I, 24]. Особенно сердечно их встретил Тамман. «Густав Андреевич,— сообщал отцу В. Хлопин,— очень вам кланялся, устроил в честь меня с Колей Шварце-Штунде, на который пригласил кроме нас еще и ассистента, который руководил практическими занятиями три года тому назад, когда я занимался у него. Я ознакомился у него с работой при высоких давлениях, на что ушло около 1 1/2 часов и, со своей стороны, сделал по его просьбе указания ассистенту относительно работы с теллуrom. В Париже я никого из профессоров не застал и только осмотрел лабораторию профессора Холлер» [I, 24].

«В Париже,— писал уже Н. Хлопин,— мы пробыли всего два дня и утром. . . выехали в Калэ. . . В Калэ мы прямо подъехали к пароходу. Погода была как раз ветряная и океан порядочно волновался. . . нас порядочно качало, так что с некоторыми дамами была морская болезнь. Но мы с Лютиком вынесли довольно благополучно. . . Из Довер в Лондон ехали тоже здорово скоро. . . В половине шестого вечера мы, наконец, подъехали к Лондону. . . Взяли носильщика — типичного англичанина и, после таможенного осмотра (не осмотр, а одна мораль) багажа, сели в мотор и покатали на другой вокзал. . . Через час мы, наконец, благополучно уселись в поезд прямо в Рэгби. Когда мы приехали, уже совершенно стемнело, мы вылезли на каком-то темном пустынном и довольно большом вокзале и. . . пошли отыскивать Локкертов. После довольно долгих скитаний и бесконечных расспросов мы напали на какого-то дружественного туземца, кото-

рый нас и привел на Хильмортон-Роад. Локкеры нас, оказывается, около часа ждали на улице» [I, 25]. Молодая английская семья очень радушно приняла братьев Хлопиных. Но уже первый урок показал, что «произношение в Англии гораздо труднее выучить, чем у учителя в России (весьма мало общего)» [I, 24].

К сожалению, учиться в Англии языку Хлопиным не пришлось. Меньше чем через месяц после их приезда началась империалистическая война. Находившийся как раз в это время в Англии русский профессор Н. А. Шилов уже 3 августа 1914 г. записал в своей записной книжке: «Путь в Россию отрезан» [I, 26, с. 33]. Возвращение на Родину для русских было сопряжено с большими трудностями, шло окольными путями, главным образом через Швецию.

Первые шаги в науке

В годы первой мировой войны

Первая мировая война сразу обнаружила слабость многих областей экономики царской России и прежде всего тех, которые были связаны с различными химическими производствами. В стране выявилась крайняя нехватка не только реактивов, фармацевтических препаратов, медикаментов, но и сырья для их производства. В этот период особенно явно проявилась зависимость большинства отраслей российской экономики от заграничных поставок. «Возник настоящий химический голод,— писал Л. А. Чугаев.—... Естественным образом встал вопрос о необходимости изготовлять эти продукты в России» [I, 22, с. 1].

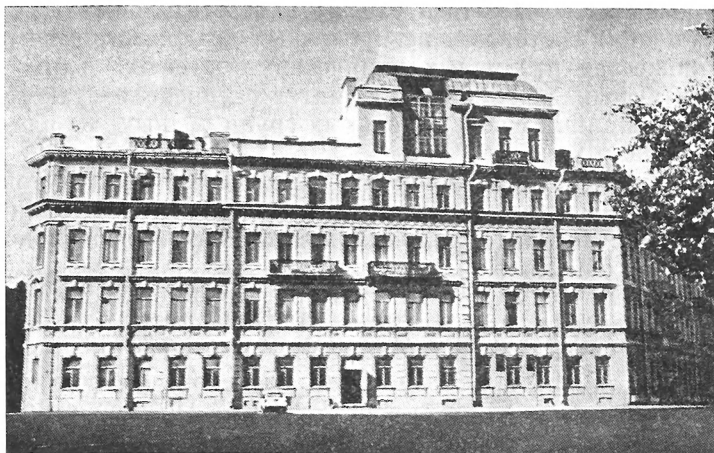
Для его решения требовалась неотложная помощь русских ученых, и прежде всего химиков, которые могли бы не только наладить отечественное производство крайне нужных стране продуктов, но и обеспечить его достаточным количеством сырья. «В громадном большинстве случаев,— подчеркивал Л. А. Чугаев в 1915 г.,— неисчерпаемые запасы таких материалов имеются в нашем Отечестве, богатство естественных ресурсов которого вошло в пословицу. Но... ресурсы эти, всего чаще, остаются под спудом... о многих из наших естественных богатств мы не имеем даже понятия, ибо таковые совершенно не исследованы» [I, 22, с. 1]. Ученый страстно и убедительно

доказывал важность принятия срочных мер по созданию и обеспечению России собственной химической промышленностью, считая, что для этой цели «нужны прежде всего химики и химики» [1, 22, с. 1—2].

Призыв Чугаева был поддержан научно-технической общественностью России. Во многих городах и в первую очередь в Петрограде и Москве были созданы Комитеты по организации производства необходимых медикаментов, химических реактивов; в эту работу включились химические лаборатории высших учебных заведений, в том числе и лаборатория Петроградского университета. По всей стране шел сбор пожертвований в пользу организуемых новых специальных военных лабораторий. Не осталось в стороне и Русское физико-химическое общество. Уже в первый месяц войны на одном из заседаний отделения химии РФХО, которое проходило под председательством Чугаева, обсуждалось положение дел в ряде важнейших химических производств.

События первой мировой войны близко коснулись и семьи Хлопиных. В. Г. Хлопину исполнилось 24 года, и он находился в самом начале научного пути. Как известно, уже тогда на оборону работали не только физики и химики; первостепенное значение приобретала деятельность медиков: врачей, хирургов, сестер милосердия. Все большую роль играли разного рода санитарные мероприятия и прежде всего те, которые были направлены на предупреждение заразных заболеваний среди многотысячной толпы беженцев. Г. В. Хлопину, как самому авторитетному гигиенисту, было поручено составление общего плана врачебно-санитарных мероприятий по отношению к беженцам на Юго-Западном фронте. Разработанная им схема «действий медиков» основывалась на реальных фактах — Г. В. Хлопин, наделенный большими полномочиями, неоднократно выезжал на фронт.

В 1915 г. немцы применили на фронте удушливые газы. В этой связи перед химиками и медиками встала еще одна неотложная задача — создать средства массовой индивидуальной противохимической защиты для солдат и срочно организовать широкое производство таких средств. Вскоре в эти исследования включились многие ведущие ученые России. Активное участие в работах военно-химического характера приняли отец и сын Хлопины.



Радиологическая лаборатория В. И. Вернадского

В том же году в России был создан Военно-химический комитет. Поначалу он работал при химическом отделении Русского физико-химического общества; в дальнейшем его деятельность определялась Военным и Морским ведомствами, и прежде всего Комиссией по производству удушающих веществ и Комиссией взрывчатых веществ. Впоследствии обе эти комиссии вместе с санитарной комиссией были объединены в Химический комитет, состоявший при Главном артиллерийском управлении (ГАУ).

Профессор Г. В. Хлопин свою лабораторию в Клиническом институте превратил, по сути, в противогазовую лабораторию Химического комитета, в котором состоял консультантом и одновременно председателем его Совещательной комиссии. В нее входили такие видные химики, как А. Е. Фаворский (1860—1945), Н. С. Курнаков (1860—1941) и Л. А. Чугаев. Комиссия координировала деятельность санитарной и химической комиссий прежде всего по химии взрывчатых, ядовитых, удушающих средств и разработке способов противохимической защиты.

Деятельность ученых, подчиненных Химическому комитету, не ограничивалась, конечно, решением вопросов противохимической защиты. Предполагалось проведение химических исследований, связанных с

производством зажигательных и осветительных (свещающихся) составов, маскировочных красок, огромного множества различных химических реагентов, фармацевтических препаратов. Комитет распределял такого рода задания среди отдельных групп ученых, координировал их работу.

Химические и физические лаборатории институтов в такой ситуации играли, по выражению С. И. Вавилова (1891—1951), роль «скорой помощи», оперативно решая те или иные конкретные вопросы, предлагаемые военными ведомствами. Непосредственно участвовал в такой работе и В. Г. Хлопин. В 1914—1915 гг. он работал в Петроградской центральной городской химической лаборатории, а позднее сосредоточил свои исследования в лаборатории Чугаева. По поручению Химического комитета и Центральной лаборатории Морского ведомства здесь велись исследования, связанные с разработкой основ производства металлов платиновой группы, а также веществ, имеющих большое значение в военном деле: хлористого хрома, ацетилцеллюлозы, тетрахлорацетилена, металлического мышьяка, гидразина, азиды натрия, уксусного ангидрида, а также селена и теллура.

В Комиссии по изучению естественных производительных сил России [КЕПС]

Экономическая зависимость России от стран Западной Европы, и в первую очередь от Германии, стала очевидной буквально с первых дней войны. Стало совершенно ясно, что не только почти вся экономика России строилась на импорте самого разного сырья, но собственные ее ресурсы серьезно не изучались со времени знаменитых академических экспедиций XVIII в.

В январе 1915 г. академики В. И. Вернадский, Н. С. Курнаков, А. П. Карпинский, Н. И. Андрусов (1861—1924) и Б. Б. Голицын (1862—1916) выступили с предложением организовать постоянную Комиссию по изучению естественных производительных сил России (КЕПС). Инициатором создания этой комиссии, непременным участником и вдохновителем всей ее деятельности был Вернадский. В состав Комиссии вошли ведущие русские ученые, а с 1916 г. в ее работе принял участие и В. Г. Хлопин.

Главной задачей КЕПС стало выявление всех природных богатств нашей страны и изыскание возможностей их использования для нужд экономики и обороны. «До самого последнего времени ни в правительстве, ни в обществе не было понято и признано... громадное государственное значение непрерывного и глубокого исследования природы... — подчеркивалось спустя 10 лет в юбилейном издании КЕПС. — И только мировая война, отрезавшая нас от мирового рынка, заставила, наконец, срочно обратиться к выяснению собственных естественных ресурсов, учета их запасов и возможности их использования» [1, 28, с. 4].

Председателем КЕПС был избран Вернадский. 8 апреля 1915 г. он доложил Конференции Академии наук проект обширной программы работ. Она строилась на строгом научном подходе к изучению многообразных естественных богатств страны и одновременно учитывала необходимость особенного внимания к решению первоочередных задач того времени: поискам нефти, рудных месторождений, в том числе платиновых и радиоактивных, изучению солевых отложений, прежде всего калиевых и натриевых, и многое другое.

Настойчивость Вернадского, его страстная убежденность в необходимости реализации предложенной грандиозной программы, талант организатора сплотили вокруг КЕПС лучших представителей русской науки, таких, как А. П. Карпинский, Н. С. Курнаков, Л. А. Чугаев, Н. Д. Зелинский, А. П. и И. П. Павловы, П. И. Вальден, И. А. Каблуков, В. Н. Ипатьев, Д. Н. Прянишников, А. Д. Анучин, В. А. Обручев, В. П. Семенов-Тянь-Шанский и многие, многие другие. Активно работали в КЕПС ученики и сотрудники Вернадского: А. Е. Ферсман, В. Г. Хлопин, Я. В. Самойлов, К. А. Ненадкевич и др. На всех неотразимо действовал и личный пример Председателя, не только пропагандировавшего свои идеи в докладах, статьях, но и принимавшего непосредственное участие в работе экспедиций и самых различных звеньев КЕПС.

Постепенно КЕПС вовлекала в сферу своей деятельности все более широкие слои научной общности России: были установлены постоянные контакты с рядом ведущих научных обществ, государственных учреждений, работающих на нужды экономики и военной промышленности. К числу таких уч-

реждений относились и те, где работал В. Г. Хлопин: Химический комитет при Главном артиллерийском управлении, Военно-химический комитет и Центральная научно-исследовательская лаборатория Военного ведомства.

В декабре 1916 г. Вернадский выступил на общем собрании КЕПС с программным докладом «О государственной сети исследовательских институтов», обосновав в нем необходимость создания в России сети государственных научно-исследовательских институтов по единому плану. Естественно, встал вопрос о координации научных исследований вокруг решения главных задач экономического развития России. Одной из таких задач было создание отечественной платиновой промышленности. Об этом уже 4 апреля 1916 г. говорил на общем собрании КЕПС Чугаев в докладе «О мерах, которые необходимо принять для обеспечения рационального использования отечественной платиновой руды в промышленном и научном отношениях».

Этот вопрос имел свою давнюю и горькую для нашей страны историю. В России платина была открыта на Урале за сто лет до этих событий. До войны 1914 г. Урал давал 90% мировой продукции платины. Однако начиная с 60-х годов XIX в. владельцы основных платиновых приисков почти полностью продавали сырую платину на переработку иностранным фирмам, главным образом английским. Затем возникла международная «Платиново-промышленная компания анонимного общества», а в 1903 г. образовался «Синдикат потребителей платины», куда вошли различные иностранные фирмы. К 1913 г. 92% капиталов, вложенных в русское платиновое дело, принадлежали иностранцам.

Робкие попытки наладить аффинаж платины в России начались еще в конце XIX в. в Петербурге на Тентелевском химическом заводе. В 1913 г. по истечении срока русско-германского договора царское правительство ввело некоторые ограничения на вывоз за границу сырой платины, а после начала мировой войны вообще запретило вывоз платины из России частными лицами. Однако собственного производства платиновых металлов в значительном масштабе наладить не удавалось. «До последнего времени, — отмечал в своем докладе Чугаев, — лишь малая доля

платины выделялась и очищалась на русских заводах, главная же масса руды целиком направлялась для этой цели за границу. То же самое целиком относится к спутникам платины, заводской добычи которых в России не существует. Едва ли нужно говорить о крайней ненормальности такого положения вещей» [I, 20, с. 155]. Чугаев предлагал безотлагательно сформировать специальный Платиновый комитет с собственной лабораторией и одновременно создать аффинажный завод платиновых металлов.

Спустя несколько лет были организованы Платиновый институт и Опытный завод. Но уже в 1915—1916 гг. в лаборатории Петербургского университета сотрудники Чугаева — В. Г. Хлопин и В. В. Лебединский — провели большую и очень плодотворную работу по разработке условий выделения платины из руды, поскольку именно в эти годы «многочисленные химические заводы артиллерийского ведомства стали нуждаться в платиновых контактных массах для контактного производства серной кислоты...» [II, 149, т. 2, с. 65].

Как обычно, прежде чем приступить к собственным экспериментам, Хлопин изучил научную литературу по этому вопросу. Критический разбор опубликованных способов растворения руды и методов выделения чистой платины показали, что наиболее трудной операцией является отделение платины от иридия, который по ходу анализа (осаждается с хлороплатинатом аммония, образуя изоморфное с ним соединение $(\text{NH}_4)_2\text{IrCl}_6$). «Все платиновые фабриканты и химики, — писал в свое время специалист по платиновым металлам К. К. Клаус (1796—1864), — заботятся о том, чтобы выпавшая платина была возможно чистой, в особенности свободной от иридия» [I, 29, с. 54].

К моменту исследований Хлопина и Лебединского существовало несколько методик отделения платины от иридия; все они базировались на двух основных способах получения чистой платины. По первому способу совместно осаждали платину и иридий в виде хлороплатината и хлороиридата, а затем проводили их разделение; по второму — разделение велось предварительно и из раствора осаждалась одна платина. В основном все методики и среди них самые известные — методики Гериуса, Шнейдера и Клауса — ис-

пользовались применительно к растворам, а не к рудам.

Проверив указанные способы экспериментально, Хлопин и Лебединский убедились, что возможность получить наиболее чистую платину дает метод, разработанный Клаусом. В основе его метода лежало восстановление иридия (IV) в иридий (III), которое происходило при продолжительном нагревании раствора, содержащего платину и иридий, а затем и сухого остатка. После растворения этого остатка в кислоте хлористый аммоний осаждает только хлороплатинат аммония, так как иридий (III) в виде хлороиридата не осаждается.

Метод Клауса давал хорошие результаты применительно не только к растворам, но и к платиновой руде. Однако при этом он требовал введения нескольких предварительных стадий ее обработки. Платиновую руду следовало сначала растворить в царской водке, выделить хлороплатинат, загрязненный иридием, прокалить осадок. Затем осадок повторно растворить в царской водке и полученный раствор упарить досуха с серной кислотой. Сухой остаток надлежало растворить в воде и обработать хлористым аммонием — в осадок выделялся хлороплатинат, не содержащий иридия.

Метод давал хорошие результаты, но его многостадийность, а следовательно, длительность, заставляли искать пути его усовершенствования. Хлопин поставил задачу разработать условия выделения чистой платины этим методом в одну стадию. И это Хлопину удалось. Совместно с Лебединским он создал оригинальный метод последовательной обработки руды царской водкой и серной кислотой, приводящей при определенном режиме к образованию кристаллической массы, растворимой в воде. После очистки этого раствора фильтрованием из него твердым хлористым аммонием осаждали чистый хлороплатинат аммония.

В процессе исследования Хлопин столкнулся с особым видом загрязнения осадков: последующим осаждением. Оказалось, что если чистый хлороплатинат аммония перед фильтрованием настаивался в маточном растворе более часа, то осадок загрязнялся хлороиридатом аммония, выделяющимся спустя некоторое время из раствора. Это обстоятельство

также приходилось учитывать при создании методики переработки платиновой руды на платину.

Одновременно с разработкой химических основ этого процесса Хлопин искал химическую реакцию на иридий, которая позволяла бы обнаружить малые его количества в присутствии платины, т. е. могла бы использоваться для контроля чистоты получаемой платины. В результате серии экспериментов Хлопину удалось найти новую чувствительную реакцию на иридий, а затем и метод его количественного определения. Таким образом, работа молодых ученых позволила создать достаточно простой и эффективный способ переработки платиновой руды. «Полученные результаты, — писали позднее авторы метода, — превзошли все наши ожидания: нами была получена платина, по своей чистоте едва уступающая чистейшей платине известной фирмы Гериус» [II, 149, т. 2, с. 68]. В итоге сотрудники Чугаева, в том числе Хлопин, решили задачу, поставленную перед лабораторией Химическим комитетом по разработке основ производства платиновых металлов. Экономичный и быстрый метод получения платины из русской руды прошел полужаводское испытание; вскоре были внедрены и способы определения чистоты получаемой платины.

Наряду с этими работами ученики и сотрудники Чугаева вели теоретические исследования по химии платиновых элементов. Принимал в них участие и Хлопин, плодотворно развивавший свои идеи в области комплексных соединений платины, возникшие еще при выполнении дипломной работы. Теперь он совместно с Чугаевым изучил способы получения, свойства и строение комплексов, которые являлись продуктами взаимодействия солей платины (II) и производных органических дисульфидов. При этом были впервые получены соединения с четырьмя органическими лигандами во внутренней среде — «соединения высшего типа», как их называли авторы. Результаты этих исследований были представлены в обстоятельной статье [II, 59]. В 1915 г. при изучении комплексных соединений платины (IV) Чугаев и Хлопин впервые получили гидроксопентаминовые соединения $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{An}_3$ и $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_5\text{OH}]\text{An}_3$ [II, 15, 58], что имело исключительно важное значение для теории координационной химии. Наконец, к этому же перио-

ду относится интересная работа по окислению комплексных соединений платины, затрагивающая сложные вопросы структуры комплексов [II, 65].

Мы лишь перечислили некоторые из направлений работ Чугаева, в которых участвовал Хлопин. Если же иметь в виду, что среди учеников Чугаева, уже в то время только в университете работали Лебединский, Черняев, Сканави-Григорьева, можно себе представить, каким широким фронтом вели представители Чугаевской школы теоретические и практические изыскания в области химии платиновых элементов. Одновременно, как отмечалось, успешно решались и прикладные вопросы химии платиновых элементов и металлургии самой платины. Все это создавало основу для организационного объединения всего комплекса решаемых теоретических и практических проблем, а вместе с этим и специалистов, занятых в этой области науки и техники.

В самом начале 1917 г. Чугаев выступил с предложением о создании Платинового комитета, а затем и Платинового института. Проект Чугаева о создании института был принят на совместном заседании КЕПС и Химического комитета 10 января 1917 г. В июне этого же года проект одобрило Министерство народного просвещения, после чего он был утвержден Временным правительством. Но создание института остановилось на его официальном утверждении: ни ассигнований, ни помещения новая организация не получила и числилась, таким образом, лишь на бумаге.

1 апреля 1918 г., спустя полгода после Великой Октябрьской социалистической революции, когда началась перестройка работы Академии наук, в правительство была направлена «Объяснительная записка к законопроекту об учреждении института для изучения платины и других благородных металлов», которую подписали Н. С. Курнаков и А. Е. Ферсман. Этот очень интересный, четко и обоснованно составленный документ свидетельствует о том, что проект учреждения института в значительной степени базировался на результатах, полученных сотрудниками лаборатории Чугаева, и в том числе В. Г. Хлопиным. После обстоятельного изложения разных аспектов практического применения платиновых металлов, их важной роли в молодой промышленности СССР в записке

приводились основные данные по истории платинового дела в России и его состоянию на 1918 г. «Россия... — подчеркивали ученые, — до последнего времени находилась в полной зависимости от заграничного рынка, так как до последнего времени на русских заводах выделялась и очищалась лишь незначительная доля добываемой в России платиновой руды, главная же масса ее вывозилась для этой цели за границу, где и оставались почти все драгоценные металлы платиновой группы. Такое положение дел ненормально не только с чисто хозяйственной государственной точки зрения, но и с точки зрения интересов научного знания» [I, 30, с. 136].

Авторы записки отмечали, что исследования по химии платиновых элементов ведутся в Горном и Политехническом институтах, в минералогической лаборатории Академии наук и особенно широко и результативно в Петроградском университете на кафедре неорганической химии. Они обращали внимание и на успехи, достигнутые к этому времени в лаборатории Чугаева: «...молодыми химиками В. В. Лебединским, В. Г. Хлопиным и И. И. Черняевым под руководством заведующего лабораторией проф. Л. А. Чугаева были выработаны два способа получения чистой платины, причем получающаяся по этим методам платина не уступает своими свойствами лучшим гарантированным образцам крупнейшей германской фирмы Гергеуса; в той же лаборатории был разработан новый метод выделения химически чистого радия; общий прием переработки осмистого иридия на иридий; колориметрический способ определения небольших количеств иридия в присутствии платины, позволяющий быстро испытать на чистоту получающийся хлороплатинат; открыта новая количественная реакция на иридий, позволяющая обнаружить следы иридия в платине и родии; там же открыта новая реакция на платину; разрабатывается метод получения чистой осмиевой кислоты и осмистого иридия, причем были открыты две новые реакции на осмий; наконец, проводятся исследования контактных масс» [I, 30, с. 137]. Предлагая объединить лабораторию неорганической химии Петроградского университета, химическую лабораторию Горного института, лабораторию общей химии Политехнического института и минералогическую лабораторию Академии наук в Институт плати-

новых и других благородных металлов, ученые стремились сконцентрировать усилия разобщенных лабораторий и собрать в единый научный центр «готовые кадры опытных работников. Не дать распылиться этим силам... и обеспечить возможность разработки силами русских химиков способов разделения платиновых металлов и применения их для различных технических целей, — сказано в заключении, — является неотложной задачей правительства» [I, 30, с. 138].

Платиновый институт был создан в 1918 г. Его по праву возглавил Л. А. Чугаев.

*Встреча с В. И. Вернадским.
Начало работы в области радиохимии*

В самый разгар работ по платиновым металлам, когда В. Г. Хлопин уже вырос в самостоятельного исследователя и добился заметных научных результатов, произошло его сближение с В. И. Вернадским. Отец Хлопина и В. И. Вернадский были товарищами со студенческих лет, поэтому формирование молодого Хлопина как трудолюбивого, способного и взыскательного к себе ученого, не прошло мимо внимания В. И. Вернадского. Он давно наблюдал за научными успехами В. Г. Хлопина и в 1914 г. пригласил его к себе в Минералогическую лабораторию первоначально в качестве химика для аналитических работ. Встреча Хлопина с Вернадским определила в дальнейшем направление всего научного творчества молодого ученого, став своего рода исторической в его биографии. Однако окончательный выбор был сделан не сразу.

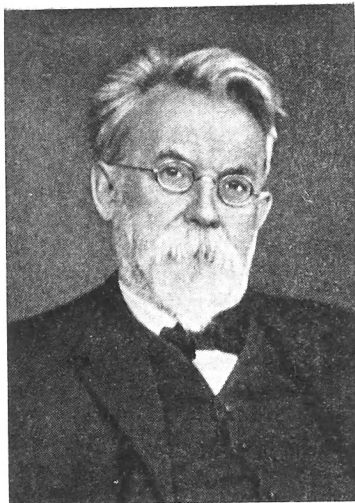
Этот выбор определился целым рядом научных и жизненных обстоятельств. Первостепенное значение имела яркая пленительная личность В. И. Вернадского — одержимого энтузиаста, глубокого философа, эрудированного ученого-творца, страстного пропагандиста своих идей. Чрезвычайный интерес вызывала и новая для Хлопина область науки, связанная с исследованиями радиоактивности, а именно таким работам придавал огромное значение в этот период Вернадский.

Сказалась, вероятно, и личная драма В. Г. Хлопина. Его первый брак был недолгим и не принес счастья. Единственная горячо любимая дочь умерла в

Шестилетнем возрасте от осложнения после кори. Вскоре он узнал о возникшем чувстве жены к другому близкому ему человеку. Виталий Григорьевич сразу же оставил дом и снял комнату в квартире своих знакомых — Пасвиков. Спустя несколько лет эта семья стала его вторым родным домом, а Мария Александровна Пасвик — надежным верным другом и соратником. Но это случилось позже, тогда же Хлопин пережил трудное время утрат, и горечь в душе осталась надолго. Приходилось менять жизнь кардинально. Может быть, отчасти поэтому ему хотелось переменить работу и круг знакомых, коллег.

Вернадский еще в 1907 г. занялся систематическим изучением радиоактивных минералов России. После многократных письменных обоснований и публичных выступлений Вернадского на эту тему в Академии наук, среди которых следует выделить его историческую речь «Задачи дня в области радия» [I, 31], в 1911 г. были предприняты первые экспедиционные работы по изучению радиоактивных руд Средней Азии и Урала. Исследования шли очень медленно: не хватало ассигнований, специалистов и, как и в случае платинового дела, понимания в правящих кругах важности этой проблемы. «Особенно нам, русским, — говорил Вернадский на Втором съезде деятелей практической геологии, — необходимо с самого начала быть на уровне современных знаний и стремлений в этой области, так как на огромной территории нашего государства мы имеем многочисленные признаки радиоактивных руд. Если мы оставим их без внимания, ими займутся чужие» [I, 31, с. 122]. Спустя год, выступая на заседании физико-математического отделения Академии наук, Вернадский вновь страстно доказывал необходимость безотлагательных действий: «Я считал и считаю, что дело исследования радиоактивных месторождений имеет — помимо научного значения — государственное и требует исполнения вне очереди, так как вызывается запросами дня» [I, 31, с. 122]. Внимание общественности к этой важной проблеме Вернадский пытался привлечь и в ряде научных докладов, статей, популярных сообщений.

Перед самой войной началось, правда, очень медленно, изучение радиоактивных месторождений в Сибири, на Урале, в Средней Азии. В этих регионах проводились, главным образом, поисковые работы и



В. И. Вернадский

отбор образцов, состав которых исследовался в Минералогической лаборатории Академии наук. Оснащение этой лаборатории для проведения радиологических работ в основном удалось завершить к 1915 г. Именно тогда в лабораторию и был приглашен Хлопин для радиохимических исследований. Под новую лабораторию на средства Академии наук сняли на Васильевском острове помещение, в котором до этого размещалась мастерская и квартира А. И. Куинджи (1841—1910), а еще раньше И. Н. Крамского

(1837—1887)..Как вспоминает доктор геолого-минералогических наук И. Д. Старынкевич-Борнеман: «В квартире был устроен кабинет и лаборатория Владимира Ивановича и лаборатория его ближайшего сотрудника Константина Автономовича Ненадкевича; наверху в бывшей мастерской художника — двухсветном зале с великолепным видом на Неву, работали младшие сотрудники: Коловрат-Червинский — по физическим вопросам радиоактивности, В. Г. Хлопин — по химическим вопросам и я — по анализу радиоактивных минералов моноцитов)» [I, 34, с. 2]. Всего в лаборатории у Вернадского работали восемь сотрудников: Ненадкевич, Коловрат-Червинский, Линдер, Ферсман, Тварчелдзе, Старынкевич, Хлопин и Карпов.

Хлопин занимался изучением химического состава различных минералов, содержащих прежде всего торий и цирконий. Официально в штат лаборатории он был включен в 1915 г., фактически же начал работать в ней с конца 1914 г. В своей автобиографии он писал: «С 1915 по 1922 г. был химиком, а затем заведующим геохимической лабораторией геологического и минералогического музея АН СССР» [I, 18, 15]. Из этой лаборатории впоследствии выросли Геохимический и Минералогический отделы Радиевого инсти-

тута. В дальнейшем часть помещения КЕПС — комнаты, выходявшие окнами во двор, — были отданы новому Геохимическому институту, созданному в 1929 г.¹ Расширяясь, этот институт к 1932 г. занял все комнаты КЕПС, которая вследствие реорганизации была соединена с Комиссией экспедиционных исследований (КЭИ), составив Совет производительных сил Академии наук (СОПС). Одновременно некоторые из отделов КЕПС переросли в самостоятельные институты и лаборатории.

Хотя Хлопин оказался начинающим экспериментатором в радиохимии, теоретические представления в области радиоактивности ему были знакомы достаточно хорошо. В 20-е годы XX в. интерес к свойствам радиоактивных элементов, к радиоактивности охватил широкие круги ученых. Еще до работы в Лаборатории Академии наук Хлопин слышал яркие выступления по этим вопросам Чугаева и Вернадского, был знаком с Н. А. Шиловым, только что вернувшимся из лаборатории Э. Резерфорда (1871—1937), и особенно близко с В. А. Бородовским (1878—1914), который после работы у У. Рамзая (1852—1916), а затем у Дж. Дж. Томсона (1856—1940) в 1913—1914 гг. начал чтение специального курса «Радиоактивные вещества» в Петербургском университете. К сожалению, этот талантливый ученый начал свой курс будучи тяжело больным и в этом же, 1914 г., умер. Но его замечательные исследования оставили след в умах и памяти русских ученых, а тем более коллег по университету [1, 35, с. 425]. В 1914 г. Г. Н. Антонов, открывший новый радиоэлемент — уран, защитил в этом университете магистерскую диссертацию на тему «Продукты дезинтеграции урана» и после утверждения в должности приват-доцента стал читать курс лекций по радиоактивным веществам, начало которому положил Бородовский.

Передовые ученые того времени живо интересовались проблемами радиоактивности, понимая, что ста-

¹ Первым директором ГЕОХИ был академик А. Е. Ферсман, его заместителем — Д. И. Щербаков. В 1932 г. Геохимический институт, соединившись с Минералогическим институтом (возникшим на базе минералогического, петрографического, геологического и почвенного музеев), образовал Ломоносовский институт геохимии, кристаллографии и минералогии.

ли современниками открытия, значение которого трудно переоценить. Самое близкое окружение В. Г. Хлопина — учителя, коллеги и сотрудники — оказались в первых рядах тех русских ученых, которые стремились принять посильное участие в развитии новых исследований. В 1913—1914 гг. под редакцией Л. А. Чугаева вышли два сборника серии «Новые идеи в химии» [I, 36, 37], посвященные, по его словам, «вопросу о радиоактивности, одному из самых животрепещущих в современной науке». Особенно яркое впечатление оставляли вдохновенные выступления В. И. Вернадского, в которых он проявлял себя одновременно глубоким ученым и талантливым публицистом. Именно в этот период Вернадский публикует целую серию своих замечательных статей по вопросам радиоактивности [I, 37]. Влияние Вернадского и его идей на Хлопина несомненно, хотя в эти годы Виталий Григорьевич окончательного выбора своего научного пути еще не сделал.

Первое исследование, проведенное Хлопиным в Лаборатории Академии наук, было посвящено самородному никелистому железу. Затем последовала работа по установлению химического состава циркона Ильменских гор [II, 12]. В 1916 г. началась совместная работа Хлопина с Вернадским по синтезу урановых минералов и изучению изоморфизма соединений урана и тория. Затем последовали исследования по химии и геохимии лития и бора [I, 38, с. 17]. В этот период в России остро ощущалась потребность в различных соединениях бора (буры, борной кислоты и др.) и по распоряжению Военно-химического комитета В. Г. Хлопина как химика включили в состав Урмийской экспедиции по обследованию борнокислых источников Карсской области и района Урмийского озера с целью изыскания источников борного сырья. Результаты Урмийской экспедиции были опубликованы много позднее, в 1923 г. [II, 37], хотя часть материала Хлопин доложил Химическому обществу 2 февраля 1917 г. [II, 17].

Как известно, уже на первом этапе своей деятельности КЕПС предприняла издание монографий, посвященных отдельным вопросам природных богатств России, составлению научных сводок имеющихся сведений по химии и геохимии отдельных элементов. Несколькими такими монографий подготовил и В. Г. Хло-

пин, который в 1916 г. вошел в состав КЕПС. В том же году в Издательстве Академии наук вышла его первая книга «Литий и его соединения, их техническое применение и нахождение в русских минералах». В ней приведены сведения об использовании соединений лития в медицине, фотографии, пиротехнике, электротехнике, военной технике. В связи с тем, что «в России литиевые минералы, — писал Хлопин, — совершенно не разрабатывались и все потребляемое количество лития шло... из-за границы, главным образом, из Германии» [II, 16, с. 8—9], с началом империалистической войны остро встал вопрос о поисках и переработке собственных месторождений. Хлопин указывал, что в России есть месторождения, где литий находится в виде алюмосиликатов, причем практическое значение имеют в основном литиевые слюды Урала и Сибири — лепидолит и циннвальдит. Работа с этими природными объектами, считал Хлопин, «представляет значительные трудности. Уже производство лабораторного анализа литиевых слюд на содержание в них лития требует большого внимания и опытности, если желательно избежать потерь металла; что же касается технической их переработки в большем масштабе, то она представляет значительные трудности в этом отношении» [II, 16, с. 22]. Переработку лепидолитов, по мнению Хлопина, целесообразно вести таким образом, чтобы использовать не только литий, но и все остальные ценные компоненты — кремнекислоту, глинозем, алюмоцеэзивые и алюморубидиевые квасцы.

Эта книга Хлопина — не только квалифицированный литературный обзор; в ней представлены результаты анализов образцов лепидолитов различных месторождений и ряда опытов по обогащению и переработке достаточно больших количеств природного сырья на литий. Соединения лития уже тогда находили достаточно широкое применение в медицине, при изготовлении искусственных минеральных вод и в технике — для «красных сигнальных огней». Считая, что в России имеются месторождения, которые могут служить источником для технической добычи лития, Хлопин особенно подчеркивал необходимость «специальной разведки» месторождений и тщательного химического анализа их образцов [II, 24, 25].

Вторая монография Хлопина из этой серии — «Бор

и его соединения, их свойства, применение и нахождение в пределах России и в смежных с нею областях» — была написана в 1917 г. В нее вошли материалы, полученные автором во время Урмийской экспедиции. Здесь, как и в книге, посвященной литию, Хлопин уделил значительное внимание практическому значению соединений бора, возможности использования их в медицине, а также в таких областях промышленности и техники, как стекольное, керамическое, консервное производство, красильное дело и т. д.

Особенно обстоятельно экспедиция обследовала, как и предписывалось, борнокислые источники. Этими работами были начаты исследования Хлопина, а в дальнейшем и его сотрудников, в области геохимии. Результаты Урмийской экспедиции позволили Хлопину экономически оценить обследованные борнокислые источники, наиболее богатыми оказались источники в лагуне Токаны. Для определения содержания бора в минеральной воде использовалась методика, разработанная Хлопиным. В ее основе лежало прямое титрование борной кислоты щелочью в присутствии маннита или глицерина [II, 17]. Следует отметить, что такое титрование борной кислоты до сих пор используется аналитиками.

В Урмийской экспедиции Хлопин проводил и радиоактивные измерения. Радиоактивность природных источников он определял с помощью универсального электрометра Шмидта, предварительно выверенного в лабораторных условиях Коловрат-Червинским. Измерения выявили сравнительно невысокую радиоактивность большинства источников, причем оказалось, что радиоактивность источника Бура-Хана определялась не составом воды, а выделяющимися из земли газами.

Урмийская экспедиция собрала достоверные и важные данные по некоторым видам русского природного сырья. Ее руководитель В. Г. Хлопин проявил себя знающим, инициативным и энергичным специалистом. Вскоре он был назначен секретарем Химического комитета военно-химической помощи, а затем председателем Комиссии по светящимся составам, возглавляющей важный участок оборонной работы того периода.

В те годы в качестве светящихся составов использовались специальные кристаллические люминофоры,

фосфоры, которые испускали свечение в темноте «после того, как их возбуждали действием света или электронов». Их свечение, однако, продолжалось не более десяти часов, и поэтому с целью получения составов с длительным временем свечения или так называемых составов постоянного действия в них стали добавлять соль радия. Испускаемые радием α -частицы, сталкиваясь с кристаллами сернистого цинка — основной люминофора, теряли свою энергию, часть которой превращалась в видимый свет. Этими составами покрывали шкалы военных приборов, часов и т. п.

Русская армия в первые годы империалистической войны светящимися составами не располагала. Во Франции их готовили на радиевом заводе Данна — ученика М. Кюри в местечке Жиф, близ Парижа. Там работал и русский инженер-химик Л. Н. Богоявленский (1881—1943). Преследуемый за революционную деятельность, он вынужден был эмигрировать за границу. Пытаясь получить высшее образование и не имея никаких средств, Богоявленский объехал несколько стран и сменил ряд учебных заведений, пока, наконец, не добился осуществления своей мечты — получил диплом инженера-химика Тулузского университета [I, 39]. В лаборатории Ж. Данна Богоявленский работал в качестве химика, заведя отделом фракционирования — конечной стадией производства по извлечению радия. В этой же лаборатории изготовлялись светящиеся составы постоянного действия.

После Февральской революции Богоявленский возвратился на Родину. Расставаясь с Данном, он попросил «в счет причитающегося ему вознаграждения выдать по льготной цене несколько миллиграммов бромистого радия... Эти миллиграммы Леонид Николаевич вез с собой в Россию как величайшую драгоценность» [I, 39, с. 26]. Приехав в июне 1917 г. в Петроград, Богоявленский по приглашению Хлопина включился в работу Комиссии по светящимся составам.

Деятельность комиссии протекала по двум направлениям: совершенствованию методов получения и нанесения на бумагу, металл, стекло известных светящихся составов временного действия и разработке способов получения и использования представляющих особую ценность составов постоянного действия. Пре-

параты радия были необходимы не только для изготовления составов постоянного действия, но и для изучения интенсивности свечения, установления необходимой дозировки радиоактивных солей, а также влияния различных примесей на свечение составов. Однако именно препаратов радия в распоряжении ученых находилось ничтожное количество.

Приезд Богоявленского заметно ускорил решение проблемы: он обладал не только опытом работы в этой области, но и располагал препаратами радия. Богоявленский без колебаний поставил и свой опыт и драгоценный радий на службу новому в России делу.

Хлопин, высоко оценив патриотизм Богоявленского и его знания, поручил ему проведение экспериментов по подготовке массового выпуска составов постоянного действия и выдал за своей подписью удостоверение, где было сказано, что Богоявленский состоит химиком в Химическом отделе Комитета военно-технической помощи, «ведет... работы по изготовлению светящихся составов и уполномочен вступать в переговоры с фирмами и учреждениями, а также производить необходимые для успешного хода работ закупки» [I, 40]. Но к сожалению, драгоценные миллиграммы радиевых препаратов, привезенные Богоявленским, были на исходе, а на покупку их за границей надеяться не приходилось. Ферсман и Хлопин предприняли попытку достать нужные препараты по всей стране. С этой целью в декабре 1917 г. Л. Н. Богоявленский был командирован в Москву, Харьков, а также в район Донбасса. В итоге ему удалось привезти некоторое количество чистого сернистого цинка и солей редких металлов. На основе искусственных кристаллов сернистого цинка, содержащих следы галлия, индия, германия и очень малых количеств хлористого или бромистого радия, и готовились русские светящиеся составы постоянного действия. Эти работы были уже связаны с опытами по выделению радия из отечественного сырья — из тех радиоактивных остатков, которые находились в распоряжении Радиологической лаборатории.

Научное содружество В. Г. Хлопина с Л. А. Чугаевым и В. И. Вернадским стало еще теснее. Оба ученых высоко ценили своего ученика и связывали с его исследованиями свои научные планы. Включение Хлопина в состав КЕПС, Военно-технического коми-

тетя, Платиновского комитета и Радиевского отдела значительно повысило его научный авторитет. Для молодого ученого наступало время окончательного выбора научного пути.

У истоков радиевого производства

1918 г. был трудным в жизни нашей страны. Советское правительство предпринимало героические усилия по налаживанию в стране экономики, транспорта, средств связи, решало неотложные задачи по борьбе с голодом, эпидемиями. Внутренние контрреволюционные силы всячески поддерживали саботаж в государственных учреждениях, сеяли панику, насаждали анархию и хаос, подталкивая интеллигенцию к эмиграции. К тому же, как вспоминал А. В. Луначарский (1875—1933), «людей, принадлежавших к науке и искренне готовых увидеть в перевороте нечто многообещающее, было крайне мало» [1, 30, с. 234]. Однако такие ученые были. К. А. Тимирязев (1843—1920), И. П. Павлов (1849—1936), А. П. Карпинский (1846—1936), А. Н. Крылов (1863—1945), А. Е. Ферсман (1883—1945), Н. С. Курнаков (1860—1941), Л. А. Чугаев, В. И. Вернадский и многие другие не только остались на Родине и пережили вместе с ней все трудности и невзгоды тех лет, но и увлеченно работали, показывая пример истинной любви и преданности науке. Достойный вклад в работу русских ученых этого периода внесли отец и сын Хлопины.

Первым советским органом по урегулированию экономических вопросов в стране стал Высший Совет народного хозяйства (ВСНХ), созданный 15 декабря 1917 г. Отдел химической промышленности ВСНХ возглавил Л. Я. Карпов (1879—1921).

В числе первоочередных задач, которые требовалось осуществить с помощью ВСНХ, В. И. Ленин называл привлечение специалистов и ученых к сотрудничеству с советской властью. «Капитализм оставил нам громадное наследство,— говорил он на II Всероссийском съезде советов народного хозяйства,— оставил нам своих крупнейших специалистов, которыми мы должны непременно воспользоваться и воспользоваться в широком, массовом размере, пустив всех их в ход. Тратить время на подготовку специалистов из наших коммунистов нам совершенно некогда...» [1,

41, с. 358]. Эту же мысль В. И. Ленин высказал в работе «Успехи и трудности Советской власти» (1919 г.), подчеркнув, что «от раздавленного капитализма сыт не будешь. Нужно взять всю культуру, которую капитализм оставил, и из нее построить социализм. Нужно взять всю науку, технику, все знания, искусство... А эта наука, техника, искусство — в руках специалистов и в их головах» [I, 42, с. 52].

Первые контакты Советского правительства с учеными, группировавшимися вокруг Академии наук, осуществлялись через члена Коллегии научного отдела Наркомпроса Л. Г. Шапиро, а затем — наркома просвещения А. В. Луначарского. В конце января 1918 г. Наркомпрос направил в Академию наук основные положения проекта мобилизации научных сил для нужд государственного строительства. В большинстве своем ученые России были далеки от политики, от прямого участия в революционных событиях, но они как представители передовой русской интеллигенции считали делом чести сохранение национальных богатств страны, ее культуры и науки. В апреле 1918 г. началась перестройка работы Российской Академии наук и формирование государственной сети исследовательских институтов.

Радиевый отдел КЕПС

Бурные дискуссии развернулись вокруг организационного оформления работ по радиоактивности. К концу 1918 г. они сосредоточивались в основном в трех научных центрах: Радиевой лаборатории Академии наук, Радиевом отделе КЕПС и Радиевом отделе Рентгеновского и Радиологического института. Работа в Комитете военно-технической помощи по светящимся составам постоянного действия и исследования над составами радиоактивных минералов в лаборатории Вернадского ввели Хлопина в круг злободневных проблем, связанных с работами в области радиоактивности. Одним из самых острых вопросов был, как указывалось, недостаток, а вернее отсутствие — радия и радиоактивного сырья в распоряжении русских ученых. Именно тогда Хлопин и Богоявленский начали свои опыты по переработке радиоактивных остатков на радий. Однако сырья для этой работы почти не было; собирали последние крохи.

В январе 1918 г. Хлопин выступил в печати со статьей, где ставил вопрос о необходимости передачи учета и распределения запасов радия одному учреждению — Академии наук или специально созданному радиевому институту [II, 25]. Спустя месяц Л. Н. Богоявленский добился приема у Л. Я. Карпова и аргументированно доказал необходимость задержать в России радиоактивные остатки и урановую руду, принадлежавшие ранее Ферганскому акционерному обществу, а теперь подготовленные к отправке в Германию. «Вспоминая об этом.. Леонид Николаевич говорил, что он боялся, как бы его не сочли за прожектера и не указали на дверь, сказав, что сейчас не время заниматься такими делами... Все сомнения Леонида Николаевича отпали, как только он оказался в кабинете Л. Я. Карпова» [I, 39, с. 303].

Ученик Чугаева — эрудированный химик Л. Я. Карпов, оценив и важность проблемы, и знания, и преданность делу Богоявленского, предложил ему должность заведующего секцией радиоактивных металлов Химического отдела ВСНХ. Вскоре Карпов сделал на заседании президиума ВСНХ сообщение о состоянии дел с радиоактивными остатками Ферганского общества. Президиум ВСНХ принял решение не допустить вывоза из России ценнейших материалов и наложить секвестр на радиоактивные остатки урано-ванадиевой руды, принадлежавшей этому обществу. Произвести секвестр было поручено Совету народного хозяйства Северного района при участии представителя ВСНХ Богоявленского.

Секвестр был осуществлен 29 марта 1918 г. В распоряжение ВСНХ перешло сырье, содержащее радия больше, чем было получено в Западной Европе в 1913 г.

Но сразу же встал вопрос о переработке этого сырья. Химический отдел ВСНХ обратился к Академии наук с предложением «взять в свои руки организацию завода для извлечения радия из секвестрованного, вследствие объявления радия национальным достоянием у общества для добычи редких металлов сырья...» [I, 30, с. 166]. Совещание радиологов и радиохимиков, созванное 12 апреля 1918 г., проходило весьма оживленно. В нем участвовали ведущие специалисты с практическим опытом работы по получению радия из руды и радиоактивных остатков —

Богоявленский и Хлопин, а также Коловрат-Червинский, известный своими работами по методам измерения радиоактивности. Богоявленский сообщил о результатах своих работ по выработке метода извлечения радия из радиевых остатков, которые он проводил в течение года по поручению Химического отдела Комитета военно-технической помощи. Хлопин ознакомил собравшихся со своими опытами по выделению радия из отечественного сырья.

«В возникшем затем оживленном обмене мнений» приняли участие многие ученые: Н. С. Курнаков, П. М. Мезерницкий, Л. С. Коловрат-Червинский, Л. М. Лялин, Н. А. Орлов, А. Е. Ферсман, О. Д. Хвольсон, В. Г. Хлопин, Л. А. Чугаев, А. П. Афанасьев, Л. Н. Богоявленский. Выступление Богоявленского «относительно возможной организации завода и лаборатории для извлечения радия...» [I, 30, с. 166] вызвало особенно много вопросов и выступлений, где высказывалось не только одобрение, но и сомнение в возможности принять на себя решение такой ответственной и необычной задачи. Однако Богоявленский и Хлопин сумели убедить скептиков в правильности и реальности этих предложений. Их поддержали Коловрат-Червинский и Чугаев. В итоге совещание постановило: «Признать на основании опытов Л. Н. Богоявленского и В. Г. Хлопина принципиально возможным взять на себя организацию завода и лаборатории для извлечения радия» [I, 30, с. 166]. Это была первая победа молодых ученых.

На совещании решился вопрос и о выделении специального отдела КЕПС, в ведение которого передавались все дела по редким элементам и радиоактивным веществам. Председателем отдела был избран академик В. И. Вернадский, его заместителем — профессор А. Е. Ферсман, секретарем — В. Г. Хлопин. В задачу нового отдела входило изучение свойств и областей применения редких и радиоактивных элементов и их соединений; выявление природных запасов этих элементов, характера руд; создание методов обогащения руд и извлечения из них основных ценных компонентов.

На первом заседании нового отдела 24 апреля 1918 г. В. Г. Хлопин был назначен особо уполномоченным химиком-специалистом Коллегии по организации пробного завода по извлечению радия из отечествен-

ного сырья. Все дальнейшие организационные вопросы он решал с Карповым [I, 43, с. 85]. Так, в 1918 г. В. Г. Хлопин впервые официально возглавил работы по получению радия.

Радиевый завод в Березниках

В 1918—1920 гг. ставить вопрос о строительстве нового завода было просто нереально. Поэтому руководство КЕПС приняло решение организовать пробный цех или завод для нового производства на базе одного из уже действующих предприятий. Выбор пал на содовый завод в Березниках. В конце апреля 1918 г. туда выехал Богоявленский. В удостоверении, подписанном Н. С. Курнаковым и А. Е. Ферсманом, в частности, говорилось, что Богоявленский «уполномочен состоящей при Российской Академии наук Комиссии по изучению естественных производительных сил России вести предварительные переговоры с фирмами и учреждениями по вопросам, связанным с организацией и оборудованием необходимой аппаратурой небольшого завода для извлечения радия» [I, 39, с. 37]. Договорившись с администрацией завода о выделении помещения для новых работ и склада, Богоявленский вернулся в Петроград.

Дальнейшее развитие событий шло столь стремительно, что каждый день требовал решения новых неотложных задач. И Хлопин с головой окунулся в важное, очень сложное и не вполне ещё известное ему дело. Но именно оно давало ему нравственную опору, создавало устойчивость в то непростое, беспокойное время. Самым трудным оказался май 1918 г.: саботаж, диверсии, заговоры, мутные волны контрреволюции, наступление белогвардейцев, разруха и голод. «...Каждая минута промедления грозит гибелью страны и гибелью революции», — писал В. И. Ленин 24 мая 1918 г. в статье «О голоде» [I, 44, с. 358]. Недели раньше, восемнадцатого мая 1918 г., «Красная газета» предупреждала: «Наступление анархии в Петрограде может служить поводом для занятия Петрограда немцами».

В такой обстановке в Петрограде оказались под угрозой многие ценности и в том числе радиоактивное сырьё. Медлить было нельзя, и группа ученых (Ферсман, Хлопин, Яковкин, Лялин, Коловрат-Червинский,

Матвеев) обратилась в Совнарком с развернутым письмом, в котором обращалось внимание на важность радиоактивных исследований, уникальность свойств радия и ценность радиоактивного сырья, из которого он добывается. «Те немногие из русских ученых,— отмечалось в письме,— которые избрали своей специальностью эту новую отрасль науки (радиоактивность — *Н. У.*), были лишены возможности успешно работать за почти полным отсутствием в России соединений радия. Доставка радия из-за границы, не говоря уже об его очень высокой стоимости в настоящее время, когда значение его в достаточной мере осознано, вообще едва ли возможна в сколько-нибудь значительных количествах. Дело правильной постановки всестороннего изучения радия в России и, быть может, даже и создания с этой целью в будущем специального учреждения, дело большой государственной важности будет, таким образом, зависеть в первую очередь от тех запасов соединений радия, которыми русские ученые будут располагать» [I, 45, с. 136]. В связи с этим ученые просили Совнарком принять меры к «незамедлительной эвакуации из Петрограда... всего секвестрованного сырья, как представляющего большую ценность...», считая, что ему «угрожает несомненная опасность вследствие большого интереса к радию, проявляемого со стороны Германии» [I, 45, с. 137]. Интерес Германии к радиоактивному сырью был столь велик, что германское правительство в 1918 г. предложило передать ему в счет платежей по Брестскому договору радиоактивные остатки и месторождения радиевых руд Советской России [I, 46, с. 85].

В конце мая 1918 г. председатель Центральной коллегии по эвакуации и разгрузке Петрограда получил распоряжение немедленно эвакуировать запасы радиевой руды, находящиеся в распоряжении Академии наук. 11 июня 1918 г. В. И. Ленин подписал постановление Совнаркома об отпуске средств на эвакуацию радиоактивного сырья. В специальную Комиссию по подготовке сырья и эвакуации вошли: Коловрат-Червинский, Миронов, Ферсман и Хлопин, на которого были возложены общее руководство этой операцией и ответственность за ее выполнение. В конце июня 1918 г. Хлопин и Коловрат-Червинский закончили прием сырья и выдали расписку в том, что они «при-

няли сего 29 июня 1918 г. от Совета Народного хозяйства Северного района из числа секвестрованных у Ферганского общества для добычи редких металлов бочек с радиевой рудой 3 большие бочки... и 6 маленьких бочонков для доставки их в Академию наук» [I, 45, с. 141]. 12 июля Богоявленский выехал из Петрограда на Солеварни, где помещался Березниковский завод, сопровождая состав из тринадцати вагонов, загруженных бочками с радиоактивным сырьем. Сырье для будущего радиевого завода удалось спасти.

1 июля 1918 г. при Радиевом отделе КЕПС был создан Технический совет, которому передавались все дела, касающиеся организации и пуска пробного Радиевого завода. Председателем Совета был избран Хлопин. 19 июля он уже как уполномоченный Радиевого отдела КЕПС выезжает в Москву «для участия в срочном обсуждении в Совете Народных Комиссаров плана работ и сметы Комиссии» [I, 45, с. 141].

Заседание в Москве состоялось 30 июля 1918 г. ВСНХ выделил Радиевому отделу КЕПС на второе полугодие 1918 г. 418 850 руб. Постановление Совнаркома по этому вопросу подписал В. И. Ленин.

В августе 1918 г. Технический совет решением Президиума ВСНХ был преобразован в Радиевую коллегия, которую возглавил В. Г. Хлопин. В нее от Радиевого отдела КЕПС вошли также Л. С. Коловрат-Червинский, Л. М. Лялин (1867—1930), А. А. Яковкин (1860—1936), от ВСНХ — В. Я. Курбатов (1878—1957). Ученым секретарем Радиевой коллегии работала М. А. Пасвик-Хлопина. Впоследствии она вспоминала, что перед Коллегией уже тогда был поставлен целый ряд важных задач: выбор места для организации завода; отбор средних проб для определения радия, урана, ванадия и меди; производство анализа средних проб; разработка метода выделения радия как из остатков, так и из Тюя-Муюнской руды; лабораторная разработка метода попутного с радием выделения ценных продуктов — урана, ванадия и меди; проверка этих методов в заводском масштабе; проектирование и оборудование временной установки для извлечения радия; получение первых препаратов радия; проектирование и оборудование постоянного завода на основании данных, полученных на пробном заводе; разработка методов выделения других радиоэлементов кроме радия [I, 47, с. 6—7].

На первом этапе было решено заняться преимущественно вопросами, непосредственно связанными с организацией и пуском пробного радиевого завода в Березниках.

По словам Пасвик-Хлопиной, в те годы «специалистов в этой области у нас в Союзе было очень мало. Ученик Кюри Л. С. Коловрат-Червинский, скончавшийся в 1921 г., и специалист по технологии радия Богоявленский, который проработал только пять месяцев. Третьим был В. Г. Хлопин... Все остальные сотрудники были привлечены из только что окончивших студентов» [1, 47, л. 5—6].

Общее руководство работами по созданию завода осуществлял Богоявленский. Ознакомившись с положением дел на месте, он составил проект установок, необходимых для лаборатории и завода, и смету соответствующих расходов. Богоявленскому приходилось действовать в Березниках одному. Хлопин не мог уехать из Петрограда, не получив обещанных ассигнований, а их пока не было. Оставался в Петрограде и Коловрат-Червинский, защитивший в это время магистерскую диссертацию «О выделении эманации (радоны.— Н. У.) из твердых или расплавленных солей, содержащих радий». Он получил предложение Государственного рентгеновского и радиологического института создать при нем радиевое отделение. Включившись в эту работу, он одновременно осуществлял наблюдение за ходом изготовления измерительных приборов для Радиевого завода в мастерской при Радиевой лаборатории Академии наук.

Тем временем находящемуся в Березниках Богоявленскому требовалась срочная помощь. Областное руководство — Уралсовнархоз — не только не оказывало ему содействия, но даже тормозило работы по налаживанию на Урале радиевого производства. «Убедительно прошу,— телеграфировал в Кремль в октябре 1918 г. Богоявленский,— срочно оказать непосредственное воздействие на Колосовет Березниковского содового завода в смысле немедленного начинания работ по организации радиевого завода, как было декретировано Совнархозом. Вследствие явного уклонения Севосовета от исполнения приказов Высшего Совета Народного хозяйства и вообще центральной власти, граничащего с саботажем, нахожусь три месяца крайне неопределенном положении, даже без

квартиры. Без самого энергичного воздействия центральной власти считаю создание завода невозможным» [I, 46, с. 90].

Дело сдвинулось с мертвой точки лишь после личного вмешательства В. И. Ленина. 28 октября 1918 г. в ответ на полную отчаяния телефонограмму Богоявленского в Пермь была послана следующая телеграмма: «Пермь. Уралсовнархоз. Копии Усолье, исполкому, Усолье, заводууправлению Березниковского завода.

Предписываю Березниковскому заводу немедленно начать работы по организации радиевого завода согласно постановлению Высовнархоза. Необходимые средства отпущены Совнаркомом. Работы должны вестись под управлением и ответственностью инженера-химика Богоявленского, которому предлагаю оказать полное содействие. Предсовнаркома Ленин» [I, 45, с. 144]. Телеграмму подписали также заведующий Химическим отделом ВСНХ Л. Я. Карпов и заведующий научно-техническим отделом ВСНХ Н. П. Горбунов.

Хлопин всеми помыслами был на заводе. Наконец, 16 ноября, получив деньги, собрав приборы и реактивы, какие удалось достать, и загрузив всем имуществом теплушку товарного вагона, он выехал в Пермь. Его приезд на завод значительно ускорил дело. «Работы по оборудованию лаборатории,— отмечалось в отчете Коллегии,— шли полным ходом во время пребывания на заводе уполномоченного Коллегии (В. Г. Хлопина). Они были закончены к половине декабря и со второй половины месяца лаборатория начала функционировать» [I, 46, с. 91].

В распоряжении Коллегии пробного радиевого завода находилась секвестрованная Тюямуюнская руда и радиоактивные остатки руды после выделения из нее урана и ванадия. Руда содержала около 0,18 г радия, остатки — 2,4 г. При крайнем недостатке средств, оборудования и рабочей силы следовало серьезно обдумать, на чем прежде всего сосредоточить внимание, чтобы получить положительный эффект уже в самое ближайшее время. Поскольку состав руды не был достаточно хорошо известен и методы ее переработки еще предстояло разработать, Коллегия на заседании 4 июля 1918 г. приняла решение заняться в первую очередь переработкой радиоактивных остатков.

Т Е Л Е Г Р А М М А

ПЕРМЬ УРАЛСОВНАРХОЗ

КОПИИ УСОЛБЕ ИСПОЛКОМУ УСОЛБЕ ЗАВОДУУПРАВЛЕННЮ
БЕРЕЗНИКОВСКОГО ЗАВОДА

ПРЕДПИСЫВАЮ БЕРЕЗНИКОВСКОМУ ЗАВОДУ НЕМЕДЛЕННО НАЧАТЬ РАБОТЫ
ПО ОРГАНИЗАЦИИ РАДИЕВАГО ЗАВОДА СОГЛАСНО ПОСТАНОВЛЕНИЯ ВЫ-
СНАРХОЗА ТОЧКА НЕОБХОДИМЫЕ СРЕДСТВА ОТЛУЩЕНЫ СОВНАРКОМОН
ТОЧКА РАВОТЫ ДОЛЖНЫ ВЕСТИСЯ ПОД УПРАВЛЕНИЕМ И ОТВЕТСТВЕННО-
СТЬЮ ИНЖЕНЕРА ХИМИКА БОГОЯВЛЕНСКОГО ЗАПЯТАЯ КОТОРОМУ ПРЕД-
ЛАГАЮ ОКАЗАТЬ ПОЛНОЕ СОДЕЙСТВИЕ



1047
Уралсовнархоза Ленин
Ученый руководитель выделенным
Заведующий лабораторией

28/7

20/7

Зав. Научн. Метод. Отд.
Шарифул

Фотокопия телеграммы В. И. Ленина

Некоторый опыт в такой работе уже имелся у Богоявленского. Что касается Хлопина, то он располагал хорошим научным и практическим багажом в области неорганической и аналитической химии, а в радиохимии делал лишь первые шаги. Школа Чугаева дала ему многое: культуру исследования, умение самостоятельно решать поставленные задачи, владение современными методами исследования. К тому же Хлопина даже в молодые годы отличал широкий научный кругозор. Все это обусловило высокий профессиональный подход ученого и к решению новых для него радиохимических проблем. Мастерство в новом деле приходило постепенно, но явно. Вскоре имя Хлопина стало неразрывно связано с радиохимией.

Работы по переработке радиоактивных остатков Богоявленский и Хлопин начали с опытов по применению наиболее известного тогда способа Кюри—Дебьерна. По этому способу, принятому в начале XX в. на радиевых заводах Европы и Австралии, остатки прежде всего обрабатывали едким натром, в результате чего в растворе оказывались глинозем, кремнезем и

соединения свинца. На остаток, после его фильтрации и промывания, действовали соляной кислотой, при этом все компоненты, кроме «сырых сульфатов» радия и бария, переходили в раствор. Далее сульфаты многократным кипячением с содой переводились в карбонаты, а последние растворяли в соляной кислоте. Операцию по переводению сульфатов в хлориды повторяли несколько раз. Радий выделяли после отделения полония, алюминия и железа дробной кристаллизацией хлоридов.

Уже в начальных лабораторных опытах Богоявленский и Хлопин столкнулись с большими трудностями при переработке имевшихся в их распоряжении радиоактивных остатков Туркестанской руды Тюя-Муюнского месторождения: высокое содержание в них кремнезема в значительной степени затрудняло и удлиняло анализ и приводило к потерям радия вследствие его адсорбции на студенистом осадке кремневой кислоты. Однако в ходе исследования удалось ввести некоторые удачные видоизменения в методику процесса (понижение температуры, добавление NaOH к раствору Na_2CO_3 для предотвращения выделения H_2SiO_3), и переработка радиоактивных остатков началась в лаборатории содового завода в Березниках уже в конце 1918 г. В день перерабатывался 1 кг остатков до получения хлорида бария—радия с радиоактивностью в 10 раз большей радиоактивности урана. Работы были остановлены наступлением белых.

24—25 декабря колчаковцы заняли Пермь, 27 декабря Березники. Хлопин к этому времени уже уехал в Петроград, а Богоявленский не покинул Березники, охраняя ценное сырье. В июне 1919 г. белогвардейцы, оставляя под натиском Красной армии Березники, увезли с собой персонал завода и самого Богоявленского. Долгое время о его судьбе никто ничего не знал, предполагали даже, что он расстрелян. На запросы из Петрограда Усольское окружное управление, с которым Богоявленскому приходилось много конфликтовать из-за саботажа, поспешило ответить, что Богоявленский «занимался варкой спирта, мыла, браги и объезжал свою лошадь. При белых он таким же способом лабораторничал, и с ними же, с белыми уехал в Сибирь». Однако при этом сообщалось, что «оставлено Богоявленским три ампулки с солями радия, добытые неизвестно когда...» [1, 46, с. 97].

В действительности дело обстояло совсем иначе. Богоявленский всеми силами стремился сохранить так дорого доставшееся радиоактивное сырье, поэтому основную свою работу держал в тайне, а открыто занимался мыловарением. Выдавая себя за дворянина, жившего и учившегося во Франции (это было правдой; следовало только добавить, что за границу он эмигрировал, бежав из тюрьмы, куда был посажен за революционную деятельность), Богоявленский вошел в доверие к белогвардейским офицерам. Он варил для них мыло, готовил спиртное и «в совершенной тайне продолжал заниматься ферганской рудой. За полгода такой работы, пока белые занимали Березники, он сделал много... ежедневно рискуя быть разоблаченным и расстрелянным...» [1, 39, с. 44]. Вот откуда эти три ампулы, которые «белый» Богоявленский оставил на заводе. Удалось ему спасти и ферганскую руду. Самого же Богоявленского колчаковцы объявили мобилизованным и при отступлении увезли с собой.

В это время Хлопин руководил в Петрограде лабораторными опытами, связанными с проблемой получения радия. Материалом для этих исследований служило некоторое количество радиоактивных остатков и ферганской руды, которое Коллегия получила в свое распоряжение при эвакуации сырья из Петрограда. Почти все работы велись в мало приспособленной для таких исследований Радиологической лаборатории Главной палаты мер и весов. Несмотря на сложность обстоятельства, Хлопин с сотрудниками переработали здесь в первом полугодии 1919 г. около 15 кг радиоактивных остатков третьего сорта. Как уже указывалось, особое затруднение при использовании метода Кюри—Дебьерна создавало высокое содержание кремнезема в этой руде. От попытки применить другие способы переработки радиоактивных остатков пришлось отказаться вследствие отсутствия самых необходимых реактивов.

После освобождения Урала Красной армией летом 1919 г. встал вопрос о возобновлении работ на Березниковском заводе. Было решено предварительно направить туда комиссию с целью выяснения на месте состояния оборудования и помещений, выделенных содовым заводом для радиевого производства. Поскольку персонал завода был увезен белыми войсками, следовало прежде всего назначить нового заведующего

заводом, чтобы включить его в состав этой комиссии.

Выбор Хлопина пал на И. Я. Башилова (1892—1953). В то время Башилов заканчивал металлургический факультет Петроградского политехнического института, однако уже имел некоторый опыт заводской работы, поскольку до этого возглавлял небольшой пробный завод в составе Бондюжского химического завода Главхима. Как впоследствии писал Башилов, он установил на этом пробном заводе ряд новых производств, в том числе и производство радия. Будущий инженер-химик (диплом он защитил лишь в 1929 г.), знакомый с радиевым производством, имеющий опыт организационной работы, энтузиаст своего дела Башилов был удачной кандидатурой. Приглашение Хлопина он принял с радостью.

Хлопин как уполномоченный Коллегии заключил с Башиловым официальный договор о работе на радиевом заводе. Башилов принял на себя обязанности заведующего пробным радиевым заводом при Академии наук и должен был оснастить завод оборудованием и наладить производство согласно инструкции Коллегии. Инструкцию для ведения заводских работ написал Хлопин. Она состояла из двух частей: в первой содержался подробный перечень необходимых мероприятий для обеспечения пуска завода к лету 1920 г., вторая посвящалась лабораторным опытам переработки радиоактивных остатков в укрупненном масштабе [1, 46, с. 109—110].

В состав Комиссии для инспекции положения дел в Березниках помимо нового заведующего заводом Башилова вошли Коловрат-Червинский (председатель) и А. Г. Елисеев — сотрудник радиевой коллегии, работавший с Хлопиным над радиоактивными остатками. Сам Хлопин в Комиссию не вошел, так как в отсутствие Вернадского, который в 1918—1919 гг. жил и работал в Киеве, а в 1920 г. стал ректором Таврического университета в Симферополе, должен был защищать в Петрограде интересы Радиевого завода. Комиссия в Березниках установила, что основной персонал завода и Богоявленский увезены белыми, однако радиоактивное сырье и даже капсулы с радиоактивными препаратами целы. «После перехода завода в руки белых,— отмечалось в отчете Комиссии,— Л. Н. Богоявленский, по собранным сведениям, старался сохра-

нить начатое дело... Что касается бочек с остатками и рудой, то... они все сохранились в целости... Выяснилась возможность продолжать дело выработки радия, возобновить работу с того места, на котором она остановилась с отъездом Л. Н. Богоявленского» [I, 46, с. 98].

Таким образом, усилия и самоотверженность Богоявленского не пропали даром, но сам он претерпел немало злоключений. При отступлении белых по дороге в Томск в солдатской теплушке он заболел тифом и вместе с другими больными солдатами попал в лазарет. В его одежде нашли зашитый в подкладку документ от Академии наук, удостоверяющий его полномочия как технического директора Радиевого завода. После допроса Богоявленского отпустили, но обязали регулярно являться «на отметку» в Томскую милицию. Это удостоверение ученого, потертое и порвавшееся на сгибах, хранится сейчас в составе личного архива Л. Н. Богоявленского в Метрологическом музее госстандартов при НПО ВНИИМ им. Д. И. Менделеева. Документ заслуживает того, чтобы его привести полностью.

Удостоверение написано на бланке с двумя штампами; первый — Российская Академия наук, Постоянная комиссия по изучению естественных производительных сил России и второй — Коллегия по организации и эксплуатации пробного завода для извлечения радия. За подписью уполномоченного Коллегии В. Г. Хлопина удостоверялось, что оно «выдано инженеру-химику Л. Н. Богоявленскому в том, что он действительно состоит в должности Технического Директора пробного радиевого завода и в качестве такового на него возлагается Коллегией по организации и эксплуатации пробного завода для извлечения радия полное оборудование завода и лаборатории, равно как руководство всем производством на заводе.

Коллегия просит все лица и учреждения оказывать Л. Н. Богоявленскому всяческое содействие к наилучшему выполнению возложенных на него обязанностей» [I, 40].

В декабре 1919 г. в Томске была восстановлена советская власть, появилась связь с Петроградом и, наконец, в 1920 г. в Академии наук узнали, что Богоявленский жив. В 1921 г. он возвратился в Петроград

Первая варка!

27 августа 1920 г.

Радиоактивные осадки со дна. 30.000 -

осадков в 100 г. воды. На 100 г. воды

35.000. не проваривать и проваривать
на разном уровне осадков.

Соль 50 г. вода, едкая калия 1,2 г.

Воды 10 ведер.

Кислота карбонная 4.34 окраски за ок-
ти воды 30.000. 15 мин. 100 г.

Вода 15 мин. Вода. 100 г. осадков не

проваривать. Вода 100 г. осадков с 100 г. воды

Вода 100 г. осадков с 100 г. воды. Вода 100 г. осадков с 100 г. воды

Вода 100 г. осадков с 100 г. воды. Вода 100 г. осадков с 100 г. воды

Вода 100 г. осадков с 100 г. воды. Вода 100 г. осадков с 100 г. воды

С 30.000. ушло до 30.40. 100 г.

Вода 100 г. осадков с 100 г. воды. Вода 100 г. осадков с 100 г. воды

Вода 100 г. осадков с 100 г. воды. Вода 100 г. осадков с 100 г. воды

и приступил к работе в Радиологической лаборатории Главной палаты мер и весов.

Обстоятельно разобравшись в ситуации на заводе, Комиссия пришла к выводу, что «выбор Березников для создания радиевого завода нельзя признать удачным». В свое время этот завод выбрали, исходя из того обстоятельства, что он, будучи первым в России крупным предприятием по выработке соды (русско-бельгийское акционерное общество Любимов, Сольве и К^о), имел большие запасы этого продукта, необходимого для переработки радиоактивных остатков по принятому тогда способу Кюри—Дебьерна. В 1919 г. член Комиссии Башилов, уже имевший опыт работы по производству радия, более квалифицированно и критично подошел к оценке возможности использования Березниковского завода. Впоследствии он писал: «...попытка организовать дело на Березниковском заводе не могла быть признана удачной, так как он не обладал всем необходимым ассортиментом товаров, какие... должны применяться при обработке туркестанской руды...». Специфика содового производства на этом заводе, наложив «отпечаток на всю физиономию завода, начиная от его лабораторий и кончая размерами его корпусов и помещений, лишала необходимой маневренной способности опытные и исследовательские работы по радиевому делу» [I, 46, с. 99].

Комиссия согласилась с доводами Башилова и приняла решение не возобновлять здесь радиевого производства. Она рекомендовала воспользоваться для этой цели другим предприятием. «Опытный завод,— отмечалось в решении Комиссии,— более целесообразно установить на одном из наших приволжских заводов, обладающем более подходящей аппаратурой и помещениями для производства, для рабочего и служебного персонала... Из приволжских заводов наиболее пригоден Бондюжский как по своему местоположению, так и в смысле оборудования и наличия опытного рабочего персонала. Перевозка руды водным путем не встретит препятствий» [I, 46, с. 98].

Выбор Бондюжского завода, вероятно, был сделан по совету Башилова. Он хорошо знал это предприятие — именно там он впервые «прикоснулся к радиевому производству». Надо сказать, что Бондюжский завод, основанный еще в 1868 г. Ушковым, в дореволюционной России славился производством различных

химических веществ высокого качества. Здесь изготовлялись серная, азотная и соляная кислоты, едкий натр, сода, хлор, хлорная известь, купоросы, квасцы и многое другое. Химическую технологию производства отдельных продуктов консультировали видные ученые-химики и среди них Д. И. Менделеев и К. Винклер. О высокой репутации завода свидетельствует высказывание Д. И. Менделеева: «Сода, препараты глинозема и хрома, белильная известь и серная кислота так делаются на заводах П. К. Ушкова, что будь это на Западе, о том писались бы томы» [1, 46, с. 100].

ВСНХ согласился с рекомендацией Комиссии. Радиевое производство было решено налаживать на Бондюжском заводе. Конечно, годы империалистической и гражданской войн сказались на оборудовании, запасах сырья, да и на всем производстве завода, но, как показали дальнейшие события, на этот раз выбор был сделан правильно.

Пробный радиевый завод. Первые препараты отечественного радия

Перевозить многострадальное радиоактивное сырье решили весной водным путем. В мае 1920 г. по Каме отправился караван барж из Березников до пристани Тихие горы, которая располагалась в трех километрах от химического завода. Везли руду, радиоактивные остатки и сохранившееся оборудование.

Организация радиевого производства на новом месте началась весной 1920 г. с приездом Башилова. По инструкции, составленной Хлопиным, ему предстояло прежде всего наладить лабораторную переработку радиоактивных остатков двух сортов. На летний период удалось приехать в Тихие горы и Хлопину.

Из Петрограда добраться до Пермской области было очень непросто. К тому же он вез с собой значительный груз, который следовало с железнодорожной станции доставить на речную пристань и погрузить на пароход, идущий в Тихие горы, где располагалось будущее производство. Хлопин начал поиски помощников. «Подшли парни. Посмотрели, что стоит тут этакий худощавый интеллигентшишка и, конечно, запросили очень высокую цену. Виталий Григорьевич стал торговаться с ними, а они и говорят, ухмыляясь: „А нут-ка ты сам попробуй. Если сдюжишь, тогда и

мы перенесем за полцены“». Посмотрел он на парней, засучил рукава, взвалил бочку на спину и понес, крикнув парням: ”А ну за мной, да поскорее“» [III, 40, с. 189]. На грузчиков это произвело столь сильное впечатление, что груз перенесли быстро и взяли за работу недорого.

К тому времени, когда Хлопин прибыл на место, на заводе уже смонтировали первую пробную установку, мобилизуя все имеющиеся средства и разрозненное оборудование вплоть до чугунных котлов, полученных с кухни 148-го Петроградского батальона. Хлопин стремился как можно скорее задействовать разработанный в лаборатории метод, представляющий собой видоизмененный способ Кюри—Дебьерна. Первые пробные варки удалось провести в конце августа 1920 г. При переработке радиоактивных остатков на первой стадии происходило их обогащение. Первую партию таких обогащенных образцов Хлопин увез в Петроград для дальнейшей их переработки. Эти образцы представляли собой карбонаты бария—радия (с содержанием радия до 8 мг) и хлориды бария—радия (с содержанием радия до 1 мг).

Зимой 1920 г. в Бондюгах шел дальнейший монтаж заводской установки, а в лабораториях Петрограда под руководством Хлопина исследовался особенно трудный этап получения радия—разделение хлоридов бария и радия. По поручению Хлопина студент А. Г. Елисеев изучал равновесия в системе: хлорид бария—хлорид радия—соляная кислота, а студент П. А. Волков—равновесие хлорид бария—хлорид радия—хлорид свинца—соляная кислота. Эти системы исследовались в интервале температур 0—25° и при различных концентрациях соляной кислоты. Обе работы проводились в химической лаборатории Академии наук у академика Н. С. Курнакова—известного специалиста по изучению равновесия в многокомпонентных системах.

Постановка этих исследований диктовалась трудностями процесса переработки руды и радиоактивных остатков. В зависимости от состава руды технологическая схема извлечения из нее урана и радия может несколько видоизменяться, но основные этапы переработки обычно сводятся к следующим общим стадиям: 1) обогащение руды, в результате чего получается рудный концентрат с более высоким содержанием ра-

диоактивных компонентов; 2) химическое разложение рудного концентрата с выделением основного количества радиоактивных компонентов в твердую или жидкую фазу; 3) получение «сырого сульфата», в состав которого входят изоморфно кристаллизующиеся сульфаты бария и радия; 4) перевод «сырого сульфата» в «сырой хлорид», для чего сульфаты предварительно переводят в карбонаты или сульфиды, которые затем растворяют в соляной кислоте; 5) выделение хлорида радия из «сырых хлоридов» методом дробной кристаллизации. Именно эта конечная стадия процесса и была особенно трудоемкой и требовала тонкой работы по разделению радия и бария.

Для подробного изучения в лабораторных условиях возможности изменения и упрощения использовавшейся обычно методики Хлопин привез в Петроград препараты карбонатов радия—бария и хлоридов радия—бария, полученные в 1920 г. на заводе в Тихих горах. Уже к лету 1921 г. удалось получить некоторые обнадеживающие данные, и Хлопин вновь выехал на завод. На этот раз с ним отправились пять практикантов, а также М. А. Пасвик, ставшая к тому времени не только ближайшим сотрудником, но и спутницей жизни Хлопина.

М. А. Пасвик (Пасвик-Хлопина) родилась в 1885 г., ее отец Пасвик Александр Владимирович был врачом, а мать Сердюкова Анастасия Андреевна — фельдшерцей. В их семье было семеро детей. Сама Мария Александровна специализировалась сначала как микробиолог, а затем, связав свою жизнь с Виталием Григорьевичем Хлопиным, прониклась его научными интересами и полностью переключилась на работу в области радиохимии. В 1918 г. она занимала должность секретаря Радиевого отдела КЕПС, а в 1919—1920 гг. — ученого секретаря Комиссии по организации и эксплуатации пробного Радиевого завода. В 1921 г. М. А. Пасвик ехала в Тихие горы уже как научный сотрудник пробного Радиевого завода.

Сразу по приезде Хлопина в Тихие горы был произведен пуск пробной полузаводской установки временного типа, на которой радиоактивные остатки перерабатывались на карбонаты. Она помещалась в полуразрушенном здании бывшего содового завода, которое, по словам Пасвик-Хлопиной, скорее напоминало сарай. Рядом с установкой находилась комната, где предпо-

лагалось оборудовать лабораторию для более тонких разделений.

Не дожидаясь окончания строительства рабочих помещений, оснащения лаборатории и даже полного обеспечения технологии пробного полузаводского производства, Хлопин с сотрудниками начали работу. Недостроенные помещения почти не отапливались, не было вентиляции. Особенно сложной и трудоемкой в этих условиях оставалась операция дробной кристаллизации хлоридов бария—радия, требующая длительного нагревания. Остро ощущалось отсутствие огнеупорной и кислотоупорной аппаратуры.

Еще зимой в Петрограде Хлопин искал пути выделения хлорида радия без нагревания. В результате этих работ оказалось, что разделение веществ на основе дробной кристаллизации возможно не только путем упаривания растворов, но и вследствие изменения растворимости под действием веществ с одноименным ионом. Такое удачное решение чисто практического вопроса с научных позиций характерно для творчества Хлопина, да и вообще для творчества большинства ученых, обладавших глубокой и широкой научной подготовкой.

Не ожидая окончательного оформления научных исследований по дробной кристаллизации хлоридов, убедившись лишь в правильности самой идеи, Хлопин совместно с Пасвик начали пробные работы в заводской лаборатории. Они разработали схему дробного осаждения хлоридов бария—радия соляной кислотой на холоду. Это имело принципиальное значение для технологии всего процесса получения радия в стесненных аппаратурных возможностях Бондюжского завода: процесс стало возможным вести без нагревания в гончарных сосудах, покрытых кислотоупорной эмалью, и даже в деревянных чанах. Обогащенные радием хлориды бария—радия далее переводились в карбонаты, затем в бромиды, которые вновь подвергались дробной кристаллизации. Эта последняя операция проходила также по разработанной Хлопиным и Пасвик схеме — без нагревания. Помимо постоянного контроля за радиоактивностью препаратов на всех этапах технологического процесса переработки радиоактивных остатков Хлопин ввел химические методы контроля применительно к урану, ванадию и железу, причем эти многовалентные металлы определялись суммарно и диффе-



В. Г. Хлопин с дочерью Надеждой

ренцированно методом окислительно-восстановительного титрования.

Хлопин собирался, как обычно, в сентябре вернуться в Петроград и очень спешил завершить разработку отдельных стадий технологии производства радия, чтобы завод мог в его отсутствие начать производственный процесс. «Конечно, далеко не все удалось выполнить из намеченной мною на лето программы,— писал он Вернадскому,— условия оказались далеко не такими благоприятными, как я думал, и масса времени ушла на создание мало-мальски сносных условий работы. Все же кое-что сделать удалось: так, в первый раз я имел случай провести лично первую большую дробную кристаллизацию хлоридов бария—радия, некоторое количество которых думаю привезти с собой» [I, 38, с. 18]. Однако Хлопину пришлось задержаться в Тихих горах надолго — он заболел «тяжелой формой малярии с осложнениями».

Трудно пришлось Хлопину в эти дни: тяжелая болезнь, полная неустроенность, настоящий голод — за-

вод оказался в районе засухи, поразившей Поволжье летом 1921 г. Но ни в одном из писем ученого об этом нет ни слова — в Петрограде тоже было нелегко.

По мере сил, даже во время болезни, Хлопин помогал заводу, оставаясь его мозговым центром. «Дела здесь,— писал он 14 сентября 1921 г.,— несмотря на целый ряд чисто технических трудностей, связанных с настоящим временем, продвинулись настолько, что мы теперь уже сравнительно недалеко от получения первых образцов конечного продукта... Надеюсь, что, оправляясь от болезни, я буду в состоянии понемногу работать в лаборатории завода и, быть может, сам доведу здесь дело получения радиевых препаратов до конца с тем, чтобы захватить с собой первые образцы сильно обогащенных продуктов» [I, 38, с. 18]. На заводе проводилось большое и малое дробное осаждение хлоридов бария—радия. Большое дробное осаждение или большую кристаллизацию в заводском масштабе вел Хлопин; полученные в результате этого обогащенные хлориды поступали на дальнейшее малое дробное осаждение в лабораторию к Пасвик.

Хлопин проболел более двух месяцев. За это время первая партия хлоридов бария—радия уже подошла к стадии последней очистки. «Принимая во внимание,— писал впоследствии Хлопин,— чрезвычайно тяжелые условия работы в еще заканчивающихся отстройкой помещениях завода и крайний недостаток времени и квалифицированных рабочих рук...» [II, 149, т. 1, с. 70], решили здесь довести первую партию до получения высокоактивных препаратов, остальное же количество полученных обогащенных хлоридов бария—радия концентрировать и очищать в Петрограде.

В Петроград его звали не только оставленные исследования в лаборатории; присутствия Хлопина в Петрограде требовали неотложные дела по организационному оформлению Радиевой лаборатории Академии наук. Все отчетливее и актуальнее вставал вопрос о создании Радиевого института. Вернувшийся в Петроград Вернадский чувствовал, что для этого появились реальные возможности и он был даже недоволен отсутствием Хлопина в такой момент.

Но Хлопин оставался в Тихих горах. «Я все еще сижу на заводе...— писал он Вернадскому 9 ноября 1921 г.,— по зрелому размышлению думаю задержаться еще на некоторое время тут, так как осталось сделать

еще одно последнее усилие для того, чтобы увеичать труды трех с половиною последних лет и получить первый русский радий. Получить конечный заводской продукт помимо личного для меня интереса, в тех варварских условиях, в которых приходится сейчас здесь работать, мне представляется, будет иметь решающее значение и в деле закрепления всего радиевого дела за Академией наук, за что я тоже по мере сил боролся в течение трех лет в Ваше отсутствие...». В этом письме Хлопина звучат и усталость, и горечь — можно бы сделать больше — и ответственность за будущее радиевого производства в России, которую он все с большим правом брал на себя. В этом же письме Хлопина есть такие строки: «Развитие... Радиевого института без всякой связи с радиевым заводом я себе не представляю... Иначе дело сведется к тому же, что было и раньше, т. е. русские радиологи-химики в России понемногу забудут радиологию и займутся какой-либо другой химической научной работой, как это случилось с Бородавским, или сбегут за границу, как Антонов². Вы, конечно, совершенно правы, что предполагавшаяся конструкция Радиевой лаборатории и все соглашение с ВСНХ... страдает громоздкостью и неясностью, и я не рассматривал это как окончательную форму организации. Это было временное соглашение, на которое пришлось пойти с целью удержать за Академией две наиболее важные, как мне представлялось в деле о заводе, вещи: верховное научное руководство и обладание конечным продуктом» [I, 38, с. 19—20].

Хлопин писал это в ответ на письмо Вернадского, которое его «сильно встревожило». Очевидно, в нем шла речь о создании Радиевого института во главе с Вернадским. Но, видимо, не все в процессе организации развивалось гладко, возникли какие-то затруднения, поскольку Хлопин писал, что надеется проездом через Москву побывать в ВСНХ у Ипатьева и добиться «значительных изменений» в этом деле. Новости, сообщенные Вернадским, требовали срочного возвращения Хлопина, но в работах на заводе наступил решающий этап. «Буду торопиться, что есть сил закончить работу,— сообщал он Вернадскому,— хотя и то работаю часов по 14 в день, и постараюсь выехать,

² Г. Н. Антонов эмигрировал за границу в 1917 г., в дальнейшем работал в частных лабораториях Англии, Франции и Америки.

как можно скорее» [1, 38, с. 21]. Хлопин понимал, что только реальные результаты заводских работ помогут утвердиться отечественному радиевому производству. Он надеялся и в ВСНХ «в связи с полученными на заводе результатами добиться более благоприятного соглашения» [1, 38, с. 21].

Мудрое терпение Хлопина вознаградило всех. 1 декабря 1921 г. произошло историческое для советской радиохимии событие — Хлопин и Пасвик получили на пробном радиевом заводе первые высокоактивные препараты радия. Весь коллектив был счастлив, празднуя не только свою научную победу, но и успех отечественной науки — создание технологии производства радия из собственного сырья. Это событие по праву вошло в «Летопись Академии наук»: «Коллегия по организации и эксплуатации пробного завода для извлечения радия под руководством В. Г. Хлопина разработала технологию обработки радиоактивной руды. На временной установке радиевого завода к 1 декабря получены первые высокоактивные препараты радия, чем было положено основание развитию радиевой промышленности» [1, 48, с. 38].

Сохранившиеся фотографии первого пробного радиевого завода убедительно свидетельствуют о том, в каких неблагоприятных мало приспособленных для работы условиях велись эти уникальные изыскания. В архиве Радиевого института имеются рабочие журналы за июнь—август 1920 г. и июнь—декабрь 1921 г., в которых Хлопин тщательно фиксировал все стадии экспериментов, технологического процесса, условия его проведения, расход реагентов, время, затраченное на каждую работу. Все записи сделаны очень аккуратно в самодельных тетрадях с плохой бумагой, что тоже дает осязаемое свидетельство трудностей тех дней. Эти трудные условия жизни и плохая оснащенность предприятий со временем сказались на здоровье энтузиастов: Хлопин уже с 20-х годов страдал хроническим воспалением легких, повторяющимся почти каждую весну. Весной 1922 г. он писал Вернадскому: «Профессор Ленч нашел, что у меня была разлитая катаральная пневмония обоих легких (по счету 6-я)...» [1, 38, с. 24]. И в последующие годы беспокоившие ученого бронхит или грипп часто переходили в воспаление легких; в дальнейшем все заболевания осложнялись воспалением вен. Но и будучи больным, лежа в постели,

Хлопин всеми помыслами был в работе: он много писал, читал, составлял докладные записки, рекомендации, отзывы. Болезни, тогда еще молодому Хлопину, представлялись лишь досадной помехой делам.

Закончив переработку первой серии сырых хлоридов бария—радия на высокоактивные препараты, Хлопин выехал в Москву. С собой он вез драгоценный груз — собственноручно запаянные ампулы с бромистым радием. Ученый, как и предполагал, попал на прием к начальнику Главхима ВСНХ В. Н. Ипатьеву, продемонстрировал ему реальные результаты усилий своей группы и получил необходимую поддержку. В дальнейшем близкое участие в делах и интересах радиевого завода принимала начальник Отдела новых производств ВСНХ В. И. Глебова (1881—1935).

Успехи пробного радиевого завода, материализованные в реально существующих ампулах с бромистым радием, произвели во всех правительственных и научных инстанциях большое впечатление и немало способствовали принятию важного решения о создании в этом же, 1922 г., Радиевого института.

Радиоактивное сырье

Дело, во главе которого стоял в эти годы Хлопин, было признано государственно важным. Первые очевидные успехи, однако, не избавили от трудностей, их оставалось множество, и главная из них — сырье. На первых порах в основном перерабатывались радиоактивные остатки. С рудой дело было сложнее, и это обстоятельство серьезно беспокоило Хлопина.

Состав образцов руды, которыми располагал завод, оказался недостаточно изученным. Еще в 1919—1921 гг. их анализ поручили Г. П. Чернику — военному инженеру и химику. По его данным, руда содержала около 1,5% урана. Поскольку эта руда Тюя-Муюнского месторождения была в то время единственным в нашей стране источником получения радия, заведующему пробным радиевым заводом И. Я. Башилову поручили разработать промышленный способ переработки этой руды на радий и другие ценные компоненты, основываясь главным образом на принятой уже схеме переработки радиоактивных остатков Тюя-Муюнской руды. Башилов с честью решил эту очень трудную задачу. Он создал и осуществил в заводском масштабе полную

технологии переработки руды от ископаемого сырья до препаратов радия, урана и ванадия. Именно об этой, уже спроектированной и пущенной в ход установке и докладывал на III Менделеевском съезде В. Г. Хлопин. «Дешевый и простой способ обработки руды с полным использованием ценных металлов,— писал один из руководителей Главхима С. Д. Шеин,— удалось найти заведующему заводом И. Я. Башилову, который и проектировал завод, а новый способ отделения радия от бария на холоду — способ интересный тем, что он дает новое освещение химизма этого процесса и крайне его упрощает, разработал представитель Радиевой лаборатории Академии наук В. Г. Хлопин. Ныне на очередь поставлен вопрос о расширении и дооборудовании завода, а также возобновлении разведок Ферганского месторождения и его эксплуатации...» [1, 46, с. 121—122].

Завод мог работать только при условии постоянной доставки новых порций руды. Тюя-Муюнское месторождение, единственный в нашей стране источник радиевого сырья, давно не эксплуатировалось, до 1922 г. оно находилось в районе действия басмачей. Сразу же после ликвидации в Фергане основных басмаческих банд ВСНХ принял решение о неотложном снаряжении экспедиции для обследования состояния рудников.

В состав экспедиции вошло восемь сотрудников центрального управления промышленных разведок ВСНХ и Радиевого института — геологи, минералоги, геохимики. Экспедицию возглавил С. П. Александров (1891—1962) — горный инженер, имеющий опыт геологической разведки. В 1914 г. он побывал на Тюя-Муюне в составе экспедиции геолога и палеонтолога А. А. Чернова (1877—1963), а в 1920 г. попытался, правда, неудачно, вновь проникнуть в район этого месторождения. Александров совместно с Хлопиным составили основной план экспедиционных работ, который включал: измерение радиоактивности образцов минералов и горных пород; проверку практического применения метода Богдавленского для измерения радиоактивности таких прикладных объектов по γ -излучению; качественное опробование отобранных образцов на месте на присутствие прежде всего урана, ванадия, меди, бария и кальция; попытку отбора средних проб руды после 1,5 месяцев ее ручного дробления; отбор наиболее интересных минералогических образ-

цов для музеев и институтов Петрограда; посещение соседних месторождений, обнаруживающих содержание радиоактивных руд [I, 38, с. 22]. Позднее Хлопин предложил производить еще и отбор проб природных газов [I, 38, с. 24].

В ходе подготовки экспедиции Хлопину и Александрову пришлось решать множество научных, хозяйственных и финансовых вопросов. Весной 1922 г. Хлопин писал Вернадскому: «Я очень озабочен предстоящим теперь уже в ближайшем будущем отъездом экспедиции... Сегодня у меня был Сем[ен] Петров[ич] (Александров.— *Н. У.*), и мы с ним обстоятельно обсуждали этот вопрос. Времени осталось очень мало. Необходимо произвести сейчас же некоторые траты, не дожидаясь результата нашего ходатайства в Москве о полутора миллиардах. С другой стороны, нужно сейчас же наметить несколько лиц (1—2), которые поедут вместе с Семеном Петровичем» [I, 38, с. 23]. Следует сказать, что экспедиция сыграла очень важную роль в обеспечении радиевого завода сырьем.

Нельзя не отметить мужества участников экспедиции, проходившей в исключительно сложных условиях. Дело в том, что в районе ее работы еще сохранялись остатки басмаческих банд, поэтому обеспечение охраны и питания прибывших геологов было поручено одному из киргизских конных отрядов горной обороны Ферганского фронта. «Мы выступили под прикрытием конного отряда милиции... к радиевому руднику,— писал Александров.— В последующем перешли на самое месторождение, имея для личной охраны, на случай возможного нападения басмачей, небольшой гарнизон из семи красноармейцев... Поместились в двух киргизских юртах, занимая одну сами, а другую предоставив гарнизону... Рудничная колония оказалась разрушенной басмачами до состояния полной негодности для жилья даже летом» [I, 46, с. 145]. Экспедиция проработала четыре месяца, выполнив весь намеченный план работ. Об их результатах Александров доложил на Первом Всероссийском съезде по горной промышленности. В частности, он сообщил об открытии новой жилы промышленного типа, которую называли «Академической».

Изыскания экспедиции позволили в 1923 г. возобновить на Тюя-Муюнском руднике разработки с производительностью 500 т сортированной руды в год, что

соответствовало спроектированной мощности радиевого завода (2 г радия в год). Конечно, еще предстояло провести большой объем работ по восстановлению рудника и его оборудования, техническому оснащению процесса добычи руды, прокладке подъездных дорог и т. д. Однако все это должно было окупиться, поскольку, по данным экспедиции, запасы руды оценивались высоко. Так были заложены основы для создания русской радиевой промышленности: начата эксплуатация рудника, пущен завод по переработке добываемой руды и в дальнейшем создан Радиевый институт, координирующий и направляющий всю работу в области радиохимии.

Почти два десятилетия самоотверженного труда русских ученых, наконец, увенчались успехом. Молодое Советское государство отнесло радиевое дело к разряду важных производств. Уже спустя пять лет после победы Великой Октябрьской социалистической революции, несмотря на тяжелейшие экономические условия, оно дало собственную продукцию. В 1924 г. редколлегия «Трудов по изучению радия и радиоактивных руд» констатировала: «Мы не можем не отметить ту выдающуюся роль, которую сыграл в деле организации русской радиевой промышленности Высший Совет Народного Хозяйства... ВСНХ неизменно поддерживал все шаги Коллегии КЕПС'а по организации радиевого завода, а позднее в лице наблюдающего за радиевой промышленностью В. И. Глебовой не только способствовал переходу от опытной заводской установки к созданию постоянного Государственного радиевого завода, но благодаря инициативе и энергии В. И. Глебовой предпринял шаги и к организации Государственного радиевого рудника в целях обеспечения нарождающейся промышленности постоянным сырьем и провел в законодательном порядке ряд мероприятий, направленных к поддержанию и дальнейшему развитию радиевого дела в Союзной Республике» [1, 46, с. 121].

Надо сказать, что эти мероприятия касались весьма серьезного вопроса — предотвращения возможности получения иностранных концессий на право эксплуатации русских радиевых рудников. При введении нэпа советское правительство использовало концессии как вспомогательное средство для ускоренного восстановления экономики России. С этой целью при ВСНХ был

создан Концессионный комитет для осуществления договоров с иностранными предпринимателями в различных сферах хозяйства.

В те годы немецкие и американские деловые круги проявляли большую заинтересованность в получении концессий на разработку ураново-радиевых месторождений в СССР, в частности в Туркестане. Возможность такой концессии обсуждалась в ВСНХ. Узнав об этом, ученые и инженеры, стоявшие у истоков радиевого производства, единодушно и аргументированно выступили против. В Президиум ВСНХ было направлено заявление, подписанное И. Я. Башиловым. Заведующий радиевым заводом, в частности, писал: «Мы констатируем, что возникновение этого вопроса в Концессионном комитете является следствием очевидного недоразумения, возникшего из неосведомленности Концессионного комитета ВСНХ о том, что делается в РСФСР и в других культурных странах в области получения радия... В радию мы имеем ключ к использованию внутриатомной энергии... Мы требуем поэтому отрицательного ответа представителям американского капитала по поводу концессии на единственно известный источник радиоактивного сырья в России» [I, 46, с. 153]. Активную позицию заняла и В. И. Глебова, курирующая радиевую промышленность от ВСНХ. Ее подробная докладная записка в ВСНХ обосновывала необходимость этого производства в России, указывала на его состояние, сложности экономических расчетов денежного эквивалента в случае концессии, а поэтому возможности прямого обмана со стороны представителей иностранного капитала. «При таком значении радия и его недостаточности в России,— писала Глебова,— выпускать его из страны является недопустимым. Возрождающаяся страна... начала разработку радиевых руд и извлечение из них радия, что произвело фурор в зарубежном научном и техническом мире. Капитуляция перед иностранным капиталом после этого абсолютно не имеет под собой почвы... Добыча радия должна оставаться в руках Советского правительства» [I, 46, с. 153]. В итоге Концессионный комитет прервал переговоры с представителями американского бизнеса, начатые в Батуми, и 1 марта 1923 г. Совет Труда и Оборона принял историческое «Постановление о добыче и учете радия» [I, 45, с. 148—149].

По этому постановлению добыча радиевой руды и выработка радия на территории РСФСР возлагалась на ВСНХ, весь выработанный радий поступал в Государственный фонд и подлежал хранению в Радиевом институте, на который возлагалась обязанность учета вырабатываемого радия и уже имеющегося в научных учреждениях. Эти учреждения, а также отдельные лица обязывались «предоставлять Радиевому институту согласно устанавливаемым им правил сведения об имеющихся у них запасах под страхом наказаний, предусмотренных соответственно ст. ст. 90, 118, 226 Уголовного Кодекса РСФСР» [I, 45, с. 149]. «Авансировать ВСНХ на работы по выработке радия» предлагалось Министерству финансов [I, 45, с. 149]. 8 марта 1923 г. президиум ВЦИК распространил действие этого постановления на все союзные республики. Одновременно был издан приказ ВСНХ, содержащий подробнейшую инструкцию по добыче, переработке радиевых руд, получению, хранению, учету и распределению высокоактивных радиевых препаратов [I, 46, с. 155—158]. Радий был объявлен валютной ценностью. Урегулированы были, наконец, и взаимоотношения между Радиевым институтом, пробным радиевым заводом и радиевым рудником. Они связывались «в единое законченное целое» [I, 46, с. 133]. Необходимость такого триединства как неперемного условия правильной и успешной комплексной работы по добыче, изучению и использованию радия и других радиоактивных элементов Хлопин сформулировал еще раньше в одном из своих писем Вернадскому [I, 38, с. 19].

В марте 1922 г. при активном участии Вл. И. Спицына создается Бюро по исследованию и промышленному применению редких элементов (БЮРЭЛЬ). Предполагалось, что оно осуществит, кроме того, кураторство над деятельностью радиевого завода и координацию работ БЮРЭЛЬ и Радиевого института. Связь исследований этих учреждений определялась тем, что радиоактивные элементы входили в одну из пяти условных групп редких элементов. Вследствие отсутствия финансирования БЮРЭЛЬ просуществовало лишь два года. В 1925 г. после ликвидации БЮРЭЛЬ учреждается секция редких элементов. В состав секции входили работники ВСНХ, виднейшие специалисты по радиоактивным веществам и редким элементам; возглавляла секцию Глебова. В этом же

1925 г. Глебова назначается директором радиевой промышленности. Очевидно, последнее производство было наиболее развитым среди редких элементов и хорошо себя зарекомендовало. Например, в отчете завода за 1923—1924 гг. сказано: «Радиевый завод в отчетном году окончательно стал на ноги, перейдя на нормальную переработку радиеносных руд на концентрированные препараты радия и дав их стране уже около 1,5 г в переводе на радий—металл» [I, 46, с. 174]. В таком заводском масштабе из всех редких элементов производился только радий.

27—30 апреля 1925 г. в Москве проходило Первое всесоюзное совещание по редким элементам, на котором с докладами выступили Глебова, Александров, Ферсман. В совещании участвовали многие известные ученые, в том числе Хлопин. В ходе работы была принята резолюция, представляющая большой интерес для истории радиевого дела в СССР. В резолюции, в частности, отмечалось: «Совещание констатирует огромное значение работы, проделанной по созданию радиевой промышленности как в научном, так и в промышленном отношении. Эта работа является первым опытом организации производства на основе полного единения науки, труда и техники в области создания совершенно новой и трудной отрасли промышленности в тяжелых материальных условиях нашего молодого еще Союза...

Технология радиевых руд относится к числу труднейших вопросов прикладной химии, а постановка горно-технического дела — к числу наиболее сложных организационных вопросов, поэтому работа эта может и должна служить опытом и основой для насаждения в Союзе промышленности редких элементов вообще» [I, 45, с. 174].

Поиски новых организационных форм советской экономики сопровождалась характерной для 20-х годов частой реорганизацией многих учреждений, возникновением и ликвидацией многочисленных трестов, комитетов, секций, бюро, коллегий, комиссий и т. д. Коснулись эти организационные изменения и радиевого производства. В августе 1925 г. центральное управление государственной промышленностью ВСНХ приняло решение организовать трест «Редкие элементы», а президиум Госплана СССР счел целесообразным «построить в Москве два завода: один — радиевый, другой —

редких элементов» [I, 46, с. 204]. В связи с этим были прекращены работы на опытном заводе в Бондюгах. Что же касается строительства заводов в Москве, то это оказалось очень трудным и дорогостоящим делом. В том же 1925 г. Глебова, выступая на I-м Совещании по редким элементам, сообщила, что запроектированные два завода решено свести к одному заводу редких элементов и с целью минимальных затрат не строить «новый, а арендовать один из имеющихся в Москве заводов, где и развивать новое производство». Строительство специального радиевого цеха для переработки руды Тюя-Муюнского месторождения закончилось только к 1930 г.

О периоде, предшествующем пуску цеха, рассказывает доктор технических наук, а в то время начинающий физик-радиолог З. В. Ершова, пришедшая работать в радиевый цех по совету В. Г. Хлопина.

С первого взгляда стало ясно, что «условия проведения технологических операций не отражали специфики радиоактивного производства... Физическая лаборатория в цехе отсутствовала» [III, 40, с. 93]. Оказался плохо поставленным дозиметрический контроль за γ -излучением от аппаратуры, контроль за загрязнением одежды, воздуха и т. д. В то же время основную задачу Ершовой в цехе «Хлопин видел в организации контроля производства по выделению радия и других радиоактивных элементов... в разработке радиохимических методов анализа радиоактивных элементов, присутствующих в радиоактивных минералах... в различных фракциях обработки рудного материала...» с целью организации контроля производства на всех стадиях процесса. «Подумайте и посмотрите, — говорил Ершовой Виталий Григорьевич, — есть ли на производстве нужные приборы и все, что потребуется для организации этого анализа» [III, 40, с. 93]. Хотя Ершова и была тогда очень молодым специалистом, она прошла уже достаточно хорошую школу у В. И. Баранова в Московском университете. Недочеты и просчеты, допущенные при проектировании цеха, были очевидны, и главное среди них — отсутствие физической лаборатории. В итоге администрации завода пришлось принять заказ на строительство физической лаборатории.

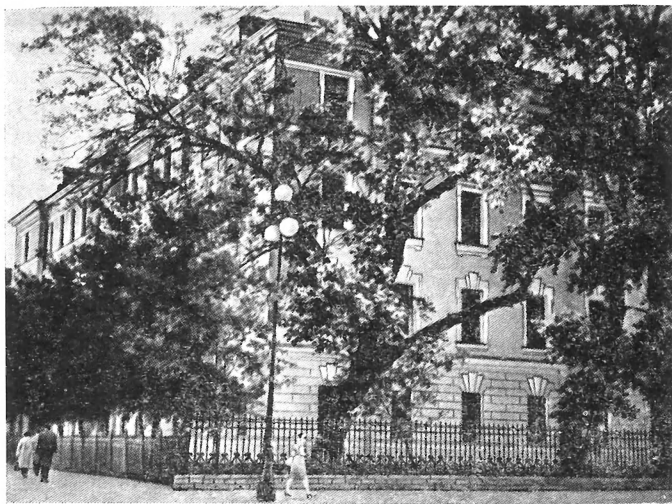
Пробные запуски обогатительного отделения оказались неудачными и показали необходимость измене-

ний в старой технологии производства. Специальное совещание приняло решение внести изменения в производственный процесс соответственно предложенной Хлопиным новой технологической схеме переработки радиоактивной руды. В то время Хлопин часто приезжал на завод и стал здесь официальным научным руководителем производства радия. «Он уделял нам, молодым специалистам, много внимания, прислушивался к нашему мнению, сомнениям и предложениям, — вспоминала З. В. Ершова. — Нам предстояло пустить новое производство и создать в Советском Союзе промышленность по переработке урано-радиевых руд. Пуск урано-радиевого производства входил в перечень производств, вводимых в строй в 1-й пятилетке... Под руководством В. Г. Хлопина первое промышленное производство радия превратилось в радиохимическую школу, где физики и химики, работавшие в цеху или в лабораториях радиевого цеха, продолжали учиться и совершенствовать свою специализацию» [III, 40, с. 96].

В конце 1931 г. состоялось торжественное событие — завод давал первую порцию радия. Ершовой поручили измерить количество радия в первом промышленном препарате по γ -излучению на приборе Кольгестера. Препарат находился в стеклянной ампуле диаметром 3 мм и длиной 50 мм. «Этот препарат, — вспоминала Ершова, — плод гигантской, почти двухлетней работы всего коллектива по переработке сотен тонн радиоактивной руды. Ампула переходила из рук в руки, все ощущали тепло, которое выделяет радий. Предстояло сделать исторический отчет по показаниям радиометра и сообщить результаты.

Количество радия, полученного в первом московском препарате, составляло 200 мг с 90%-ной концентрацией его в виде бромида радия-бария. Это была большая победа молодых специалистов. В. Г. Хлопин был нами очень доволен» [III, 40, с. 98].

Хлопин и в дальнейшем продолжал бывать на этом производстве, где действовала разработанная под его руководством технология извлечения радия из руд. В дни его приезда на завод созывались внеочередные заседания и «все отчитывались перед ним в своих достижениях и ошибках. Шли обсуждения, споры» [III, 40, с. 98]. Радиохимическая школа продолжала действовать. Готовые препараты радия отправляли в Ле-



Старое здание Радиевого института

нинград в Радиевый институт, где проводилась их паспортизация.

К сожалению, уже к 1933 г. Тюя-Муонское месторождение оказалось практически выработанным. Некоторое время шло производство радиевых препаратов из концентратов, полученных на Ухтинском месторождении, но в 1931 г. это производство было переведено в Ухту. Для передачи опыта Хлопин направил в Ухту сотрудника Радиевого института П. И. Толмачева, ранее прикомандированного к московскому заводу Редких элементов. Группа сотрудников Радиевого института работала в Москве; ее также консультировал Хлопин. Московскую группу возглавлял В. И. Баранов; позднее эта группа как лаборатория вошла в Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского. В Москве Хлопин поддерживал постоянную связь и с лабораторией радия Гиредмета. Однако основная деятельность Хлопина в 30-х годах все больше сосредоточивалась на научных исследованиях в Радиевом институте Ленинграда.

Ведущая роль Хлопина в работах по радию и деятельности Государственного радиевого института выдвинула его в ряды видных представителей науки того времени. В 1924 г. Русское физико-химическое обще-

ство присудило ученому малую премию им. Менделеева «За исследования по изысканию способов получения радия из русских руд» [I, 50, с. 489]. По положению о премиях, такие награды присуждались молодым химикам за экспериментальные исследования, выполненные в русской лаборатории и опубликованные на русском языке. «Честь получения первого радия русского происхождения принадлежит В. Г. Хлопину и его сотрудникам, — подчеркивалось в одном из юбилейных изданий, посвященных 200-летию Академии наук... В 1922 г. все исследования по радиоактивности были объединены в самостоятельный Государственный Радиевый институт при Академии наук» [I, 28, с. 15].

Государственный радиевый институт

*Академия наук
в первые годы советской власти*

Первое пятилетие советской власти, наполненное драматическими событиями в жизни всего государства, особенно остро и болезненно воспринималось основной массой интеллигенции. Хотя ученые России в подавляющем большинстве были честными, порядочными людьми, преданными своей науке и Отчизне, они в основной своей массе оставались весьма далекими от политики. Суровые условия жизни в 1917—1920 гг., голод, холод, болезни, а главное, отсутствие уверенности в своей необходимости для государства и возможности привычной работы лишали их точки опоры, нравственной устойчивости. К тому же неумение постоять за себя, обилие мелких конфликтов и обид в первые годы породили в российской научной среде отчужденность, замкнутость, по недоразумению иногда принимаемые за оппозицию. Конечно, были среди ученых совершенно растерявшиеся или просто озлобленные люди, были сознательные оппозиционеры, такие в основном эмигрировали за границу в первые же годы. Но основная масса — голодная, усталая, иногда несправедливо обиженная — осталась в своих нетопленных неосвещенных квартирах и, надеясь, ждала только признания пользы и необходимости для молодого государства науки, которой они отдавали все свои помыслы.

Они не делали первого шага, поскольку Революция ставила перед ними такие вопросы и проблемы, кого-

рые раньше оставались чуждыми. Да и ряд представителей новой власти на первых порах проявляли недоверие к ученым как представителям другой социальной среды. В этом отношении не лишено справедливости горестное замечание академика Карпинского: «То глубоко ложное понимание труда квалифицированного как труда привилегированного... легло тяжелою гранью между массаами и работниками мысли и науки» [I, 1, с. 353]. Все это создавало трудности при установлении контактов ученых с правительственными органами.

Исключительную роль в медленном, но явном повороте ученых в сторону новой власти, новой жизни и, главное, к сотрудничеству с народом сыграло глубокое понимание этого сложного, но необходимого для развития русской науки и культуры процесса В. И. Лениным. «...Специалисты,— писал В. И. Ленин,— неизбежно являются в массе буржуазными, в силу всей обстановки той общественной жизни, которая сделала их специалистами» [I, 51, с. 93]. Это понимание психологии русских ученых и одновременно высокого значения науки для развития нового общества побуждало В. И. Ленина постоянно и неустанно требовать от своих соратников деликатного и тактичного отношения к Академии наук.

После нескольких полуофициальных встреч Отдел по мобилизации научных сил на службу крестьянской и рабочей России, созданный в январе 1918 г. в Наркомпросе, разработал для Академии наук «Положения к проекту мобилизации науки для нужд государственного строительства» (так называемая «Записка Шапиро»). Правда, здесь затрагивалась в основном организационная сторона работы Академии наук для «нужд государственного строительства». Общее собрание Академии наук, обсудив содержание Записки, приняло Постановление, где выразило свою позицию осторожно, но с достоинством. «Российская Академия наук, главная цель которой — содействовать развитию научного творчества,— говорилось в Постановлении,— давно уже занята разработкой научных задач, тесно связанных с благом России: с самого времени ее основания и по ее поручению целый ряд академиков занимались изучением России, ее духовных и материальных сил» [I, 43, с. 44]. Однако это касалось прошлой деятельности Академии, а о будущей — ученые высказывались вполне положительно, хотя не четко, так как не

очень хорошо представляли себе в разлуке 1918 г. характер и возможности своего участия в новой работе. «Академия наук,— говорилось в этом документе,— всегда готова, по требованию жизни и государства, приняться за посильную научную и теоретическую разработку отдельных задач, выдвигаемых нуждами государственного строительства, являясь при этом организующим и привлекающим ученые силы страны центром» [I, 1, с. 45].

Это был первый документ о желании и намерении взаимного сотрудничества. В дальнейшем основные контакты с Наркомпросом Академия наук осуществляла через наркома просвещения А. В. Луначарского, человека чрезвычайно эрудированного в области науки, истории, искусства, владеющего многими европейскими языками и одновременно обладающего даром деликатно и аргументированно убеждать в справедливости, необходимости и реальности новых идеалов, новой жизни. Луначарский хорошо понимал сложность и ответственность своей миссии — заставить ученых поверить, что их знания и опыт очень нужны молодому государству, которое по мере сил будет создавать для них все условия для работы. «Что мы могли потребовать от Академии? — писал впоследствии Луначарский. — Чтобы она внезапно всем скопом превратилась в коммунистическую конференцию, чтобы она вдруг перекрестилась марксистски и, положив руку на „Капитал“, поклялась, что она ортодоксальнейшая большевичка? Я думаю, что вряд ли мы перенесли бы такое событие без известного чувства гадливости. Ведь искренним подобное превращение быть не могло» [I, 1, с. 340]. Луначарский понимал, как не подготовлены в основной массе ученые к правильному восприятию совершающихся событий; это позволяло ему найти путь к умам и душам ученых, помочь им обрести свое место в новой жизни.

Итак, со стороны правительства контакты осуществлял умный и интеллигентный большевик нарком просвещения — А. В. Луначарский. Со стороны Академии наук — ее первый выборный президент — академик А. П. Карпинский.

Позади остались тревожные дни попыток «реорганизовать» Академию наук, когда ученым пришлось искать защиты у В. И. Ленина. Непременный секретарь Академии наук С. Ф. Ольденбург (1863—1934)

говорил впоследствии: «Благодарную память мы храним к ... Владимиру Ильичу Ленину. В самые трудные дни нашей жизни ... его личное вмешательство, его помощь словом и делом создавали возможность работы. Он фанатически любил науку и верил в нее как в могучий жизненный фактор, который поможет людям в трудной и сложной жизни. Как человек дела, он немедленно воплощал свои слова в дела» [I, 52, с. 18].

12 апреля 1918 г. на заседании Совнаркома Луначарский сделал доклад «О предложении Академии наук ученых услуг Советской власти по использованию естественных богатств страны», по которому Совнарком принял постановление, где Академии наук в качестве особенно важной и неотложной задачи предлагалось «разрешение проблем правильного распределения в стране промышленности и наиболее рациональное использование ее хозяйственных сил» [I, 45, с. 40]. Это постановление уже непосредственно касалось радиевого производства: в июле 1918 г. начала работу Коллегия по организации и эксплуатации пробного радиевого завода во главе с Хлопиным. Ее деятельность полностью отвечала идеям, высказанным В. И. Лениным в знаменитой работе «Набросок плана научно-технических работ», где он, в частности, писал: «Академии наук... следует немедленно дать от Высшего Совета Народного Хозяйства поручение образовать ряд комиссий из специалистов для возможно более быстрого составления плана реорганизации промышленности и экономического подъема России. В этот план должно входить: рациональное размещение промышленности в России с точки зрения близости сырья и возможности наименьшей потери труда при переходе от обработки сырья ко всем последовательным стадиям обработки полуфабрикатов вплоть до получения готового продукта» [I, 53, с. 228]. В соответствии с этим планом при ВСНХ был организован Научно-технический отдел, в ведении которого находилось создание новых научно-исследовательских институтов и комиссий.

Создание Радиевого института

В числе первых новых научных учреждений Академии наук были Институт физико-химического анализа и Институт по изучению платины и других благород-

ных металлов, а также Российский институт прикладной химии (РИПХ) с опытным заводом, основанный на базе Военно-химического комитета. К 1918 г. относится и деятельность М. И. Неменова (1880—1950) по созданию Государственного рентгенологического и радиологического института с физико-техническим отделом, который возглавлял А. Ф. Иоффе. В октябре 1918 г. в этом отделе под руководством Коловрат-Червинского было организовано Радиевое отделение для исследования физических свойств радиоактивных веществ. Тогда же (апрель 1918 г.) в Москве проходило совещание физиков, обсуждавших вопрос об объединении работ по радио. В результате 20 ноября 1918 г. было принято «Соглашение о радиевой ассоциации», где говорилось: «Признавая желательным возможно полное объединение деятельности научных сил в области явлений радиоактивности, Российская Академия наук и Государственный рентгенологический и радиологический институт основывают Ассоциацию для целей совместной работы в означенной области» [1, 30, с. 170].

Радиевая ассоциация состояла из трех отделений: физического, химического и геолого-минералогического. Первое отделение входило в состав Рентгенологического и радиологического института, а два других находились в ведении Академии наук и КЕПС. Особым соглашением определялись взаимоотношения между Радиевой ассоциацией и Радиевым заводом Академии наук. Это был первый шаг к созданию Радиевого института. В 1919—1920 гг. вопрос об организации института обсуждался в химическом отделе ВСНХ.

Как известно, в проекте программы РКП (б), принятой на VIII съезде партии в 1918 г., сказано: «Советская власть уже приняла целый ряд мер, направленных к развитию науки и ее сближению с производством: создание целой сети новых научно-прикладных институтов, лабораторий, испытательных станций, опытных производств по проверке новых технических методов, усовершенствований и изобретений, учет и организация всех научных сил и средств и т. д. РКП (б), поддерживая все эти меры, стремится к дальнейшему их развитию и созданию наиболее благоприятных условий научной работы в ее связи с поднятием производительных сил страны» [1, 54,

с. 293—294]. Это способствовало тому, что ученые все активнее включались в новое народнохозяйственное строительство, хотя работать им приходилось действительно в неимоверно трудных условиях: в нетопленных помещениях, без газа, при сокращенной подаче электроэнергии (ток подавался лишь в 9—10 час вечера). Для многих химических операций, связанных с нагреванием и выпариванием растворов, использовались примусы. Работа с радиоактивными веществами требовала особой тщательности и аккуратности, тонкой техники эксперимента, и ее выполняли полуголодные энтузиасты. Спустя несколько лет М. И. Неменов вспоминал: «Это были годы голода и холода, это были годы жестокой гражданской войны... Не было почти никаких средств, не было аппаратов, не было приборов, не было реактивов... нас ненавидели за то, что мы добровольно шли работать с советской властью... сотрудникам института жилось не сладко. Голодные, оборванные, окоченевшие от холода в нетопленных квартирах, не получая в течение ряда месяцев своего нищенского жалования, часто падая в обморок от истощения, они крепко держали знамя нового института» [I, 30, с. 240—241]. Совершенно такое же положение было и в других институтах: физико-химического анализа, платиновых и других благородных металлов и в созданном несколько позднее — радиевом.

Условия жизни ученых продолжали оставаться очень тяжелыми, и 23 декабря 1919 г. декретом Совнаркома была создана Центральная комиссия по улучшению быта ученых (ЦКУБУ). Она определяла распределение продовольственных пайков, одежды, топлива, ведала жилищными вопросами и т. д.

Хлопин был счастлив в своих учителях, друзьях и коллегах — почти все они оказались в числе «голодных энтузиастов»: Вернадский, Ферсман, Чугаев, Курнаков, Лебединский, Черняев и многие и многие другие ни на день не оставляли свою работу. Не остался в стороне от перестройки научной работы в республике и отец Хлопина — профессор Г. В. Хлопин. Когда 31 июля 1918 г. был учрежден Российский пищевой научно-технический институт «в целях обеспечения широкого и планомерного развития научных и технических исследований в области питания, пищевых и вкусовых веществ», он был в числе членов-учредите-

лей и стал председателем Петроградского отделения института» [I, 30, с. 285].

Новый институт разработал рекомендации ПетроКУБУ по продовольственным пайкам красноармейцам и специалистам.

Для многих ученых введенные пайки были «основой существования». Об этом позднее свидетельствовал профессор И. К. Тихомиров, которому приходилось участвовать в заседаниях Совета уполномоченных при ПетроКУБУ: «Помню одно заседание с особо горячими прениями: надо было распределить несколько пар обуви, а на каждую пару было чуть не по десятку кандидатов, одинаково почтенных и одинаково босых» [I, 56, с. 302].

Шла гражданская война. Условия жизни трудящихся Советской страны, в том числе и представителей науки, становились все тяжелее. В ноябре 1920 г. группа академиков во главе с президентом Карпинским обратилась от имени Академии наук в Совнарком с отчаянной запиской, в которой, в частности, говорилось: «Вся сложность мелочных особенностей домашнего обихода ложится на ученого, который должен и думать, и творить, и пилить, и колоть, и носить дрова, ходить за водой, выстаивать в очередях... работать в холоде... ловить часы света и часто с горечью, в разгар самого плодотворного творчества, бросать работу, т. к. потухнет огонь. Никогда умственный труд не оплачивался так низко, как в настоящее время... Бесконечные, отнимающие долгое время формальности приходится испытывать всем ученым учреждениям при приобретении материалов, книг, даже простых письменных принадлежностей...

Российская Академия наук сочла необходимым поднять свой голос, чтобы сказать правительству — русская наука и русские ученые в опасности... Те громадные жертвы, которые уже принесены за эти годы и крупнейшими мирового значения учеными силами и рядовыми работниками, жертвы, не имеющие себе равных в истории науки, громко говорят миру о том, как русские ученые поняли свою обязанность перед народом и страной... Если положение не изменится, то ясно, что погибать будут только ученые, но не наука, которая бессмертна» [I, 45, с. 84—85]. 27 января 1921 г. в Кремле эту записку Ленину лично вручили академики В. А. Стеклов (1863—1926) и

С. Ф. Ольденбург, начальник Военно-медицинской академии В. Н. Тонков (1872—1954) и председатель ПетроКУБУ А. М. Горький. В ответ В. И. Ленин, по воспоминанию Ольденбурга, сказал: «Пусть ученые поймут, что мы хотели бы сделать для них гораздо больше того, что можем пока сделать. Но когда голодают все, мы не можем, даже для ценных и нужных нам людей, сделать сколько-нибудь значительно более, чем для других» [I, 45, с. 93].

И ученые России поняли, и хотя не всем легко давались такие непривычные испытания, они сумели оценить начавшееся в стране переустройство экономики, науки, всей жизни народа. Это позволило Н. П. Горбунову написать В. И. Ленину о том, что «результаты уже налицо. Старые профессора и ученые приходят к нам и загораются творческой энергией... Сдвинулась наука... они сами начинают увлекаться, а воодушевившись, начинают зажигать своих скептиков-коллег. Я знаю наших ученых. Ничего подобного я никогда еще не видел» [I, 55, с. 46].

Быть непосредственным участником великих событий выпало и на долю В. Г. Хлопина. Ученому не было еще тридцати лет, когда ему пришлось не только принимать участие в обсуждении, но и решать очень ответственные вопросы, связанные с организационным оформлением исследований по радиоактивности. Можно без преувеличения сказать, что в то время решалось будущее радиохимии в нашей стране, и Хлопин уже тогда оказался способным принимать на себя ответственность по многим проблемам. Выше отмечалось, какую роль сыграл Хлопин в создании радиевого производства в стране, но не меньшие заслуги принадлежат ему и в развитии научных исследований по радиоактивности в Академии наук. В 1921 г. в одном из писем Вернадскому Хлопин отмечал важность организационной работы тех лет, в частности «в деле закрепления всего радиевого дела за Академией наук, за что я тоже по мере сил боролся в течение трех лет в Ваше отсутствие» [I, 38, с. 19].

Образование в 1918 г. Радиевой ассоциации только подготовило почву для создания общего центра работающих в области радиоактивности, практически их деятельность все еще была разобщенна. 24 марта 1920 г. на заседании Технического совета отдела химической промышленности ВСНХ обсуждался вопрос

о создании Радиевого института, однако оставалось неясным — кому этот институт будет подчинен. В решении Технического совета отмечалось: «Признать необходимым организацию научного Института для работ по радио с функциями, охватывающими изучение месторождений, добычи и переработки радиевых руд как лабораторным, так и техническим путем, а равно и изучение их физических и химических свойств. В состав Совета входят представители Горного совета, Академии наук и Отдела химической промышленности. Принципиально признать желательным учреждение Института при Академии наук, если же встретятся затруднения в утверждении сметы, учредить его при Отделе химической промышленности ВСНХ. Просить В. Г. Хлопина... сделать доклад о Радиевом институте в Техническом совете» [I, 46, с. 123].

Хлопин выступил с докладом 31 марта 1920 г. Он, в частности, сказал: «Поскольку решение об учреждении Радиевого института можно считать окончательным, следует уведомить об этом все заинтересованные учреждения; новый институт будет работать на базе помещений, представленных Государственным рентгенологическим и радиологическим институтом для Радиевой ассоциации, а функции его временного совета будет исполнять Совет Радиевой ассоциации». В числе первоочередных задач института Хлопин назвал химико-технологическое изучение радия и сопутствующих элементов, радиоактивной руды, установление контакта с радиевым рудником.

Но все эти материалы относятся к предыстории создания института. Организован он был пока номинально: не было помещений, средств, оборудования. И в марте 1921 г. Коллегия химического отдела ВСНХ приняла более скромное, но реальное решение, призывающее «для успешного развития радиевой промышленности в России» наладить более тесный контакт с Академией наук и с этой целью «войти в Народный комиссариат по просвещению об организации при Академии наук в Петрограде специальной лаборатории как для разрешения всех вопросов научно-технического характера в деле извлечения радиоактивных элементов и соответствующих им редких металлов из русского сырья, так и окончательной фракционировки продуктов выработки... Для замещения должности заведующего Радиевой лабораторией при РАН (Рос-

сийской Академии наук.— *Н. У.*) выдвинуть кандидатуру В. Г. Хлопина» [I, 45, с. 146]. В апреле 1921 г. Государственный ученый совет Наркомпроса (ГУС) утвердил представленный проект.

Эта лаборатория была практически единственной базой для отработки отдельных стадий технологического процесса переработки радиоактивной руды на радий и проведения завершающей стадии — получения радия из высокоактивных препаратов. На радиевую лабораторию возлагались большие надежды.

Значение личного участия Хлопина в решении указанных организационных мероприятий было очень велико. Достаточно сказать, что, как только он выехал на завод, над созданной Радиевой лабораторией нависла угроза, и отстаивать ее интересы пришлось президенту Академии наук — А. П. Карпинскому. 14 июня 1921 г. он отправил следующую телеграмму: «Москва. Совет Народных Комиссаров. Ленину. Северный СНХ трехдневный срок потребовал от Академии освободить помещение Радиевой лаборатории, учреждения с мировым именем, грозя выселением через милицию...

Российская Академия наук считает недопустимым такие тормозящие научную работу вмешательства местных властей и просит срочно оградить научную работу академических учреждений соответствующим предписанием» [I, 45, с. 146]. В. И. Ленин хорошо знал состояние дел с производством радия — он уже помогал спасать радиоактивное сырье, налаживать дела на Березниковском заводе Богоявленскому, поэтому радиевая лаборатория была оставлена в своем помещении.

В конце 1921 г. произошли два события, в значительной степени способствовавшие созданию Радиевого института: получение первых отечественных препаратов радия на радиевом заводе и принятие решения о реорганизации рентгенологического и радиологического института. Немаловажную роль сыграло и возвращение Вернадского в Петроград осенью 1921 г. На базе Рентгенологического и радиологического института предполагалось создать три новых института: Рентгенологический и радиологический, Физико-технический рентгенологический, Радиевый. Выделение Радиевого института в самостоятельный научный центр потребовало одновременного решения целого ряда принципиально важных организационных вопросов.

Работа Комиссии по реорганизации Рентгенологического и радиологического института, видимо, наталкивалась на какие-то трудности, и Вернадский написал Хлопину письмо, которое последнего «сильно встревожило». Очевидно, речь шла о принципиальном для ученых вопросе — взаимосвязи Радиевого института и Радиевого завода с Академией наук. От решения этого вопроса зависели характер и направление деятельности нового института, его кадры, кредиты и многое другое. Вернадский дал согласие занять пост директора Радиевого института только при условии его связи с Академией наук, но ему требовалась помощь Хлопина в разработке статуса нового института и участие в обсуждении ряда безотлагательных мероприятий — ведь Хлопин хорошо знал ситуацию, а Вернадский три года отсутствовал.

Однако Хлопин не мог сразу выехать в Петроград, так как дела на радиевом заводе находились на решающем этапе — завершалась последняя стадия процесса получения первых высокоактивных препаратов радия. Хлопин справедливо считал, что именно этот реальный результат поможет решить любые вопросы наиболее целесообразно для дальнейшей работы института и завода. В последнем письме перед отъездом из Тихих гор Хлопин писал: «Развитие... Радиевого института без всякой связи с радиевым заводом я себе не представляю...» [I, 38, с. 19]. Разработанное ранее положение о Радиевой лаборатории Хлопин считал временным соглашением, на которое «пришлось пойти с целью удержать за Академией две наиболее важные, как мне представлялось в деле завода, вещи: верховное научное руководство и обладание конечным продуктом... Известие, что Вы согласились встать во главе Института, меня очень обрадовало» [I, 38, с. 21]. Наконец, блестяще завершив работы на пробном радиевом заводе, Хлопин вернулся в Петроград, имея на руках самые неотразимые аргументы в пользу Радиевого института — первые отечественные препараты радия. 23 января 1922 г. Государственный ученый совет (ГУС) утвердил Положение о Государственном радиевом институте (ГРИ). Это число и считается официальной датой рождения Радиевого института.

В новый институт вошли Радиогеохимическая лаборатория Геологического и минералогического му-

зая Академии наук, Коллегия по организации и эксплуатации пробного радиевого завода и Радиевое отделение Рентгенологического и радиологического института. Директором института был назначен академик Вернадский; он же возглавил геохимическое отделение института. Помощником директора и заведующим химическим отделением утвердили В. Г. Хлопина, а заведующим физическим отделением и ученым секретарем института — Л. В. Мысовского. Многолетние усилия русских ученых по созданию самостоятельного научного центра, координирующего и направляющего работы по радиоактивности, наконец, увенчались успехом. 25 января 1922 г. на заседании Отделения физико-математических наук Вернадский доложил о работе по организации ГРИ. Его доклад получил одобрение собравшихся. На первом заседании Совета ГРИ Академии наук, состоявшемся 3 февраля 1922 г., с яркой вступительной речью выступил Вернадский. Наметив грандиозные перспективы, которые открывает перед человечеством атомная энергия, он предупредил и о возможной разрушительной силе этой энергии, считая, что это обстоятельство возлагает на ученых огромную нравственную и социальную ответственность.

Основной доклад на заседании Совета сделал Хлопин. Он информировал собравшихся о положении дела за последние годы. «В течение лета и осени 1920 г., — сообщал ученый, — удалось произвести первые пробные варки, показавшие полную пригодность метода, разработанного в Петроградских лабораториях. После этого было приступлено под непосредственным руководством заведующего заводом И. Я. Башилова к постройке пробного завода и организации временной заводской установки. Летом и осенью 1921 г. наряду с продолжавшейся постройкой завода были предприняты В. Г. Хлопиным работы по получению первых радиевых препаратов из русского сырья... Работы увенчались успехом в декабре 1921 г., причем докладчиком были получены первые технические образцы бромистого радия... Всего обработке подверглось: 1500 кг радиоактивных остатков, причем добыто 44 миллиграмма металлического радия, из которых... 10 миллиграммов доставлены докладчиком в Академию наук...» [1, 46, с. 131].

Как уже говорилось, Вернадский и Хлопин особое

значение придавали взаимоотношениям Радиевого института с пробным заводом и рудником. В связи с этим Вернадский обратился в Совнарком с докладной запиской, в которой высказался за создание на базе ГРИ, рудника и завода единого научно-производственного комплекса. Предложение Вернадского было поддержано в Совнаркоме, и 25 апреля 1922 г. Наркомпрос и Президиум ВСНХ приняли «Положение о Радиевом институте и радиевом заводе». В нем были следующие пункты:

«1. Радиоактивное сырье и его месторождения в России являются общегосударственным достоянием, находятся в ведении и учете Государственного радиевого института при Российской Академии наук. Разработка их может происходить только с его разрешения и при его контроле с научной точки зрения.

2. Весь радий, получаемый из русского сырья, является государственным достоянием, поступает на учет и в ведение Российской Академии наук и хранится в Государственном радиевом институте. Распределение и использование его производится Российской Академией наук.

3. Радиевый завод, входящий в группу Бондюжских заводов, в административно-хозяйственном отношении подчиняется Правлению Бондюжского завода. В научно-техническом и производственном отношении всецело подчиняется Радиевому институту. Вся совокупность работ по получению радия, как-то: рудники, радиевый завод в Бондюжах, Лаборатория радиевого завода в Петрограде — объединяются Радиевым институтом.

4. Кредиты Радиевого института на покрытие расходов по добыче радиевой руды и ее переработке до чистых солей радия включительно проходят через Наркомпрос и в части получения полуфабриката на Бондюжском заводе переводятся Наркомпросом Высшему Совету Народного Хозяйства» [I, 38, с. 67].

Теперь уже Радиевый институт существовал не на бумаге, он работал в содружестве с радиевым заводом и рудником, получал ассигнования и имел «верховную власть» над всем радием, добытым из русского сырья. Здесь нельзя не отметить еще раз правоту Хлопина, бросившего все силы на получение первых высокоактивных препаратов радия, которые сильнее всего убеждали в реальных возможностях и первых ус-

пехах перспективной науки. Спустя четыре года, подводя первые итоги деятельности института, Хлопин писал: «...что коренным образом изменило обстановку и сделало создание специального Радиевого института своевременным и возможным?... К осени 1921 г. была разработана в общих чертах технология переработки русской радиоактивной ферганской руды и получены уже высокоактивные препараты радия на опытной заводской установке, чем было положено прочное основание развитию радиевой промышленности. Таким образом был подведен прочный фундамент под дело научных исследований в области радиоактивности и создавалась школа молодых химиков, специализировавшихся по химии и технологии радиоактивных веществ» [I, 57, л. 3]. Этот же довод относительно важного значения разработки технологии получения радия из отечественного сырья как фундамента для развития научных исследований в области радиоактивности и радиохимии Хлопин привел и в очерке, посвященном 25-летию Радиевого института [II, 138].

Сам Радиевый институт, как много раз отмечали его руководители, был создан «по комплексному принципу и работы его относятся к четырем различным научным дисциплинам: химии, геохимии, физике и геологии» [II, 125]. Это был единственный научно-исследовательский центр, где не только изучались и решались различные научные вопросы химии радиоактивных элементов, но и разрабатывались способы промышленного получения радиоактивных и сопутствующих им элементов. Сотрудники института проводили обследования месторождений радиоактивных руд, поиски новых источников радиевого сырья. Это последнее направление привело к развитию в институте геохимических исследований, связанных с экспедициями в различные районы нашей страны. «Геохимический отдел ГРИ,— писал академик Вернадский,— является такой частью института, которая отсутствует в других радиевых институтах (Лондон, Париж, Берлин, Вена). Это связано с тем, что наш институт самый молодой и мог учесть опыт других...» [I, 46, с. 137]. При этом все отделы института направляли свои исследования на решение сформулированной Вернадским основной задачи — «овладение атомной энергией — самым могучим источником силы, к кото-

рому подошло человечество в своей истории» [I, 58, с. 10]. И Радиевому институту удалось внести выдающийся вклад в решение этой важнейшей проблемы.

Первые четыре года (1922—1926) в жизни института были трудными. Хлопину приходилось решать самостоятельно многие организационные и научные вопросы: Вернадский в 1923—1926 гг. находился в Париже и его советы и консультации могли быть лишь письменными и не регулярными. Вернадский уже в тот период высоко ценил организаторскую и прежде всего научную деятельность Хлопина, чувствовал его большой научный потенциал. Когда встал вопрос о замещении должности директора Радиевого института на время отсутствия Вернадского, последний, не раздумывая, предложил кандидатуру Хлопина. Однако Хлопин не принял этого предложения, считая, что во главе академического института должен стоять академик. Обязанности директора института были временно возложены на академика Ферсмана. Но и вновь назначенный директор много времени отсутствовал: увлеченно занимаясь освоением богатств Кольского п-ова, он постоянно участвовал в экспедициях. Таким образом, при формальном руководстве двух академиков институт не мог существовать без Хлопина: на нем лежала вся каждодневная работа.

Уже в эти первые годы ему помогала М. А. Пасвик — практикантка химического отдела института.

К этому времени Хлопин вошел в большую семью Пасвик. Виталий Григорьевич с Марией Александровной занимали в квартире из семи комнат две небольшие комнаты, одна из которых служила кабинетом. В кабинете стояли два письменных стола, на них — лампы с зелеными абажурами. Вдоль стен располагались полки с книгами и широкая тахта со множеством подушек, вышитых Марией Александровной. На окнах — тяжелые темные портьеры. На письменном столе слева — телефон; справа в углу — большая статуя Венеры. На столе «в порядке стопками лежали нужные тетради, книги, рукописи. Каждая вещь всегда знала свое место. Виталий Григорьевич, — вспоминала В. Л. Мончак, — был очень трудолюбив, но никогда не спешил в работе. Делал все тщательно и аккуратно. К себе он был очень суров и требователен, умел организовать свой труд, работал очень много. Предпочитал

работать ночью... Вся семья его очень уважала и ценила» [III, 40, с. 188—189].

Весь апрель и май 1922 г. Хлопин (как почти каждой весной) сильно болел. Вернадский собирался в Париж, и Хлопин, беспокоясь за положение дел в институте, обратился к директору с письмом следующего содержания: «Я прошу Совет Радиевого института баллотировать практикантку Химического отдела М. А. Пасвик в научные сотрудники II разряда по тому же отделу и этим предоставить ей формальное право заместить меня в этом деле. Фактически она уже с самого начала моей болезни руководит и следит за ходом работ по оборудованию лаборатории и является в этом отношении наиболее подходящим человеком: она хорошо знает всех служащих Радиевого института и является человеком опытным в хозяйственных вопросах, занимая более 2-х лет пост Ученого секретаря Радиевой коллегии и принимая участие в работах по оборудованию лаборатории радиевого завода» [I, 38, с. 24].

Дело в том, что в составе химического отделения институт имел специальную научную лабораторию, предназначенную в основном для химических исследований, и мастерские: механическую, столярную, слесарную и стеклодувную. Все эти мастерские и химическую лабораторию предстояло еще оснастить оборудованием: инструментами, приборами, посудой; меньшую трудность вызывало и получение химических реактивов. Но не опыт хозяйственной работы М. А. Пасвик был главным аргументом для перевода ее в научные сотрудники. Хлопина угнетала невозможность из-за болезни лично руководить оборудованием химической лаборатории института. Конечно, в письме отмечались и научные заслуги М. А. Пасвик. «Что касается оснований для выборов научного характера, — писал ученый, — то они вполне достаточны... Если я сразу не представлял ее в научные сотрудники, то я руководствовался главным образом тем, что она по специальности своей химик-бактериолог, ближайшая помощница проф. Омелянского и непосредственно по чистой химии и радиоактивности работает недавно, но, тем не менее, и в этой области у нее имеется некоторый стаж: она была моей ближайшей помощницей на радиевом заводе при получении первых препаратов радия и вела совершенно самостоя-

тельно малую кристаллизацию хлоридов. Имеет печатные труды» [I, 38, с. 26].

Добавим, что и известная доля щепетильности затрудняла Хлопина в этом представлении своей жены, хотя ее вклад в дело радиевого производства не вызывал сомнений и безусловно соответствовал требованиям, предъявляемым к научным сотрудникам.

Среди первых сотрудников ГРИ был талантливый молодой ученый Вл. И. Спицын (1893—1923), проработавший, правда, в институте всего один год. Вл. И. Спицын жил и работал в Москве, поэтому в ГРИ занимал должность старшего радиолога по совместительству. Вместе с В. Г. Хлопиным и В. И. Барановым он входил в состав Комиссии по приемке оборудования и приборов, закупленных за границей для радиевого завода. Вл. И. Спицын, уделяя много внимания изучению редких элементов, также вел исследования в области радиоактивности. В тесном контакте с Хлопиным он не только осуществлял координацию работ московских и петербургских радиохимиков и радиологов, но и выполнял исследования по количественному определению урана и тория в тую-мунюнской руде. Хлопин высоко ценил талант своего рано умершего коллеги и впоследствии написал о нем статью для биографического справочника [I, 59]. В молодом институте и сотрудники были молоды; только А. Е. Ферсману в то время исполнилось 39 лет, но по энтузиазму и увлеченности он не уступал остальным. Бедность, неоснащенность института, трудные условия работы не сулили никаких благ сотрудникам, поэтому здесь собрались истинные служители науки, готовые все силы положить на развитие новой отрасли знания.

Особенно памятным для русских ученых был III Менделеевский съезд — первый в Советской России после большого перерыва (II съезд проходил в 1911 г.).

Этот съезд стал событием не только для русских химиков, но и для ученых всех специальностей, для всей научной общественности России.

Съезд проходил в Петрограде с 25 мая по 1 июня 1922 г. «Несмотря на тяжелые материальные условия, — отмечалось в Протоколе общего собрания, — собралось более 400 человек из разных концов Европейской России, Сибири и Кавказа» [I, 60, с. 182]. На

двадцати семи заседаниях было сделано сто пятьдесят сообщений.

Материальное обеспечение съезда вызвало много трудностей. Государство делало все, что могло. Из казенных сумм был отпущен один миллиард рублей — по тем временам гроши. Но оказали поддержку многие петроградские учреждения, помогали, чем могли: бумагой, бензином, резиной, продовольственными пайками, а промбюро ПСНХ даже выделило один автомобиль. Как видно из отчета Распорядительного комитета съезда, трудностей оставалось еще очень много, и не только бытовых, но уже появилась уверенность, что эти трудности временны и преодолимы. Ученые почувствовали, что они нужны стране, что можно рассчитывать на государственную помощь и поддержку, если работать честно и с интересом. И хотя заседания проводились в неотапливаемых холодных помещениях, а проблему питания делегатов удавалось решить с трудом, их энтузиазм был огромный. Доклады проходили при переполненных аудиториях, их обсуждения затягивались далеко за полночь. Ученые с жадностью «удовлетворяли голод научного общения», налаживали прерванные контакты, делились скромными успехами и уже строили реальные планы на будущее. «Можно сказать с полной уверенностью, — подчеркнул на съезде академик Курнаков, — что русская химия продолжает существовать, самостоятельно развиваться и создавать новые области» [I, 60, с. 180]. На общем заключительном собрании участники съезда приняли обращение ко всем химическим обществам, где, в частности, говорилось: «Съезд укрепил дух, поднял энергию русских химиков. Наше положение трудное, но мы живем, помним заветы наших великих учителей, помним наш долг перед наукой и работаем, сколько позволяют наши силы» [I, 60, с. 182].

В числе делегатов съезда был и Хлопин. Он активно участвовал в работе секций общей химии, где были заслушаны доклады и по вопросам радиохимии и радиоактивности. Хлопин выступил с докладом «О получении радия из ферганской руды». Доклад произвел большое впечатление на аудиторию и его основные положения были опубликованы в Трудах съезда [I, 60, с. 67—68].

В начале доклада Хлопин кратко изложил слож-

ную историю неудачных попыток переработки ферганской руды на радий в дореволюционной России, когда «по единодушному приговору руда была признана неподдающейся переработке на радий по общепринятым методам». При этом он остановился на особенностях технологии производства радия и тех трудностей, с которыми обычно встречались исследователи при переработке ферганской руды и радиоактивных остатков.

Далее Хлопин рассказал о впервые примененной на Бондюжском заводе видоизмененной схеме переработки руды, что позволило получить на временной установке первые русские высокоактивные радиевые препараты, и сообщил о начале строительства постоянной заводской установки производительностью 1,5 г металлического радия в год. Большой интерес вызвала демонстрация первого русского радиевого препарата, причем «для желающих было показано свечение этой трубки с радием в темноте и фосфоресценция под ее действием бриллианта и экрана из платиносинеродистого бария» [I, 60, с. 68].

На этой же секции Л. Н. Богоявленский сделал доклад «Радиометрическая съемка и ее теоретическое обоснование», Н. Д. Зелинский — «О разложении углеродородов энергией лучей радия».

Съезд принял постановление, восьмой пункт которого гласил: «Заслушав сообщение В. Г. Хлопина о получении первых заводских препаратов радия в России, секция общей химии III Менделеевского съезда постановила обратить внимание власти на чрезвычайную важность устройства и правильного функционирования государственного завода радия, равно как и Радиевого института при Академии наук...» [I, 60, с. 191].

В. Г. Хлопин принимал участие и в работе IV Менделеевского съезда, проходившего в 1925 г. в Москве. Здесь он выступил с обобщающим докладом «Достижения в области радиоактивных веществ в СССР». Они были столь впечатляющими, что «съезд обратился к Правительству с просьбой передать полтора грамма радия в собственность Радиевого института для обеспечения его деятельности как центра радиоактивных исследований в СССР» [I, 48, с. 55].

А ведь прошло всего три года с момента основания Радиевого института.



В. Г. Хлопин в лаборатории Радиевого института

Первое время Радиевый институт, будучи обязан в значительной степени своим возникновением нарождавшейся русской радиевой промышленности, основное внимание уделял разрешению различных вопросов, выдвигаемых этой промышленностью. «Можно без преувеличения сказать,—отмечал Хлопин в 1926 г.,— что если возможность возникновения радиевой промышленности вызвала к жизни Государственный радиевый институт, то самим своим возникновением и существованием эта промышленность... почти целиком обязана Радиевому институту и его работникам» [I, 57, л. 4].

На первых порах материальная оснащенность института была слабой и выбор тематики научных исследований почти целиком определялся интересами пробного радиевого завода. Но даже в это первое десятилетие, когда Радиевый институт, по словам Хлопина, не был «богат ни законченными специалистами в области радиологии, ни материальными возможностями» [I, 57, л. 7], научная работа шла здесь доста-

точно интенсивно и давала заслуживающие внимания результаты.

Спустя всего год после основания Радиевого института Хлопин писал в Наркомпрос: «Государственный радиевый институт за сравнительно короткое время... поспел положить прочные основания развитию радиевой промышленности в России... в настоящее время имеются налицо все достижения для широкого и успешного развития научно-исследовательской работы в области радиоактивности, еще так недавно нам совершенно недоступной, и советская власть не может не гордиться, что на ее долю выпало приобщить русскую науку к этой столь обещающей отрасли знания» [1, 30, с. 173].

В химическом отделе, состоящем сначала практически из одной лаборатории, во всех деталях отрабатывалась технология переработки ферганской руды, что позволило, как отмечал Хлопин, довести «скорость процесса получения радия из руды до небывалой быстроты» [1, 57, л. 5]. Кроме того, в химической лаборатории проводилась конечная очистка радиево-бариевых смесей с получением высокоактивных препаратов радия, зачислявшихся в валютный фонд СССР и хранившихся в ГРИ.

Именно в 20-е годы в химическом отделе начались работы по изучению распределения радия и других радиоэлементов между жидкой и твердой фазами, выросшие из решения конкретных вопросов разделения бария и радия методом дробной кристаллизации в фундаментальные исследования с установлением закона распределения микро- и макрокомпонента в гетерогенной системе жидкость—твердая фаза. Этот закон получил название закона Хлопина.

В эти же годы в институте исследовались возможности применения радиоактивных элементов в качестве индикаторов при выяснении различных вопросов общей и физической химии, а также при изучении химических процессов, происходящих в земной коре.

Геохимический отдел института занимался изучением Тюя-Муюнского месторождения — его минералогией, геологией и геохимией. Составив определенное представление о его генезисе, можно было научно прогнозировать дальнейшие поисковые работы в этом районе. В разработке различных методов такого рода исследований участвовали и другие отделы институ-

та. Кроме того, специалисты геохимического отдела вели поисковые работы и в других районах страны — в Сибири и у берегов Северного моря, где было открыто ценное месторождение урановой смоляной руды.

Физический отдел, действуя в тесном контакте с химическим, сосредоточил усилия на разработке методов контроля производства и определения радия в конечном продукте. В круг деятельности его сотрудников входило не только приготовление приборов, их калибровка по стандартным образцам, но и изучение природы радиоактивного излучения. В 1925—1927 гг. Л. В. Мысовский разработал метод регистрации α -частиц с помощью тонкослойных фотопластинок, который оказался весьма перспективным. В дальнейшем в развитие этих работ были созданы методики получения и использования специальных фотоэмульсий, что позволило изучать ядерно-физические процессы, а при длительных экспозициях — ядерные превращения, происходящие под действием космического излучения. В наши дни эмульсионные камеры функционируют на космических кораблях и спутниках [1, 61]. Все установленные к тому времени сведения о космическом излучении Мысовский обобщил в монографии «Космические лучи», вышедшей из печати в 1928 г.

На физический отдел была возложена и организация снабжения медицинских учреждений препаратами радия. К этому времени ГРИ располагал вполне убедительными сведениями о преимуществах радиотерапии с использованием вместо солей радия эманации (так первоначально называли радон), которая давала десятикратный эффект по сравнению с препаратами радия. Пропагандируя полученные в этой области данные, институт добился того, что преимущества эманации радия в радиотерапии были вскоре признаны многими медицинскими учреждениями.

Одновременно с изучением свойств радона разрабатывались и совершенствовались способы его получения. В 1925 г. Мысовский создал первую в стране установку для получения эманации радия, а к началу 1926 г. ГРИ уже снабжал этими препаратами двадцать три медицинских учреждения Ленинграда, Москвы, Одессы, Севастополя. «Лечение эманацией радия приобрело в Союзе право гражданства...», — писал Хлопин. — Таким образом, можно считать, что с поставленной себе задачей Институт справился блестяще и вско-

ре сможет передать снабжение эманацией радия для лечебных целей в руки специальных медицинских эманиционных центров, освободив научный персонал и хранящийся у него радий для своих основных задач чисто научно-исследовательского характера» [I, 57, л. 7].

Заметим, что все эти годы ГРИ не получал средств на оборудование, приборы, строительство столь необходимых ему новых помещений. В 1927 г. Вернадский, остро переживая сложившееся положение, писал начальнику Главнауки Ф. Н. Петрову (1876—1973): «Мы сейчас являемся уже наихуже оборудованным — по обстановке, не по людям — самым отсталым радиевым институтом в мире — мы обладаем громким именем и не отвечающими этому имени реальными возможностями. Высокие качества персонала тратятся во многом даром, ибо он поставлен в условия, в которых производится наименьшее, а не наибольшее использование его знаний, его талантов, его творящей ценности, работоспособности... Происходит, с моей точки зрения, безумная трата самого дорогого достояния народа — его талантов» [I, 58, с. 16, 17].

В 20-е годы в тематику работ ГРИ вошли и исследования по гелию, начатые еще в 1914 г. в газовом отделе КЕПС. В 1921 г. Вернадский поставил в Академии наук вопрос о необходимости систематически изучать месторождения гелия на территории нашей страны, а в 1922 г. в производственную программу ГРИ было включено исследование природных газов с точки зрения радиоактивности и присутствия среди них газов нулевой группы.

В 1924 г. при ВСНХ был создан гелиевый Комитет, в научно-технический совет которого входил и Хлопин. В дальнейшем он руководил газовым отделом Геохимического института АН СССР и гелиевой лабораторией треста Союзгаз. Одновременно велась работа по гелию и в ГРИ.

Гелий вызывал большой интерес широкого круга специалистов, с одной стороны, как ценный и безопасный благородный газ для использования в авиации, с другой — как продукт радиоактивного α -распада. Именно этот последний аспект и привлекал внимание ученых ГРИ. Результаты по геохимии гелия, начатые в 1922 г., внесли в дальнейшем существенный вклад в проблематику определения геологического возраста

минералов и горных пород по продуктам радиоактивного распада. Исследования по геохимии гелия входили, по словам Хлопина, в большой цикл работ по изучению «распространения благородных газов в русских природных газах, являясь для России задачей совершенно новой... Из всей плеяды благородных газов при этом в первую очередь наше внимание обратил на себя гелий как по причине его практического значения, так и вследствие относительно большей легкости его количественного определения» [II, 149, т. 2, с. 100].

В свое время Хлопину как заведующему газовым отделом КЕПС по просьбе Высшей воздухоплавательной школы также пришлось заняться изучением природных газов с точки зрения содержания в них гелия. Вопрос о качественном и количественном определении гелия ставился тогда в СССР впервые [II, 149, т. 2, с. 115].

Для анализа природных газов на содержание гелия была необходима хорошо отработанная методика его определения. Известные к тому времени методы предполагали использование приборов со сложной громоздкой конструкцией. Монтаж таких установок «и связанная с этим дороговизна и трудность их реализации (в начале 20-х годов — *Н. У.*) сразу же выдвинули перед нами вопрос о необходимости заменить их каким-нибудь сравнительно портативным и простым прибором для количественного определения гелия» [II, 149, т. 2, с. 101]. К тому же применявшаяся ранее аппаратура требовала сравнительно больших (несколько литров) объемов газа для анализа. Путь, выбранный Хлопиным при создании нового прибора, был единственно верным и перспективным. «Мы решили перейти, — писал ученый, — от обычного газового анализа к микрогазовому анализу» [II, 149, т. 2, с. 111]. Прибор Хлопина—Лукашука, созданный в 1924 г., позволял определять гелий в природных газах с содержанием его в пределах 10—0,001% (прежние приборы позволяли работать с газами, где содержание гелия составляло 0,1—0,01% по объему). Кроме того, новый прибор требовал для анализа всего 100 мл газа, был прост в аппаратурном оформлении и в отличие от прежних приборов монтировался не жестко, а на переносном деревянном штативе. Прибор Хлопина—Лукашука сразу завоевал признание; он практически создавался из подручных средств и «был сконструирован в мастер-

ских института» [II, 149, т. 2, с. 103]. Большим достоинством нового прибора явилась возможность включать определения гелия в общий ход технического газового анализа [II, 138]. В дальнейшем прибор Хлопина—Лукашука был видоизменен, его новый вариант получил название прибора Хлопина—Герлинга [II, 149, т. 2, с. 135—144].

В последующие годы в изучение природных газов включились многие сотрудники института (Э. К. Герлинг, Г. М. Ермолин, А. И. Лукашук, Б. А. Никитин, И. Е. Старик, П. И. Толмачев и др.). Полученные ими результаты по определению гелия и аргона в огромном числе образцов природных газов позволили составить карты распределения этих газов на территории СССР. Кроме того, серьезные исследования проводились и в области изучения содержания гелия в различных минералах с целью выявления механизма и условий выделения гелия, а также факторов, воздействующих на этот процесс. На основании результатов этих исследований Хлопин сделал важные выводы о непрерывном газовом обмене между подземной и земной атмосферами, о принципах и правилах использования данных по содержанию гелия и других радиоактивных продуктов распада для определения возраста минералов и горных пород.

К середине 20-х годов Хлопин стал крупным авторитетом в области химии и геохимии гелия. Он входил в Гелиевый комитет ВСНХ, а впоследствии был членом Научно-технического совета по гелию при Госплане СССР и принимал активное участие в организации пробного гелиевого завода, консультируя разработку технологии нового производства. Хлопин был и в составе Комиссии по приемке гелиевого завода. И все-таки при таком обилии самых разных обязанностей ученый нередко в летние месяцы выезжал в экспедиции для изучения месторождений природных газов. В эти же годы Хлопин с сотрудниками разрабатывал геохимию благородных газов и радиоактивных элементов, на базе которой впоследствии создается учение о миграции элементов в земной коре, о тепловом режиме Земли, метод определения геологического возраста пород на основе радиологических измерений. В дальнейшем все эти исследования выросли в крупные самостоятельные научные направления. Одновременно

создавались необходимая оригинальная аппаратура, приборы, новые приемы анализа.

Целый ряд работ ГРИ касался и обследования новых сфер применения радиоактивных излучений. И здесь уже в первые годы жизни института наметились интересные направления. Помимо упомянутого уже использования в медицине радона (эманация радия) наряду с радием начали с большим эффектом применять γ -лучи радия или радона вместо рентгеновских лучей для определения пустот в металлических отливках, а сложное β - и γ -излучение радона — в качестве возбудителя вторичного характеристического рентгеновского излучения для экспресс-анализа твердых веществ.

Эталоны радия

Очень важную работу вели сотрудники всех отделов института и прежде всего химического и физического по изготовлению эталонов радия. Несмотря на весьма тяжелое материальное положение института, Хлопину уже к середине 20-х годов удалось, по его словам, «привлечь к работам в чрезвычайно интересной, но и весьма трудной области радиоактивных явлений целый кадр молодых специалистов, поставить и отчасти разрешить ряд вопросов о радиоактивности и впервые создать в России, более чем четверть века спустя после ее открытия, радиоактивность как особую научную дисциплину» [1, 57, л. 10].

Но и в 30-е годы условия работы в институте оставались трудными. По воспоминаниям доктора геолого-минералогических наук Н. В. Тагеевой, в то время он «занимал два небольших здания... В четырехэтажном доме помещались: служебная часть института, дирекция, мастерские, зал заседаний, физический отдел. Четвертый этаж занимала устроенная в 1929 г. Биогеохимическая лаборатория (Биогел)...— детище Вернадского.

Химический отдел, так называемая „Химичка“, занимал небольшой трехэтажный флигель рядом с четырехэтажным домом института.

Радиевый институт был в тесноте, но это не мешало ему успешно работать и быть по всему своему складу передовым научным учреждением... В химическом отделе Радиевого института... велись большие исследования, там же химикам, во главе с В. Г. Хлопиным,

приходилось своими руками отвешивать радий для приготовления его эталонов; их руки постоянно были в рубцах и пятнах от воздействия радиоактивности. Это была героическая работа» [I, 62, с. 16].

О руках Хлопина, пораженных радием, вспоминают многие — и родные и сотрудники. О них нельзя забыть — сплошные рубцы, пятна, а пальцы, соприкасаясь со столом, книгами, производили странный неживой звук. Тогда так мало было известно о правилах работы с радиоактивными веществами, о мерах защиты. Однако люди жили своей работой, не чувствуя себя жертвами, подвижниками; они испытывали удовлетворение и радость от первых столь явных успехов новой науки. «Бывало придешь в „Химичку“, — писала Н. В. Тагеева, — и видишь: над столами, заставленными химическим стеклом, низко опущены электролампы под простыми колпаками — рефлекторами, в углу жарко топится круглая железная печь, дверцы ее открыты, а около, вместо кочерги, стоит рапира. Пахнет сильными кислотами. За окном давно уже темнота, но здесь не считаются со временем и продолжают работать...» [I, 62, с. 19].

В эти же годы в химическом отделе Радиевого института выполняла свою дипломную работу А. С. Старик. «Рабочее место мне было отведено, — вспоминала она впоследствии, — в так называемой старой химичке... Это здание, можно сказать, стало историческим. Здесь хранился первый полученный в нашей стране препарат радия. Здесь производились все первые работы В. Г. Хлопина и его учеников... Собственно здесь родилась советская радиохимия. Внешне это помещение мало походило на храм науки. На второй этаж, где помещались лаборатории, вела крутая, каменная, с выбоинами лестница. В помещении почти все комнаты были проходными, полы были некрашенные, с перекосившимися половицами. Вытяжные шкафы были с местными моторами, вентиляционные трубы выводились прямо в окно. При включении моторов стоял невероятный грохот... Многие сотрудники жили тогда на частных квартирах, в тесноте, и никто не торопился уходить из института. Наскоро пообедав где-нибудь в закусочной, опять спешили в институт, где ждала интересная работа и общение с близкими по духу людьми... Работали до позднего вечера, а иногда и круглые сутки, как это было в случае определения гелия...» [III,

40, с. 170]. А заведующий физическим отделом Л. В. Мысовский жил в институте, рядом с лабораторией.

С первых лет существования института высокоактивные препараты радия, как уже говорилось, готовились в химической лаборатории. Запаиваемые в ампулы, они тщательно измерялись на активность, а затем на каждый препарат выписывался паспорт. Изготовленные в институте эталоны радия, т. е. препараты в вполне определенной радиоактивности, а следовательно, определенным содержанием радия, следовало сличить с международными эталонами. На исключительную важность этой работы Вернадский указал сразу же после создания Радиевого института. «До сих пор, — писал он в 1922 г., — в России нет для сравнения ни одного эталона радия, и наши определения не связаны с мировыми определениями».

Радиологический контроль требовался и на заводе по производству радия. «Необходимость выработать с этой целью какой-нибудь удобный, легко выполняемый в заводских условиях метод, — писал Хлопин, — побудила нас еще в 1923 г. попытаться использовать с этой целью метод определения радия по γ -лучам...», причем «для контроля были изготовлены две серии эталонов» [II, 149, т. 1 с. 317—318]. И. Я. Башилов и В. А. Соколов работали над усовершенствованием метода измерения с использованием видоизмененной ионизационной камеры Шмидта в лаборатории радиевого завода, А. Б. Вериго — в физическом отделе института. Полученные в ходе определений данные сопоставлялись с эталонами, изготовленными в самом институте. Однако эти результаты были пригодны лишь для «внутреннего» употребления, поскольку не проверялись по принятым международным эталонам. Это значительно ограничивало поле деятельности советских ученых.

Как известно, работы по метрологии, в том числе в области радиоактивных измерений, издавна велись в Главной палате мер и весов Петрограда. В частности, там проводили свои исследования Бородовский и Колловрат-Червинский. С 1921 г. в Главной палате мер и весов на должности лаборанта начал работать Богоявленский, организовавший здесь радиологическую лабораторию. Она начала функционировать к концу



В. Г. Хлопин и М. А. Пасвик-Хлопина в квартире на Лесном проспекте

1921 г. и Богоявленский стал первым метрологом Главной палаты мер и весов.

В 1922 г. ВСНХ попытался «приобрести в Чехословакии один эталон, т. е. ничтожное количество выверенного радия, для проверки собственных приборов. Для разрешения этой сделки потребовалось особое заседание и особое разрешение Чехословацкого совета министров» [I, 63]. Поэтому в дальнейшем было решено не покупать заграничных эталонов, а идти путем сверки собственных эталонов с международными.

Вскоре Вернадский договорился о такой сверке с Радиевым институтом Венской Академии наук, а Богоявленский от имени Главной палаты мер и весов обратился к фирме братьев Данн с просьбой изготовить из имевшихся в России препаратов радия различные эталоны. Фирма произвела расфасовку предоставленного им материала и изготовила две ампулы. В 1924 г. после проверки в лаборатории М. Кюри на них были выписаны сертификаты [I, 39, с. 77].

В 1925 г. Наркомпрос командировал за границу «для установления эталона радия СССР» [I, 18, л. 20] профессора В. Г. Хлопина. Цель поездки: «...сличить изготовленные в Государственном радиевом институте эталоны радия числом три с Международными эталонами в Венском Радиевом институте и в институте Кюри в Париже» [I, 18, л. 21]. Однако сам Хлопин строил более широкие планы. «Я рассчитывал,— писал он в отчете,— ближе познакомиться с постановкой научной работы в области радиоактивности и особенно химии радиоактивных элементов за границей и завязать более тесные отношения с рядом родственных нам научных учреждений Запада и с отдельными крупнейшими специалистами. Одновременно с этими задачами Академией наук было на меня возложено поручение лично переговорить с рядом выдающихся специалистов в области радиоактивности и пригласить их на торжества, имевшие состояться по поводу 200-летия Академии наук» [I, 18, л. 21].

За два летних месяца 1925 г. Хлопин посетил Германию, Чехословакию и Австрию. В Германии он подробно ознакомился с работами лаборатории Ф. А. Панета (1887—1958) в Берлинском университете и радиологического отделения Физико-технического института, которыми заведовал Х. Гейгер (1882—1945). Кроме того, Хлопин побывал в ряде научных лабораторий

Берлинской академии наук и установил личные контакты или возобновил связи с рядом видных ученых, в том числе: О. Ганом (1879—1968), Р. Зигмонди (1865—1929), Л. Мейтнер (1878—1968), Г. Тамманом (1861—1938), К. Фаянсом (1872—1942), Х. Гейгером.

У Панета его, очевидно, интересовал разработанный немецким ученым метод определения содержания гелия в метеоритах, что позволяло устанавливать возраст последних. (Хлопин как раз в то время начал заниматься этими вопросами.) Фаянс проводил исследования не только в области адсорбции и теории растворов, но и вел работы по радиохимии, где ему принадлежала заслуга установления (одновременно с Содди) правила смещения при распаде радиоактивных элементов (1913 г.). Весьма продуктивно сотрудничали в эти годы в Берлине Л. Мейтнер и О. Ган. Они разработали ряд радиохимических методов исследования, изучали β - и γ -излучения, открыли протактиний. Хорошо был известен специалистам и Х. Гейгер, изобретший прибор для регистрации заряженных частиц — счетчик Гейгера. Многие идеи и достижения этих ученых нашли отражение в курсе лекций Хлопина по радиоактивности, которые он читал в Ленинградском университете в середине 20-х годов.

В Чехословакии Хлопин посетил Пражский радиевый институт. Но особенно полезным оказалось его пребывание в Австрии — в знаменитом Венском радиевом институте, долгое время возглавляемом Ст. Мейером (1872—1950). Именно сюда Хлопин привез три русских эталона радия, которые предстояло сличить с международными, хранившимися в институте. «Каждый из эталонов сверялся с близким по содержанию радия эталоном Венского института, причем определения производили Ст. Мейер и Пишбрам, а контрольные отсчеты — В. Г. Хлопин. Каждый эталон сличался дважды, причем каждый раз производили четыре серии отсчетов (по десяти отсчетов в серии). Прежде чем начинать вычисления, Виталий Григорьевич в закрытом пакете передавал данные о содержании радия в эталоне, установленные в Радиевом институте в результате измерений, проведенных профессором Л. В. Мысовским. Эти данные сличались с данными, полученными в результате сравнения с международным эталоном. Полученные результаты превзошли все ожидания» [III, 22, с. 62]:

Эта- лон, №	Содержание радия, мг	
	Венский институт	Радиевый институт (Ленинград)
1	34,02	33,94
2	3,52	3,50
3	0,2002	0,198

Несмотря на совпадение данных, как это видно из таблицы, Хлопин в своем отчете подчеркивал, что «признание со стороны Международной комиссии одного из эталонов радия русского происхождения за официальный дубликат международного эталона для Союза Республик наталкивался на принципиальные затруднения» [I, 18, л. 21]. Дело в том, что состав ферганской радиоактивной руды, из которой готовились русские препараты радия, не был изучен столь же основательно, как состав иохимстальской и конголезской радиоактивных руд, служащих для изготовления международных эталонов. Особенно серьезные требования предъявлялись к данным о постоянстве состава руды и возможном наличии в ней тория. В связи с этим Хлопин был вынужден признать необходимым «пойти на приобретение за границей одного эталона радия» [I, 18, л. 21]. Два таких эталона были приобретены у Венского радиевого института в 1927 г. [I, 64, с. 137].

Позднее в СССР для изготовления эталонов радия был создан специальный Комитет эталона радия, в него входили представители Радиевого института, радиевого завода и Главной палаты мер и весов (с 1930 г.— Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии). Деятельность Комитета находилась под пристальным вниманием Хлопина. Так, в 1937 г. он писал Вернадскому: «Необходимо будет собрать Комитет эталона радия, так как дела в Палате (мер и весов — *Н. У.*) неладны» [I, 38, с. 44]. Хлопина беспокоили и настораживали расхождения данных по русским эталонам. Однако спустя два года, читая сообщения американского Комитета по геологическому возрасту Земли, Хлопин обнаружил там, как он писал Вернадскому, «чрезвычайно странные, я бы даже сказал, невероятные вещи, ставящие под вопрос все полученные ими

цифры. Это прежде всего расхождения в определении радия различными авторами, иногда в 25 раз, что они объясняют расхождением эталонов?! Невероятно!» [I, 38, с. 55]. Правда, сами американцы вынуждены были признать ошибочность своих данных при определении возраста по гелиевому методу. «Они ухитрились врать в определении радия в 2,3 раза! А мы-то устраивали скандал, когда у нас в рассылаемых эталонах обнаруживалось несогласие в 30—40%. Все их данные геологического возраста по гелиевому методу придется пересматривать, и теперь отпадает непонятное разногласие, которое намечалось между Иггу и Герлингом, к большому удовольствию Герлинга» [I, 38, с. 56].

Экспедиционная деятельность

В марте 1926 г. Вернадский вернулся из Парижа и вновь приступил к обязанностям директора института, а Хлопин, оставаясь его заместителем, по-прежнему заведовал химическим отделом. Однако фактически руководство всем институтом во многом лежало на Хлопине.

В 1927—1928 гг. Вернадский снова находился в заграничной командировке, а в 1934 г. в связи с переездом в Москву Академии наук окончательно поселился в столице. Все это время, помимо руководства научными исследованиями химического отдела, Хлопин постоянно занимается решением самых разнообразных административных и организационных вопросов, связанных с составлением плана работ института, решением вопросов штатного расписания, оборудования, ремонта старых и получения дополнительных помещений и т. д. Кроме того, почти каждый год сотрудники института отправлялись в экспедиции, принимали участие, а иногда и просто являлись организаторами конференций, консультировали некоторые производства, научные учреждения, выступали с популярными лекциями. Вся эта разноплановая работа коллектива института также требовала координации, консультации, помощи, а иногда и прямого руководства. Например, когда в 1926 г. в институте проходил капитальный ремонт, Хлопин не только следил за ходом ремонтных работ, монтажом оборудования и т. д., но и активно добивался в Главнауке дополнительных помещений для института. «На всякий случай я посылаю Вам,—

писал он Вернадскому,— текст краткой записки относительно помещения... Очень хорошо, если бы Вы завернули в Москву проездом обратно как для дела о помещении, так и для того, чтобы подогреть готовность Главнауки дать нам средства как для дооборудования и исправления некоторых отраслей нашего хозяйства... так и для производства закупок за границей для рентгеновской установки для химических лабораторий и др.» [I, 38, с. 29—30]. При всем обилии повседневных административных забот Хлопин ни на один день не оставлял научных исследований, руководя работами химического отдела института и принимая участие в комплексных работах вместе с геохимиками и физиками.

Отдыхал Хлопин мало, но, как правило, активно. Лишь последние годы он проводил лето на даче. В течение ряда лет в летние месяцы Хлопин обычно принимал участие в экспедиционных работах. Так, в 1926 г. он возглавил экспедицию в район Коканда с целью поиска выхода природных газов. «Сегодня закончил работу по экспедиции,— писал Хлопин из Коканда Вернадскому,— и, получив ряд интересных сведений о выходах газов по линии Коканд—Бухара—Красноводск, думаю лично проверить их проездом...» [I, 38, с. 27—28].

Изучению газов Семиреченского района Хлопин придавал особенно серьезное значение: «Ввиду большого научного интереса, который представляет собою Семиреченский район, с точки зрения его богатств выходами природных газов,— писал он в 1927 г. Вернадскому,— я позволяю себе просить Вас включить в смету постоянной Комиссии по изучению естественных производительных сил СССР на экспедиции дополнительную смету по сбору образцов природных газов Семиреченского района. Включение этой сметы позволит газовому отделу закончить предпринятое им и давшее уже чрезвычайно интересные результаты обследование этого района, которое, в противном случае, грозит остаться незаконченным» [I, 38, с. 30—31].

Значительное место в экспедиционной деятельности института отводилось поискам новых месторождений радиоактивных пород, обследованию буровых вод нефтеносных районов. Толчком для последнего цикла работ послужило открытие в 1928 г. Черепенниковым и Богоявленским высокого содержания радия в за-

брошенной буровой скважине на Ухте. Представители института в содружестве с сотрудниками Геохимического института Академии наук (ГЕОХИ) во главе с академиком Ферсманом провели изучение нефтяных вод Дагестана, на Челекене. «В Радиевом институте,— вспоминала Н. В. Тагеева,— была выработана своя методика определения радия в природных водах, и в 1929, 1930 и 1931 гг. из института были посланы химики на нефтяные промыслы Грозного, Баку, Дагестана, Ухты для определения содержания радия в нефтяных водах» [I, 62, с. 14]. В 1930 г. Тагеева проводила в ГЕОХИ опробование нефтяных вод Челекена на радий по методике и на приборе, разработанным в институте. Спустя год Тагеева занялась изучением геохимии бора в природных водах. Обе эти проблемы привлекали внимание и В. Г. Хлопина, который уже тогда консультировал ряд тем в ГЕОХИ.

Исследования буровых вод нефтеносных районов на содержание радия, выполненные учениками и сотрудниками Вернадского и Хлопина, дали ценные результаты. По словам Хлопина, они привели «к открытию большого, ранее пропущенного геохимического явления — концентрации радия и его изотопов в глубоких рассольных водах определенного химического типа, связанных с нефтеносными районами. Явление это затем было обнаружено также и за границей, сначала в Чехословакии, затем в Германии, в США и других странах» [II, 131, с. 55]. В лабораториях института изучался механизм этого процесса, который, как оказалось, связан с установлением сложного подвижного равновесия между радием, заключенным в капиллярной воде породы, адсорбированным на внутренних ее поверхностях и находящимся в омывающей породы воде.

Большой цикл исследований, связанный с многочисленными экспедиционными поездками сотрудников института, составляли работы по определению геологического возраста пород радиоактивными методами. В этот цикл входило изучение пород Хибинского массива, а также пегматитов Карелии.

В 1921—1930 гг. была предпринята большая Алагезская экспедиция, занимавшаяся исследованием запасов высокогорных вод и снегов Армении с целью установления возможности их использования для орошения земель. Гидрохимическими работами от Академии

наук руководил Хлопин. В состав геологической партии входило семь отрядов, в одном из них вели исследования сотрудники Радиевого института — Пасвик и Самарцева.

Летом 1929 г., как обычно, Виталий Григорьевич и Мария Александровна в составе отряда Радиевого института выехали в Армению. Остальные члены семьи Хлопиных — родители и брат с женой — уехали на отдых в Цихис-Дзири. Отец — Г. В. Хлопин — предполагал там поработать над вторым изданием своей книги «Методы санитарных исследований». Ничто, казалось, не предвещало несчастья. А оно было близко — 30 июня 1929 г. на шестьдесят шестом году жизни Григорий Витальевич Хлопин скоропостижно скончался от кровоизлияния в мозг во время работы над книгой.

Похоронен Г. В. Хлопин на Смоленском кладбище в Ленинграде. В. И. Вернадский посвятил памяти этого ученого статью в журнале «Природа»; Виталий Григорьевич переработал для второго издания упомянутого труда отца свой раздел «Анализ минеральных вод». В 1930 г. В. Г. Хлопин, снова приехав на Алагез, на обратном пути заехал в Цихис-Дзири, где год назад скончался отец.

Алагезская экспедиция проделала значительную работу. «В этом году на Алагезе,— писал Хлопин Вернадскому,— удалось обнаружить уже не остатки бывшего оледенения, а ныне существующее оледенение во многих пунктах вершины и предвершинного пояса, скрытое местами на довольно значительной глубине под осыпями. Таким образом, как будто найден еще один, а может быть, и важнейший источник питания вод Алагеза. Лед, по-видимому, вечный, так как мы его находили уже в конце лета около 20 августа в таком же примерно виде, как и в начале, т. е. около 15 июля. Лето наверху очень короткое и даже на уровне Кара-Гельской метеорологической станции, т. е. 3 250 м над уровнем моря, длится примерно с 15—20 июля самое позднее до 1 сентября. Числа 15 июля вскрывается ото льда озеро Кара-Гел, а начиная с 20—25 августа начинаются ночные заморозки, и температура у поверхности земли держится на -2° , -4° » [1, 38, с. 33].

Под руководством и при непосредственном участии В. Г. Хлопина шел отбор проб для полного их исследования в институте, но частичный анализ льда и снега

Хлопин проводил на месте. О результатах ученый писал Вернадскому. «На Алагезе мне ни разу не удалось найти в воде ни перекиси водорода, ни озона, зато соли азотной и азотистой кислоты находятся повсюду, даже во льду и в снегу вершины Алагеза» [I, 38, с. 32]. И в другом письме: «Так как работы на Алагезе будут продолжены и в будущем году, то было бы хорошо поставить параллельно изучение состава атмосферы на вершине (O_3 , H_2O_2 , окислы азота)» [I, 38, с. 33]. Хлопин планировал также использовать высокогорную метеорологическую станцию «для постановки работ над космическим излучением на этой высоте, применяя новейшие методы (счетчики Гейгера)» [I, 38, с. 33].

Хлопин был быстр на подъем, сохранял спортивную форму и легко переносил экспедиционные неудобства. «В 1930 г. В. Г. Хлопину было 40 лет,— вспоминает Н. В. Тагеева.— Он был худощавый, производил впечатление подтянутости и даже спортивности. Лицо его, с чертами уроженца Урала, серые глаза, в очках, с очень внимательным взглядом, небольшая бородка. Речь его отчетлива и выразительна, с едва заметным уральским акцентом» [I, 62, с. 17].

В сентябре 1935 г. Хлопин вместе с Пасвик ездил на три недели на Кольский п-ов и в Карелию. В том году в этих местах рано наступила зима. «В Хибинах в конце сентября не только в горах уже нельзя было работать из-за снега,— писал Хлопин,— но можно было бегать на лыжах по дороге с Горной станции в Кировск, и только в самом Кировске стояла грязь... Здоровье Ал[ександра] Евгеньевича (Ферсмана — Н. У.) значительно лучше... Там мы сделали с ним даже прогулку в долину Кукисвума, туда и обратно километров 18» [I, 38, с. 39]. Правда, прогулок было меньше, чем работы, хотя Хлопин и надеялся одновременно немного отдохнуть. Во-первых, в Хибинах проходила конференция, на которой, как писал Хлопин в этом же письме, его «запрягли делать доклад», во-вторых, различные заседания и, конечно, повседневная экспедиционная работа.

После переезда Вернадского в Москву Хлопину пришлось ближе познакомиться с научной работой сотрудников геохимического отдела, которые фактически остались без руководителя. С присущей ему деликатностью Хлопин писал по этому поводу Вернадскому: «Теперь относительно работ по возрасту. В связи с Ва-

шим отъездом и единодушным желанием работающих специалистов (Комлев, Пермьяков и Герлинг) я стал теперь несколько ближе к этим работам» [I, 38, с. 40]. В. Г. Хлопин впервые в СССР применил гелиевый метод для определения возраста пегматитов Карелии, а затем использовал для этой цели свинцовый и кислородный методы. Конечно, для обоснования полученных данных требовалась надежная статистика, а следовательно, огромное количество различных образцов и хорошая аппаратура для измерений. Вместе с В. М. Пермьяковым Хлопин разрабатывал колориметрический метод определения малых количеств свинца, а с И. Е. Стариком — полярографический, сопоставлял их результаты и опробовал на разных минералах. Одновременно он интересовался ходом монтажа установки для определения гелия в породах, на которой работал Герлинг.

Что касается «материала пород» для определения возраста, то не все имеющиеся в распоряжении института образцы оказались подходящими для работы: одни подверглись вторичным изменениям, другие оказались в крайне малых количествах. «Хорошие природные образцы для определения возраста,— писал Хлопин в 1935 г.,— мы имеем пока только из Хибин, с Кавказа от Герасимова А. П., из Тянь-Шаня от Прокопенко Н. М. и Комлева Л. В. и из Украины мариупольские граниты от Свительского. Совершенно необходимо будет самим собрать образцы пород из района Синей Палы и Черной Сальмы в Карелии ближайшим летом» [I, 38, с. 41]. В этом же письме Хлопин кратко проаннотировал план научной работы института на 1936 г. по определению геологического возраста. Он включал:

1. Выяснение вопроса о возможности определения возраста пород по свинцу. Для этой цели предполагалось провести параллельные определения возраста гранитов Кавказа и Мариуполя тремя способами: а) выделением из породы тяжелой фракции и определением ее возраста; б) выделением из породы индивидуальных минералов с наименее вероятным захватом свинца в его решетку и определением возраста этого минерала по свинцу и в) определением возраста по свинцу недифференцированной породы. Данные, полученные этими способами, требовалось сравнить с данными, полученными гелиевым методом.

2. Определение возраста по свинцу и гелию для уранинита и циртолита.

3. Определение возраста гранитов Тянь-Шаня по гелию и индивидуального минерала, выделенного из него по свинцу и гелию.

4. Сбор образцов пород пегматитов Синеи Палы и Черной Сальмы и определение их возраста по гелию и, если возможно, по свинцу.

5. Окончание определения возраста Хибин и возраста пород Кольского п-ова по гелию.

«Больше мы и не поспеем, — замечал Хлопин, — если к этому добавить, что для всех образцов нужно будет провести полный радиохимический анализ, приготовить и изучить оптически шлифы, снять радиограммы и т. д.» [I, 38, с. 42]. Тем более, что часть образцов предстояло еще только собрать, а установку для определения возраста по гелию пустить в работу. Однако уже к весне 1936 г. ученый с удовлетворением констатировал: «Гелиевая установка работает пока без отказов. Эрик Карлович (Герлинг — Н. У.) сделал определения возраста еще двух образцов пород Хибин... Экспедиция в Карелию выедет в конце мая... Сам думаю приехать навестить свою партию в Карелию в конце июня, когда они уже освоятся и когда там будет и геолог» [I, 38, с. 43].

Хлопин пробыл в Карелии с 1 по 12 июля 1936 г. и результатами работы экспедиции остался очень доволен, о чем по возвращении писал Вернадскому: «Я съездил в Карелию очень хорошо... Очень интересно, но для Вас условия передвижения были бы слишком тяжелые, даже мне с больной ногой (Хлопин страдал тромбофлебитом — Н. У.) местами было трудно. Собрали богатый материал и по минералогии, и по породам... Материала для определения возраста теперь достаточно» [I, 38, с. 44].

Работы по определению геологического возраста очень занимали Вернадского и Хлопина. Помимо критической оценки известных методов, Хлопиным с сотрудниками был предложен новый метод, произведены многочисленные расчеты на основе полученных экспериментальных данных. Результаты оказались столь интересными и важными, что встал вопрос о необходимости создания специальной Комиссии по определению геологического возраста. Инициатива создания Комиссии принадлежала Вернадскому. В 1937 г.

на Международном геологическом конгрессе по предложению Вернадского была создана Международная комиссия по определению геологического времени, которую возглавил В. Лейн; его заместителем был избран В. И. Вернадский. Отметим, что в СССР с 1932 г. при геологическом отделении АН СССР существовала Комиссия по определению возраста геологических формаций. Но, очевидно, ее деятельность не удовлетворяла Вернадского, поэтому, когда в 1937 г. происходила реорганизация некоторых учреждений Академии наук, Вернадский высказал Хлопину свои пожелания относительно создания Комиссии по геологическому возрасту с привлечением к работе в ней геохимиков, химиков, радиохимиков. Хлопин поддержал начинание Вернадского и внес свои конкретные предложения. В письме к Вернадскому он писал: «Не лучше ли было бы назвать ее не Комиссией, а Комитетом, так как функции ее будут постоянные», и далее: «Я бы делал ее не очень многочленной и включил бы в ее состав лишь основных и надежных работников. Из радиологов И. Е. Старика, Э. К. Герлинга, В. И. Баранова и, может быть, Л. В. Комлева, В. М. Пермякова и Л. М. Курбатова. Я пишу „может быть“ потому, что у Комлева вопросы возраста стоят на втором месте... Из геологов не подлежат сомнению А. А. Полканов и А. П. Герасимов» [I, 38, с. 47].

Особо важной функцией новой комиссии Хлопин считал контакт с иностранными учеными для сопоставления данных: тем более что расхождение с цифрами, полученными американскими учеными, было очень велико. «В результате знакомства с их (американскими — *H. U.*) материалами, — писал Хлопин, — наметился ряд новых задач и одновременно сделалось совершенно необходимым создание постоянной и достаточно авторитетной Комиссии или Комитета по определению возраста, которая могла бы утвердить намеченный план работ, войти в постоянную связь с американским Комитетом и привлечь к этим работам некоторые другие учреждения, кроме Радиевого института. Отсрочивать создание такой Комиссии... далее нельзя» [I, 38, с. 55]. Хлопин выступил с официальным предложением организовать такую Комиссию при институте, направив соответствующую записку в Отделение химических наук АН СССР, приложив список ее состава. Предложение было принято и вскоре создана Комиссия. В нее

вошли: В. И. Вернадский (председатель), В. Г. Хлопин (заместитель председателя), И. Е. Старик (секретарь), А. П. Герасимов, А. А. Полканов, Л. В. Комлев, Э. Г. Герлинг, В. В. Белоусов. Комиссия имела межведомственный характер, но состояла при Радиевом институте.

Во главе Радиевого института

После переезда Вернадского в Москву вопрос о директоре института возникал не раз, но не находил решения. Хотя практически все обязанности директора института давно выполнял Хлопин, он сам и коллектив сотрудников института считали участие Вернадского в работе Ученого совета, в обсуждении плана и результатов исследований столь важным и значительным, что просили его не оставлять пост директора. Такое положение в руководстве институтом сохранялось до 1938 г. К этому времени В. Г. Хлопин был избран членом-корреспондентом АН СССР (1933) и занимал должность профессора в Ленинградском университете (1934—1937); в 1935 г. президиум АН СССР утвердил его в ученой степени доктора химии. Как видим, в тридцатые годы последовательность прохождения ступеней ученой карьеры иногда отличалась от современной. Во всяком случае, к середине тридцатых годов В. Г. Хлопин становится одним из авторитетнейших ученых в области радиохимии и заметным общественным деятелем. Он не только фактически руководил ГРИ, но и с 1928 г. входил в состав «экспертных комиссий госплана, Наркомтяжпрома, Наркомцветмета, Наркомздрава и др.» [1, 18, л. 5(об.)].

К Хлопину пришло признание, а с ним — и великое множество обязанностей. Однако бытовая сторона жизни долгие годы оставалась трудной. Впрочем, так жили многие ученые. В 1938 г., например, Хлопин просто не имел материальной возможности выехать на летний отдых. Вернадский, узнав о таком положении дел, даже хотел обратиться в КСУ (Комиссия содействия ученым) с просьбой помочь Хлопину. Но Виталий Григорьевич решительно запротестовал: «Я обдумал Ваше намерение написать в КСУ относительно меня и очень прошу Вас этого не делать. Совершенно неудобно приводить в качестве мотива предоставления мне бесплатного места в доме отдыха то обстоя-

тельство, что я за недостатком средств не могу поехать в один из домов отдыха на общих основаниях. Я получаю, по советским нормам, большой персональный оклад (персональные оклады были установлены в 1935 г.— *Н. У.*). Жена служит, детей у нас нет и, следовательно, формально деньги у меня должны были бы быть» [I, 38, с. 43]. Но денег не было. Хлопин не считал возможным писать о том, что семья все-таки была не такой уж маленькой: он всегда помогал в воспитании племянниц М. А. Пасвик, ее больному брату, семье Лосевых, а в последнее время в его семью переехала мать — Е. А. Хлопина. Конечно, Хлопины не бедствовали, но стоит напомнить, в каких некомфортных условиях жили наши ученые и в 20-е и в 30-е годы.

В 1937 г. президиум АН СССР ходатайствовал перед Наркомпросом о включении ГРИ в систему Академии наук. Одновременно с проведением ряда организационных мероприятий, связанных с переходом института в разряд академических, вновь встал вопрос о его директоре. И Вернадский счел правильным именно в этот момент окончательно оставить пост директора и написал о своем решении Хлопину.

Предстоящие события поставили и перед Виталием Григорьевичем ряд серьезных проблем. «Я очень прошу Вас,— писал он Вернадскому,— не поднимать сейчас вопроса о Вашем уходе с поста директора... Я со своей стороны должен Вас предупредить, что ни при каком другом директоре, кроме Вас, я в настоящее время не соглашусь оставаться заместителем и тоже буду просить освободить меня от этих обязанностей...» [I, 38, с. 46]. Но это писалось сгоряча; отделить себя от родного, созданного им института Хлопин уже не мог; тем более, что никто и не мыслил на посту директора кого-либо, кроме Хлопина — единственного человека, у которого только и были сомнения на этот счет. В том же письме к Вернадскому Хлопин засыпает его вопросами о будущем института: в какое отделение Академии наук он войдет, как смотрят на переход института президент Академии наук В. Л. Комаров (1869—1945) и заведующий Минералогическим музеем В. И. Крыжановский? «Интересно,— продолжал свои вопросы Хлопин,— когда можно ждать, что начнет свою работу Комиссия Академии по обследованию института и кто войдет в ее состав? Будет ли она обследовать только финансово-хозяйственную или



В. Г. Хлопин в домашнем кабинете

научную сторону, и штаты? Не считаете ли Вы целесообразным, чтобы перед переходом института в Академию или сейчас же после включения его в систему академических учреждений был в президиуме поставлен мой отчетный доклад о деятельности Института за все истекшее время?» [I, 38, с. 46—47].

Комиссия была создана в феврале 1938 г.; от Радиевого института в нее вошли Вернадский, Хлопин и Мысовский. На заседании 25 марта 1938 г. президиум АН СССР утвердил акт приема-сдачи Радиевого института³; одновременно Хлопин сделал доклад о исследованиях, ведущихся в институте. Тогда же Хлопин узнал, что Вернадский, отказываясь от поста директора института, как и шестнадцать лет тому назад, вновь рекомендовал на эту должность своего талантливейшего ученика — Виталия Григорьевича Хлопина. В заявлении, поданном в президиум АН СССР 18 апреля 1938 г., он писал: «Я счастлив, что мне суждено иметь возможность передать дорогое мне дело, которым я занимаюсь более 30 лет, в такие руки» [I, 65, с. 306].

Почти одновременно с утверждением в должности директора кандидатура Хлопина была выдвинута

³ Государственный Радиевый институт (ГРИ) получил название Радиевого института Академии наук (РИАН).

на выборах в действительные члены Академии наук СССР. Представление, подписанное академиками Вернадским, Зелинским, Курнаковым, Фаворским и Ферсманом [I, 66, л. 1—5], содержало достаточно развернутый обзор научной деятельности Хлопина, начиная с его ранних работ в лабораториях Чугаева и Вернадского. Но основное внимание было уделено самостоятельным циклам исследований ученого: радиохимии, радиоактивности и физической химии; аналитической химии; геохимии и радиогеологии. Академики высоко оценивали работы Хлопина по распределению радиоактивных элементов между кристаллами и раствором электролитов, вызвавшие «очень мощную дискуссию, в которой приняли участие лаборатория О. Гана в Берлине, М. Кюри в Париже и Р. Линда в Миннеаполисе. Особенно длительная дискуссия имела место между лабораторией Хлопина и лабораторией О. Гана, причем она закончилась в основном признанием правильности точки зрения В. Г. Хлопина» [I, 66, л. 2].

В представлении нашли отражение и только начатые тогда работы Хлопина «по изучению химии искусственных продуктов превращения урана под действием нейтронов», и хорошо известные уже его исследования по тепловому режиму Земли. Здесь упоминались работы ученого в области геохимии благородных газов, где «впервые была дана картина распределения благородных газов в земной коре... основанная на допущении постоянного обмена газами между подземной и надземной атмосферами и показана роль воды в процессе этого обмена» [I, 66, л. 4]. Особая роль отводилась его исследованиям по геохимии гелия, которые привели Ферсмана к необходимости «увеличить кларк гелия» [I, 66, л. 4 (об.)]. Высоко оценили академики и цикл работ Хлопина «по геологическому возрасту», особенно интересовавших Вернадского. «В. Г. Хлопин,— отмечалось в представлении,— дал критический разбор различных радиологических методов его (геологического возраста — Н. У.) определения возможного влияния на получаемые результаты процессов искусственного радиоактивного распада и границ применимости различных методов» [I, 66, л. 41 (об.)]. Не остались без внимания академиков и исследования Хлопина по тепловому режиму Земли, показавшие, что вследствие роли акти-

нивого ряда в тепловом режиме Земли в прежние геологические эпохи он был значительно выше, а следовательно, и эндотермические химические процессы протекали энергичнее.

Представление академиков заканчивалось перечислением экспедиций, которыми в разные годы руководил Хлопин.

Для составления этой «научной характеристики» Вернадский просил Хлопина прислать некоторые необходимые данные. Хлопин выполнил эту просьбу своего учителя, хотя и ощущал какое-то чувство неловкости. «Посылаю Вам *curriculum vitae*, список трудов и краткое изложение главнейших работ. . . — писал он Вернадскому. — Очень извиняюсь, что получилось довольно длинно» [I, 38, с. 51].

Но совсем иначе писал Хлопин, если дело касалось его сотрудников или учеников.

При смене руководства института прежде всего встал вопрос о заместителе директора, а круг его обязанностей Хлопин, как никто другой, познал в полной мере и поэтому придавал большое значение выбору кандидатуры на этот пост. «Чем я дольше думаю, — говорил он по этому поводу, — тем все более убеждаюсь, что кандидатура Иосифа Евсеевича (Старика. — *Н. У.*) исключительно подходящая для заместителя не только вследствие исключительного такта, организационного таланта, но и широты охвата, что для заместителя в нашем институте совершенно необходимо и что найти сейчас все труднее и труднее» [I, 38, с. 52]. Хлопин не ошибся в своем выборе. В 1938 г. Старик был утвержден заместителем директора Радиевого института и на долгие годы стал ближайшим помощником В. Г. Хлопина. Не только Старик, но и другие ученики Хлопина успешно трудились к этому времени в различных областях радиохимии и составляли то надежное ядро института, вокруг которого группировались более молодые сотрудники. Как много сил и души вложил Хлопин в научное формирование своих учеников, можно судить по нескольким фразам из его письма Вернадскому в 1938 г.: «С завтрашнего дня начинается торжественный для меня, да и для Радиевого института период выпуска совершенно законченных научных кадров: завтра, 29 мая, публичная защита докторской диссертации А. Е. Полесичким в Университете, 15-го июня там же защита

докторской диссертации И. Е. Стариком и 25 июня в Технологическом институте защита докторской диссертации Б. А. Никитиным. . .» [I, 38, с. 51]. Несколько позднее диссертацию защитил и А. П. Ратнер.

Все они возглавили самостоятельные лаборатории института.

И. Е. Старик еще в 1929 г. организовал радиохимическую лабораторию в ЦНИГРИ (позднее ВСЕГЕИ), тесно связанную в своих исследованиях с Радиевым институтом. Высоко оценивая достижения этой лаборатории, Хлопин в 1938 г. при переходе ГРИ в состав АН СССР хотел ввести ее в состав института. «Мне казалось бы это правильным,— писал он Вернадскому,— я только не знаю, когда тактически это правильнее сделать: сейчас же, одновременно с переходом института, или когда будет подниматься вопрос о его некоторой реорганизации. И. Е. Старик, с которым я говорил по этому вопросу, не возражает и сам считает такое слияние правильным» [I, 38, с. 48]. Формально, однако, радиохимическая лаборатория, созданная Стариком, осталась в ведении ВСЕГЕИ, но после 1945 г. основные ее сотрудники перешли на работу в Радиевый институт. Сам Старик, исполняя обязанности заместителя директора института, одновременно заведовал его геохимическим отделом, а позднее в течение двенадцати лет заведовал кафедрой радиохимии Ленинградского университета.

А. Е. Полесицкий — «крупный ученый, блестящий педагог и замечательный человек» [II, 133, с. 717], как писал о нем Хлопин, пришел в химическую лабораторию Радиевского института в 1924 г. еще практикантом. Впоследствии Полесицкий заведовал лабораторией искусственных радиоактивных элементов.

А. П. Ратнер, также ученик Хлопина, работал в институте с 1929 г., прошел здесь аспирантуру и с 1937 г. был заместителем заведующего химическим отделом, а с 1938 г. возглавил адсорбционную лабораторию.

Б. А. Никитин заведовал лабораторией химии благородных газов, а позднее в 1950—1952 гг. занимал должность директора Радиевского института.

Успехи Радиевского института во многом определялись такими личностями, как Вернадский и Хлопин. Вернадский заложил основные направления работ института, его комплексную структуру; долгие годы он страстно и непоколебимо отстаивал интересы институ-

та в любых инстанциях. Еще в 1922 г., понимая экономические трудности страны, он все-таки считал, что «останавливать творческую научную работу народа из-за денежных соображений невозможно уже потому, что без нее не может произойти — наряду с другими причинами — наступление лучших времен и в области экономического возрождения. Особенно это надо иметь в виду по отношению к организации таких институтов, каким является Радиевый институт, имеющих целью овладеть самой большой силой, доступной человеку, — атомной энергией. Они должны быть спасены от разрушения при переживаемом кризисе. Этого требует прямой расчет и государственная предусмотрительность» [I, 58, с. 10]. Высокий авторитет Вернадского заставлял прислушиваться к его мнению, считаться с его требованиями, что помогало становлению и развитию Радиевого института.

Достойным преемником Вернадского на посту директора Радиевого института стал Хлопин. Очень важно отметить, что этих двух замечательных ученых связывало не только единство взглядов на задачи и направление исследований института, но и взаимное глубокое уважение и сердечная приязнь. Даже после переезда Вернадского в Москву Хлопин постоянно делился с ним планами и результатами работ института, интересовался его мнением по различным проблемам. Поэтому смена директора прошла спокойно, без нарушения уже сложившихся традиций.

Большую роль при этом сыграли и личные качества Хлопина, в котором гармонично сочетались высокий профессионализм и высокие нравственные категории добра, чести, порядочности и принципиальности. Виталий Григорьевич был неотделим от института и его сотрудников. Он вместе с ними работал, ездил в экспедиции, отдыхал. Соратники, они еще и дружили, любили вместе отдыхать — все, вне зависимости от ранга и должности. Так повелось с самого начала, с трудных 20-х годов. Даже тогда многочисленные трудности не порождали уныния и пессимизма. В кругах ученых, преданно служивших интересам науки, черпавших в своем любимом деле нравственные силы, жило жизнеутверждающее оптимистическое настроение; многие из них впоследствии считали эти годы счастливыми. Бытовые неудобства испытывали все.

Большим преимуществом считалась отдельная квартира Хлопиных — Пасвиков, хотя там размещалась очень большая семья, а Хлопину принадлежали, как уже говорилось, лишь две комнаты. «Мария Александровна и Виталий Григорьевич часто предоставляли для коллективных встреч свою гостеприимную квартиру, — вспоминала А. С. Старик. — Как обычно в то время, парадные были закрыты, и вход в квартиру был через кухню. Лишь только переступив порог, входящий сразу же попадал в особенную атмосферу теплоты и уюта. Встречала всех мать Марии Александровны — высокая, красивая пожилая женщина... Кухня была большая, с добела вымытым полом, покрытым половиками, что напоминало добротную крестьянскую избу. В кухне стояли диван и большой стол — в обычные дни она служила столовой... В то время действовала карточная система, и, поскольку вечеринка была устроена вскладчину, все приносили с собой кульки, какую-нибудь приготовленную еду в мисочках и кастрюльках. Все это Мария Александровна красиво раскладывала на тарелки, украшала. Львиную долю угощения хозяйка, конечно, вкладывала сама... Виталий Григорьевич встречал гостей очень радушно. Одет он был по-старинному, в полосатые брюки и черную визитку.

Шумная толпа сразу заполняла все хлопинские комнаты, со всех сторон были слышны шутки и смех... После ужина были игры и танцы. Виталий Григорьевич хорошо танцевал, немного пел. Мария Александровна прекрасно танцевала русскую» [III, 40, с. 171—172].

Тепло отмечались в доме Хлопиных и семейные торжества. Тогда в числе гостей наряду с сотрудниками присутствовали родные, близкие, знакомые и старые друзья Хлопиных — будущие академики С. И. Вольфкович и А. А. Гринберг с женой. Почти все собиравшиеся были представителями научного мира, поэтому всегда находились общие темы разговора.

Нередко к вечерам готовились заранее: ставили отрывки из опер, разучивали отдельные арии, выступали с декламацией, шарадами. Виталий Григорьевич любил и знал музыку, часто бывал в опере, филармонии; его любимыми музыкальными произведениями были Лоэнгрин и Тангейзер Вагнера. Обладая приятным голосом, он и сам иногда пел на таких ве-

черах; больше всего любил исполнять арию князя Игоря и песню Варяжского гостя из оперы «Садко».

В 1937 г. умерла мать Марии Александровны Пасвик, уехала в Среднюю Азию ее сестра. Их комнаты были переданы другим жильцам, и квартира стала коммунальной. В этом же году к В. Г. Хлопину переехала его мать. Екатерину Александровну поместили в кабинет Виталия Григорьевича; спальню занял брат Марии Александровны, а супруги Хлопины остались в бывшей столовой. Конечно, Виталий Григорьевич терпел явные неудобства, но получить отдельную квартиру долго не удавалось. Уже возглавляя Радиевый институт, будучи академиком, Хлопин продолжал испытывать значительные бытовые неудобства. Возмущенный этим обстоятельством Вернадский обратился с письмом к вице-президенту АН СССР, где, в частности, писал: «Меня очень беспокоит здоровье моего друга академика В. Г. Хлопина. В последнее время мы потеряли трех крупных ученых, только что избранных в академики и находившихся в расцвете сил,— Усова, Шарягина и Шулейкина. Это огромный неисправимый удар для научной работы в нашей стране и в Академии в частности. Они были перегружены и заработались. Я боюсь, что то же самое, если не принять меры, будет с В. Г. Хлопиным. Он давно не имел достаточного отдыха и он живет в недопустимых бытовых условиях — на пятом этаже, без лифта, в загруженной чужими людьми квартире. Все его обращения в Академию не были исполнены, отнеслись к нему формально и недостаточно внимательно. Если обратиться к врачам, то они несомненно укажут, как и указывали ему, что продолжать жить в таких условиях ему опасно. У него уже были две тромбы в ноге» [I, 67, л. 5]. А так как Хлопин не только руководил коллективом сотрудников института, но и консультировал их работу и в Ленинграде, и в Москве, Вернадский предлагал в одном из этих городов предоставить Хлопину «главную квартиру», а в другом — меньшую. Но Виталий Григорьевич не мог уехать от Радиевого института и хотел остаться в Ленинграде. После длительных хлопот Хлопину предоставили две комнаты в общей квартире (впоследствии он их передал И. Д. Старынкевич-Борнеман, оставшейся после войны без жилья) в Москве и отдельную квартиру — на Лесном проспекте в Ленинграде. Однако эта боль-

шая, из пяти комнат, в отдельном отсеке, квартира оказалась не совсем удобной — очень холодной и выходила на шумный проспект. И в этом доме у Хлопина бывало много народа. Одни приходили в гости, другие — по делам или с личными огорчениями и затруднениями. Все находили внимание и поддержку. Даже во время войны, в Казани, ближайшие сотрудники Виталия Григорьевича «по-прежнему собирались у него дома в знаменательные даты. Он, как всегда, был гостеприимным хозяином, хотя вместо пирогов и вина угощал нас картошкой и чаем» [III, 40, с. 167]. Собственно и приходили не к праздничному столу, а за участием, теплом, черпая в дружеской беседе новые силы в трудные годы.

Бывшие сослуживцы Хлопина до сих пор помнят праздничные вечера, проходившие в институте. К ним готовились заблаговременно; в число главных организаторов входили А. П. Ратнер, Э. М. Иоффе, А. Г. Самарцева, а несколько позднее и В. Р. Клокман. «Виталий Григорьевич обязательно присутствовал на всех вечерах,—вспоминала А. С. Старик.—Обычно торжественная часть начиналась с того, что все вставали и пели Интернационал. Виталий Григорьевич, находясь в президиуме, пел со всеми» [III, 40, с. 174]. После торжественной части и небольшого перерыва начиналась художественная часть — самодеятельность силами сотрудников института. «Все предварительные приготовления проводились под большим секретом... мы всегда ждали выступлений с большим нетерпением,—писала М. Л. Яценко-Ковалевская.—До сих пор помню серьезное лицо А. П. Ратнера, когда он в пышной короткой юбочке изображал изящную балерину, выделявая невероятные па... Запомнилось и оригинальное выступление К. А. Петржака на импровизированном музыкальном инструменте, состоящем... из швабры, надутого пузыря и проволоки. Конечно, всего не припомнишь и не опишешь, но общий стиль этих вечеров не забывается» [III, 40, с. 155].

И Виталий Григорьевич не только поощрял и любил эту самодеятельность, но был ее непременным участником и относился к этому, как к любому делу, ответственно. Многие помнят Виталия Григорьевича в роли суфлера на таких вечерах — у него была хорошая дикция. Увлечшись своими обязанностями, он

подавал свои реплики так, что их слышали в зале лучше, чем речь самого актера. «Однажды после спектакля, — вспоминала Н. Г. Розовская, — публика, аплодируя участникам, кричала: „Браво суфлеру, браво Виталию Григорьевичу!“ И Виталий Григорьевич, умеющий ценить шутку, выходил на авансцену и торжественно раскланивался» [III, 40, с. 182]. А спустя некоторое время его можно было видеть легко кружащимся в вальсе. Такое тесное общение директора со своими сотрудниками, слияние умом и душой с людьми и делами института никогда, однако, не порождало ни у кого и тени панибратства. Наоборот — рождало еще большее уважение и даже почтение и восхищение этим замечательным человеком.

Собранность и великое трудолюбие позволяли Хлопину успевать везде — и в научной работе, и в педагогике, и в администрировании. Виталий Григорьевич бы, казалось, вездесущим, — писала Н. Г. Розовская. — Его можно было видеть в канцелярии читающим бумаги, в бухгалтерии, подписывающим счета, в библиотеке, у циклотрона и, конечно, же за своим личным химическим столом» [III, 40, с. 182]. Обратим внимание, Хлопин не вызывал людей к себе, а ходил к ним сам. Также было и с научными сотрудниками: чаще всего Виталий Григорьевич заходил к ним в лабораторию, обсуждал результаты и планы дальнейших опытов прямо на рабочем месте. Как правило, это происходило поздним вечером, а иногда и ночью.

В. Г. Хлопин не только был неутомимым исследователем и научным руководителем, но и твердым в своих убеждениях и поступках человеком. «В главном он следовал, конечно, примеру В. И. Вернадского: в трудные годы защищал своих учеников, помогал нуждавшимся, хорошо разбирался в людях» [I, 62, с. 18]. А трудные времена институт не обходили. Над многими сотрудниками нависали темные тучи, подозрения в самых разных «грехах». В таких случаях Хлопин стремился принять удар на себя, ругаясь за человека, с которым работал и которому доверял. Он много сделал в этом отношении для Э. К. Герлинга и, можно сказать, спас Богоявленского. Семья Богоявленского подверглась репрессиям и была назначена к высылке. Как рассказывал автору сын Богоявленского — Михаил Леонидович Богоявленский, их вернули уже с дороги исключительно благодаря ходатай-

ствам В. Г. Хлопина. Многие сотрудники даже и не знали, что остались в институте из-за заступничества Хлопина.

Виталий Григорьевич Хлопин всегда самое трудное, тяжелое, опасное брал на себя. Это была не бездумная храбрость, близкая к лихачеству, а продуманная мужественная позиция руководителя нового опасного во всех отношениях дела. Он понимал, знал и предвидел больше других; имел больше прав и полномочий, но считал, что именно поэтому и обязанности его должны быть соответственно высокими. Хлопин не позволял себе никаких льгот и привилегий, кроме права принять решение в сложных ситуациях и взять на себя груз ответственности, так было и в большом, и в малом. Профессор В. П. Шведов, увидев, что Хлопин лично развешивает препараты радия, удивленно заметил: «Вы, академик, директор института, у Вас так много работы, так много сотрудников, которые могут заняться расфасовкой радия, а Вы не бережете своего здоровья...». В ответ он услышал: «Меня как директора врачи не осматривают, а другие сотрудники находятся под тщательным медицинским контролем, поэтому я и взвешиваю сам» [III, 40, с. 184]. Это не говорит о том, что Хлопин был добреньким. Просто ученый руководствовался в жизни определенными принципами, которыми не поступался в зависимости от обстоятельств. О принципиальности Хлопина говорили многие его современники. А. А. Гринберг, отзываясь о Хлопине, как о человеке очень принципиальном, писал: «Если он считал, что кто-нибудь поступает неправильно, он не стеснялся выражать свое мнение по этому поводу...» [III, 40, с. 147]. То же самое отмечала и В. Л. Менчак — племянница М. А. Пасвик: «Если что-либо ему (Хлопину. — Н. У.) не нравилось, всегда умел дать понять это другому человеку тактично, но так, что запоминалось на всю жизнь» [III, 40, с. 190].

Будучи от природы человеком вежливым и деликатным, Хлопин, по словам Тагеевой, «не терпел никакой фамильярности или хамства. В случае проявления их Виталий Григорьевич решительно и твердо удалял человека из своего окружения, из института. Поэтому в Радиевом институте, при простоте отношений, была и строгость» [I, 62, с. 18].

В повседневной жизни Виталий Григорьевич был

приветлив, доброжелателен и прост в обращении. Доступный для всех сотрудников в институте, проводящий там, как правило, три четверти суток, он не имел ни времени, ни душевных сил на какие-либо увлечения. Редкие минуты отдыха отдавал близким, наслаждался музыкой и природой. Летние месяцы, если не уезжал в экспедиции, проводил на даче в Ольгино, которую очень любил за тишину, обилие цветов. На даче Хлопины снимали первый этаж из четырех комнат с террасой; верхний — занимали хозяева. Ольгино находилось вблизи Ленинграда, поэтому туда ездили каждый день прямо с работы. В выходные дни или во время отпуска совершали длительные прогулки или уходили в лес на целый день собирать грибы и ягоды. Почти ежегодно на даче жили племянницы Марии Александровны. Когда же они уехали из Ленинграда, Хлопины пригласили в Ольгино семью Старика — Иосифа Евсеевича, Анну Сергеевну и их дочь Наташу. «Мы ездили в Ольгино каждый день, — вспоминала А. С. Старик, — и очень любили такие летние вечера на даче. В саду пахло табаком и маттиолой. После ужина Виталий Григорьевич и Иосиф Евсеевич обычно усаживались на скамеечке в саду и, охладив бутылочку пива в колодце, вели длительные беседы...» [III, 40, с. 176]. Обсуждались дела в институте, предстоящие защиты, поездки.

Научно-исследовательская работа в институте велась широким фронтом. Идея комплексной структуры института позволяла строить работу не по отделам, а по проблемам, в решении которых принимал участие каждый из отделов института. Конечно, при этом существовала и узкая специализация ученых, и своя специфика тем в каждом отделе. В достаточной степени условно можно выделить следующие основные направления научных исследований в ГРИ в довоенный период:

1. Изучение явлений перехода микрокомпонента из раствора в твердую фазу. Эти исследования выросли из разработки научных основ дробной кристаллизации солей при промышленном получении радия. Уже в 1924 г. было показано решающее значение изоморфизма соединений в этом процессе. В дальнейшем Хлопин с сотрудниками установили важные теоретические и количественные закономерности относительно распределения микрокомпонентов в двухфазных

системах (Хлопин, Никитин, Полесицкий, Ратнер, Толмачов, Меркулова, Самарцева, Старик).

2. Геохимия радиоэлементов и конечных продуктов радиоактивного распада — гелия и изотопов свинца. Эти работы начались в 1926 г. Сначала в основном изучалась геохимия гелия. В дальнейшем была показана необходимость изучения миграции в земной коре не только начальных и конечных членов радиоактивного ряда распада, но и относительно коротко живущих промежуточных членов этого ряда (радия, мезотория, радиотория, радона, торона и др.). Определение количественного соотношения этих элементов позволяло решать вопросы, связанные с определением последовательности геологических и геохимических процессов, установления абсолютного возраста молодых и очень молодых геологических образований и многое другое (Вернадский, Хлопин, Никитин, Комлев, Старик, Савченко, Баранов, Черепенников и др.).

В конце 30-х годов после окончания строительства циклотрона начался большой цикл исследований, касающийся химической природы продуктов деления тяжелых ядер, искусственных радиоэлементов и искусственной радиоактивности вообще.

Циклотрон

Начало 30-х годов XX в. оказалось насыщенным открытиями в области радиоактивности. Они в основном были связаны с изучением характера и интенсивности различных излучений радиоактивных элементов, что, по выражению Хлопина, подвело «вплотную к изучению ядра и к открытию искусственной радиоактивности» [1, 68, л. 1].

Резерфорд еще в 1924 г. высказал мнение, что одним из наиболее интересных и важных методов познания структуры ядра является изучение природы γ -излучений, испускаемых некоторыми радиоактивными веществами. Этот путь оказался действительно плодотворным. Было установлено, что γ -лучи — это своего рода характеристический спектр ядра, и их испускание происходит вследствие возмущения, вызванного вылетом α - или β -частицы. Наконец, в 1932 г. Резерфорд в Лондонском королевском обществе на дискуссии, посвященной структуре атомного ядра, отметил, что теперь выяснилась связь γ -излучения с

переходом α -частицы с одного уровня энергии в возбужденном атоме на другой.

Для возбуждения атомов их бомбардировали другими частицами, например, протонами, которые должны были обладать достаточно высокой энергией. Так встал вопрос о создании ускорителей частиц. Для этой цели использовалось энергетическое поле с большой разностью потенциалов в высоком вакууме. Техническое осуществление идеи ускорителей было сопряжено в те годы с большими трудностями. В 1932 г. Резерфорд сделал сообщение о действующей установке такого рода, построенной Кокрофтом и Уолтоном в Кавендишской лаборатории.

В 1930 г. в Калифорнии Э. О. Лоуренс (1901—1958) создал первый циклотрон, где для ускорения частиц использовалось не только электрическое, но и магнитное поле. Эффективность такого ускорителя оказалась очень большой и сулила замечательные перспективы. «В настоящее время, — говорил Хлопин в 1939 г., — циклотроны являются наиболее рациональными установками для получения ионных пучков большой энергии и мощности» [I, 68, л. 5 (об.)].

Инициатива постройки циклотрона в Радиевом институте принадлежала Мысовскому и была активно поддержана Хлопиным и Вернадским. Явные успехи радиевой промышленности, в основе которых лежали результаты исследований сотрудников Радиевского института, обеспечили получение дополнительных ассигнований на научную работу, а главное, на закупку, конструкцию и монтаж нового оборудования и приборов. Основное внимание сосредоточили на циклотроне. Работы начались в 1932 г., а полностью закончились лишь в 1937 г.

Создаваемый в институте циклотрон вызвал большой и широкий интерес. Уже в 1934 г. гости юбилейного съезда, посвященного столетию Д. И. Менделеева, осматривали в числе научных достопримечательностей Ленинграда монтирующийся циклотрон. Об этом писал участник съезда Панет: «Даже те, кто был знаком с литературой, связанной с интересной научной работой своих русских коллег, были поражены обширными исследованиями, проводимыми в различных институтах, как, например, в Институте радия (под руководством академика В. И. Вернадского и члена-корреспондента В. Г. Хлопина), в Институте

химической физики (академик Н. Н. Семенов) или в Институте технической физики (академик А. Ф. Иоффе). Трудно было бы назвать какую-либо современную проблему из области физики и химии, которая не разрабатывалась бы русскими учеными в дружеском соревновании с их коллегами в западных странах; в то же время финансовые средства, представленные им для научных целей, в некоторых случаях были даже больше, чем на Западе.

С особой гордостью внимание посетителей направляли на многие образцы аппаратов, сделанных в России; можно упомянуть, например, что... гигантский электромагнит в цокольном этаже Института радия и аппарат высокого напряжения (для ускорения заряженных частиц по методу Э. О. Лоуренса) были сконструированы с применением русских материалов и установлены русскими электротехниками» [I, 64, с. 375].

Упомянутый Панетом электромагнит диаметром в 1 м весил 35 т. Его части были отлиты из специальной марки железа на заводе «Большевик»; электромагнит обрабатывался и собирался на заводе «Электросила». «Этим двум заводам, особенно последнему, внесшему ряд ценных предложений, особенно в части обмотки электромагнита, я не могу не выразить здесь нашу благодарность», — говорил Хлопин на общем собрании Академии наук [I, 68. л. 6]. Другую часть установки — высокочастотный коротковолновый генератор — создали сами сотрудники Радиевого института.

Строительство первого в СССР циклотрона было сопряжено с рядом трудностей. Первую протонную камеру соорудили уже к осени 1935 г. и даже получили впервые протонный пучок. Однако этот результат не удовлетворил ученых и конструкторов: пучок оказался «нечистый» и имел небольшую мощность. Пришлось строить камеру заново, а для обеспечения необходимого высокого вакуума пригласить специалиста с завода «Светлана». Не обошлось без досадных обвинений со стороны не разобравшихся в ситуации курирующих учреждений. Об этом писал Хлопин Вернадскому в Прагу в одном из писем 1935 г.: «Вопросом о том, почему так долго нет никаких положительных результатов с установкой, уже интересовались в разных инстанциях, вплоть до „Красной га-

зеты“, где в середине сентября появилась целая статья под заглавием „Атомное ядро и большое самолюбие“... Мне пришлось давать еще до появления этой статьи объяснения по этому вопросу, которыми, по-видимому, удовлетворились. После появления статьи уже в октябре приезжал из Наркомпроса специалист, которому специально было поручено ознакомиться подробно с этим делом... он оказался очень толковым, просмотрел весь материал, ознакомился с установкой и пришел к выводу, что газетная заметка не соответствует действительности... Таким образом, Вы видите, что за последнее время мы имели массу удовольствия с этой установкой» [I, 38, с. 40].

Для ускорения работ по монтажу циклотрона в «работающую бригаду» ввели дополнительно несколько сотрудников и начали работать в три смены круглосуточно. Однако необходимый вакуум получить все-таки не удавалось, и протоны, сталкиваясь с молекулами воздуха, не создавали излучения высокой мощности. Успех пришел, когда отказались¹ от этой цели и воспользовались оригинальной идеей И. В. Курчатова: «промыть» камеру дейтерием и при последующем разряде разгонять не протоны, а дейтоны, которые, взаимодействуя между собой, дают интенсивное излучение нейтронов. В итоге циклотрон стал работать как мощный источник диффузного нейтронного излучения. 16 марта 1937 г. В. Н. Рукавишников «демонстрировал пучок с энергией в 2 000 000 электрон-вольт собравшимся на заседание Совета физикам и химикам Ленинграда» [I, 38, с. 46].

Справедливости ради, надо сказать, что в прессе нашли отражение и достижения Радиевого института. Так, «Ленинградская правда» 17 марта 1937 г. поместила статью «Атомная пушка. Крупный успех Радиевого института», которая начиналась сообщением: «В лаборатории Радиевого института вчера собралось несколько десятков ленинградских физиков. Профессор Л. В. Мысовский и старший научный сотрудник В. Н. Рукавишников едва успевали отвечать на многочисленные вопросы, посвященные устройству мощной установки для расщепления атомного ядра. Установка вполне заслуживает названия атомной „пушки“... В настоящее время... на всем земном шаре имеется всего пять подобных атомных „пушек“. Че-

тыре из них находятся в Америке. Все они меньше советской». Спустя два года, выступая на общем собрании Академии наук, Хлопин вполне ответственно утверждал: «В настоящее время циклотрон Радиевого института является единственной установкой в нашем Союзе и первой действующей установкой в Европе... он стоит на уровне самых больших действующих установок этого рода» [I, 68, л. 5 (об.)].

Циклотрон предполагали использовать в институте как мощный источник излучения с целью получения искусственных радиоактивных элементов. В дальнейшем установка Радиевого института была усовершенствована, а ионизационная камера переведена на новый режим работы. Это позволило проводить интересные исследования, приведшие к замечательным открытиям, сделанным в стенах института. Бригадой, работавшей на циклотроне, руководили Мысовский и Рукавишников; в ее состав в разное время входили: Д. Г. Алхазов, К. А. Бразмейстер, Н. Ф. Волков, И. И. Гуревич, Б. С. Желепов, Б. В. Курчатов, М. Г. Мещеряков и др. В августе 1937 г. заведующим циклотронной лабораторией был назначен И. В. Курчатов.

Одновременно с проведением научных исследований на циклотроне шла работа по его усовершенствованию. Уже к началу 1939 г. были получены пучки нейтронов с интенсивностью, эквивалентной радон-бериллиевому источнику с 3,5 кг радия [I, 61, с. 82].

Весьма продуктивными оказались исследования в области изучения процессов деления тяжелых ядер под действием медленных нейтронов, которые проводились и радиофизиками (Мысовский, Жданов) и радиохимиками, которые под руководством Хлопина занимались установлением химической природы продуктов деления урана и тория. «Опыты, которые удалось поставить, использовав циклотрон, делают весьма вероятным,— писал Хлопин в 1939 г.,— что трансураны все же существуют, т. е. что распад урана под действием нейтронов течет различными путями» [I, 38, с. 54]. Повторные исследования, предпринятые Хлопиным в этом направлении, подтвердили его предположение. «В самом начале июля,— писал он Вернадскому,— мне вместе с Марией Александровной (Пасвик — Н. У.) и Волковым удалось установить два новых типа деления ядра урана под действием

нейтронов, при которых радиоксенон и радиокриптон являются не первичными обломками урана, а находятся где-то в середине цепи β -распада» [I, 38, с. 56].

К числу фундаментальных открытий в области искусственной радиоактивности и искусственных радиоэлементов Хлопин относил открытие изомерии ядра, сделанное в 1935 г. И. В. Курчатовым, Б. В. Курчатовым, Л. В. Мысовским и Русиновым, и нового вида радиоактивности, обнаруженного в 1940 г. К. А. Петржаком и Г. Н. Флеровым. Это новое явление заключалось «в самопроизвольном распаде ядра урана на два тяжелых обломка, вылетающих с огромной энергией и представляющих собою ядра атомов химических элементов, расположенных в периодической таблице ближе к середине...» [II, 131, с. 57] и было идентично с делением урана под действием нейтронов.

Процесс воздействия медленных нейтронов на атомы урана привлекал все большее внимание ученых, поскольку при этом происходило не только деление атомов урана, но и выделение свободных нейтронов и, что особенно важно, в количестве большем, чем затрачивалось. В результате весь процесс сопровождался выделением огромного количества энергии. Эта «ядерная реакция... — писал Хлопин в 1939 г., — дает в руки человечества надежду со временем подчинить себе и огромные внутриатомные энергии и заставить их служить для удовлетворения его нужд. Одна такая надежда целиком оправдывает труд и расходы, связанные с изучением ядерных реакций, приводящих к образованию искусственных радиоактивных элементов» [I, 69, л. 5].

Однако мощные излучения, огромные энергии, с которыми приходилось работать, создавали и ряд новых проблем, прежде всего в самом институте. Хлопин рассказывал на общем собрании Академии наук, что действие нейтронного излучения от циклотрона, расположенного в цокольном этаже, проявляется сильно даже на втором этаже в библиотеке, где на столах можно активировать металлы. Естественно, подчеркивал Хлопин, «вопрос защиты от излучений приобретает сейчас для нас первостепенную важность» [I, 68, л. 7 (об.)].

И еще одно немаловажное обстоятельство отмечал Хлопин. В отличие от других источников энергии, таких, как уголь или электрическая машина, которые

можно в любой момент не только заставить выделять нужную энергию, но и прекратить ее подачу, в случае радиоактивного излучения «мы совершенно бессильны: мы не только не можем заставить прекратить выделять энергию, но и не можем сколько-либо изменить, увеличить или уменьшить ее выделение» [I, 69, л. 2]. И это накладывало огромную ответственность на всех ученых и инженеров, имеющих отношение к такому роду деятельности.

Вообще работы на циклотроне требовали постоянного внимания, контроля и, конечно, немалых средств. Даже осуществление текущих работ, например смена трансформатора, подведение нового кабеля по требованию Ленэнерго, наталкивалось на всяческие затруднения. «Меня очень беспокоит, — писал Хлопин, — что президиум Академии никаких дополнительных средств на работы с «циклотроном», несмотря на наше ходатайство, в текущем году не дает» [I, 38, с. 52]. Не имея денег на производство неотложных технических и ремонтных работ, Радиевый институт был вынужден на некоторое время приостановить исследования на циклотроне, хотя в них были заинтересованы многие ученые — ведь циклотрон института оставался тогда единственным в СССР.

«Циклотрон после некоторого перерыва — лопнули изоляторы в камере, вновь в работе, — сообщал Хлопин Вернадскому в апреле 1939 г., — причем выдержал непрерывную работу в течение суток (24 часа). Теперь, с 10 апреля в течение 12 дней мы предполагаем пускать циклотрон ежедневно, а иногда и по двое суток подряд, с тем чтобы результаты его работы могли быть испробованы не только у нас в институте, но и рядом других учреждений. К использованию циклотрона, кроме физико-технического института, будут в течение этих 12 дней привлечены: 2) Институт химической физики Семенова, 3) Институт Н. Н. Петрова (Ленинградский онкологический институт — *Н. У.*), 4) и 5) Химические лаборатории 1-го Медицинского института им. Павлова и Ленинградского университета (А. А. Гринберг и И. И. Жуков) и, наконец, 6) Физиологический институт им. Павлова (лаборатория проф. В. С. Садикова)» [I, 38, с. 54]. По окончании этой «показательной декады» Хлопин предполагал на расширенном заседании Ученого совета обсудить результаты и наметить необходимые

мероприятия, обеспечивающие правильную, бесперебойную и эффективную работу на циклотроне. Таким образом, отмечал в 1982 г. Л. Н. Лазарев, директор Радиевого института им. В. Г. Хлопина, «опыт создания и отладки первого циклотрона послужил школой для ученых, возглавивших впоследствии строительство новых, более мощных отечественных ускорителей» [I, 61, с. 82].

На основе полученного опыта Хлопин предполагал «войти в Президиум, а если будет нужно, то и в правительство, со специальной запиской о том, как следует организовать и обставить эти работы» [I, 38, с. 54]. Имевшиеся результаты и открывающиеся перспективы были слишком серьезны, чтобы оставаться только в ведении Радиевого института. Об этом Хлопин говорил 4 мая 1939 г. на заседании президиума АН СССР. Президиум отметил значительные успехи Радиевого института в деле освоения первого советского циклотрона и признал необходимым всемерно развивать эти работы и в дальнейшем.

В предвоенные годы в работе Ученого совета Радиевого института принимали участие такие ученые, как В. И. Вернадский, В. Г. Хлопин, А. П. Виноградов, Л. В. Мысовский, С. А. Боровик, А. Б. Вериго, И. И. Жуков, Л. Н. Богоявленский, В. Я. Курбатов, Е. И. Старик, А. Е. Ферсман, Д. И. Щербаков, М. А. Пасвик, С. А. Щукарев, П. И. Толмачев, В. С. Садиков, Б. А. Никитин, М. Н. Ростова, М. Ю. Дейзенрот, А. В. Шубников, А. Е. Полесицкий, К. А. Ненадкевич, А. П. Ратнер, В. И. Баранов, И. Д. Старынкевич-Борнеман, В. А. Унковская, А. П. Жданов, Э. К. Герлинг, Н. Н. Петров, Е. С. Лондон, Г. А. Надсон, И. В. Курчатова, Д. Г. Алхазов. Творческое содружество ученых разных специальностей — здесь были представлены химики, физики, геохимики, биологи, медики, инженеры-конструкторы — способствовало возникновению интересных и плодотворных дискуссий при обсуждении работ на Ученом совете института, что, в свою очередь, давало новый импульс развитию научных исследований.

В июне 1940 г. Вернадский и Хлопин обратились к академику-секретарю Отделения геолого-географических наук АН СССР со специальной запиской, где, в частности, говорилось: «Открытое в 1939 г. явление деления ядер урана под действием нейтронов, сопро-

вождающееся выделением огромных количеств энергии ... впервые вплотную поставило вопрос о возможности использования внутриатомной энергии для нужд человечества... Уран... приобретает совершенно исключительное значение» [I, 65, с. 331]. Считая, что разведка известных месторождений урана и поиск новых производятся медленно и не объединены общей идеей, академики предлагали обсудить этот вопрос на заседании отделения, с тем чтобы «наметить план развертывания этих работ и войти в Правительство с проектом соответствующих мероприятий» [I, 65, с. 331].

25 июня 1940 г. состоялось заседание Отделения геолого-географических наук АН СССР, на котором с совместным докладом выступили Вернадский и Хлопин. Освещая это событие, газета «Известия» писала: «Сейчас, сказал академик Хлопин, стоит срочный вопрос о создании сырьевой базы урана. Нужно, чтобы к моменту, когда вопрос о техническом использовании внутриатомной энергии будет решен, мы располагали необходимыми запасами этого металла» [I, 65, с. 332].

Проект необходимых срочных мероприятий по финансированию работ в области использования внутриатомной энергии было поручено разработать академиком Вернадскому, Хлопину и Ферсману. Эта «тройка», по выражению Вернадского, энергично приступила к работе. Какое значение придавали своей работе ученые, как серьезно оценили момент и правильно предвидели будущее, видно из письма Вернадского к О. Ю. Шмидту (1891—1956), написанного 1 июля 1940 г.: «Мы считаем, что вопрос, поставленный теперь жизнью, является вопросом величайшей важности для будущего человечества. По имеющимся известиям ... сейчас в США и в Германии идет энергичная и организованная работа в этом направлении ... Наша страна ни в коем случае не может стоять в стороне и должна дать возможность и денежные средства для широкой организованной и спешной работы в этой области первостепенного значения» [I, 65, с. 332—333].

Проблема использования внутриатомной энергии, по мнению ученых, должна была выйти за пределы отдельных лабораторий и институтов и приобрести государственный масштаб.

«Сейчас крупный сдвиг в области радиоактивности,— писал Вернадский в июле 1940 г. своему другу

П. Л. Драверту, — и мы с Хлопиным подняли вопрос об организации широкой и глубокой работы у нас ... над ураном как источником новой внутриатомной энергии. Я думаю, что мы стоим на переломе» [I, 65, с. 335].

В Великую Отечественную...

Война, заставшая В. Г. Хлопина в академическом доме отдыха «Узком», сразу внесла жесткие, принципиальные изменения в планы научных исследований. Теперь все подчинялось интересам обороны. Уже на следующий день после нападения фашистской Германии на нашу страну группа ученых, отдохавших в Узком, направила в газету «Правда» заявление, названное ими «Плечом к плечу со своим народом». Его подписали академики С. А. Чаплыгин, В. И. Вернадский, В. Г. Хлопин, А. Я. Манандян, В. Н. Образцов, П. П. Маслов, Ф. А. Ротштейн, член-корреспондент АН СССР Х. С. Коштоянц. Еще через неделю АН СССР обратилась с воззванием «К ученым всех стран». Все академики срочно вернулись в свои институты. Началась тяжелая работа по эвакуации промышленности, основных высококвалифицированных инженерных и научных сил на восток. На местах предстояло в кратчайшие сроки наладить производства и научные изыскания оборонного характера. При этом часть сырьевых баз оказалась уже отрезанной, значительное число промышленных объектов демонтировано или разрушено, средства весьма ограничены, а некоторые из специалистов призваны в действующую армию. Все это в полной мере касалось Хлопина и Радиевого института.

В июле 1941 г. Совнарком СССР принял решение о эвакуации в тыл ряда институтов Академии наук, в том числе и Радиевого. Академические институты химического профиля направлялись в Казань, где имела достаточно развитая научная база. Организационная работа по эвакуации институтов в Казань и налаживанию их работы на новом месте была возложена на вице-президента АН СССР академика О. Ю. Шмидта. В середине июля в Казань начали прибывать из Москвы и Ленинграда химические институты, а затем Физико-технический и Радиевый; в августе в Казань переехал Президиум АН СССР во главе с вице-президентами О. Ю. Шмидтом и Е. А. Чудаковым. К началу зимы 1941 г. в городе уже находилось 33 академиче-

ских учреждения с 1884 сотрудниками, в числе которых были 39 академиков и 44 члена-корреспондента с семьями. Эвакуированные институты и лаборатории разместились в зданиях Казанского университета и Химико-технологического института.

В августе в Казань прибыл и Хлопин с семьей, с ним приехала мать, жена и ее больной брат. Сотрудники Радиевого института приехали в Казань немного позднее. В сентябре 1941 г. Хлопин писал Вернадскому, который в 1941—1945 гг. жил в академическом пансионе «Боровое»: «Вот уже полтора месяца, как мы в Казани. Институт тут помещается весь в четырех больших комнатах, общей площадью в 225 м². Получили мы совершенно пустые комнаты, которые понемногу оборудуем ... Основное направление работ Института пришлось прервать отчасти вследствие невозможности вести их пока в условиях Казани, отчасти вследствие постановки ряда работ, обусловливаемых переживаемым моментом. Из больших работ, связанных со старым направлением, упомяну о постановке комплексных гидрологических, гидрохимических, радиологических и газовых исследований, связанных с разведкой на нефть в Татарской Республике ... Устроились мы довольно хорошо, имеем две комнатки» [I, 38, с. 57].

Круг деятельности, общественных и административных обязанностей Хлопина в Казани был очень широк: ученый не только работал сам, но и руководил, консультировал, выезжал на места в составе различных комиссий. «Я занят довольно сильно, — признавался он в письме 1941 г. к Вернадскому, — так как мне приходится в Казани исполнять обязанности академика-секретаря Отделения химических наук» [I, 38, с. 57].

Огорчала не только нехватка времени — это было нормальным состоянием для Хлопина; мешало отсутствие оборудования, неустроенность института. Непроходящей тяжестью лежало на душе беспокойство за родной Ленинград — в нем оставался небольшой коллектив сотрудников Радиевого института и брат — Николай Григорьевич Хлопин с семьей. К этому времени Николай Григорьевич Хлопин (1897—1961) стал крупным специалистом в области гистологии. Окончив, как и все Хлопины, два высших учебных заведения — Петербургский университет и Военно-медицинскую академию, — он работал в таких ве-

дущих научных учреждениях Ленинграда, как Онкологический институт, Институт экспериментальной медицины, и главным образом в Военно-медицинской академии. Н. Г. Хлопину принадлежали многочисленные исследования, позволившие развить эволюционное направление в гистологии и создать теорию о дивергентной эволюции тканей. К концу войны Н. Г. Хлопин уже был действительным членом Академии медицинских наук СССР и генерал-майором медицинской службы. В ноябре 1941 г. он с семьей был эвакуирован в Самарканд вместе с Военно-медицинской академией, где заведовал кафедрой гистологии.

В ленинградской группе ГРИ обязанности директора исполнял А. Б. Вериго (1893—1953), безвыездно находившийся всю войну в Ленинграде и руководивший оборонными работами института. Уходили на фронт близкие сотрудники и ученики, и среди них — Ратнер и Петржак. Война подходила все ближе. Только работа давала силы и рождала дорогое чувство сопричастности с борьбой всего народа.

К концу декабря 1941 г. практически все сотрудники Радиевого института, которые должны были приехать, прибыли в Казань, и Хлопин смог наладить основную работу института. «Мы здесь в Казани понемногу развернулись... — писал он Вернадскому 28 декабря 1941 г., — и в настоящее время работаем удовлетворительно. Правда, страшно тесно и условия работы для радиоактивных веществ явно противоположные: мы имеем пять сообщающихся комнат, которые все, кроме одной, проходные, и таким образом, совершенно разъединить работы с открытыми и закрытыми препаратами радиоактивных веществ невозможно. Вследствие этого все помещения сильно заражены... работа в них, — горевал Хлопин, — со слабоактивными препаратами и толстослойными пластинками невозможна. Всех своих работающих со слабыми активностями — группа И. Е. Старика — я выселил пока в г. Чистополь, где они ведут работу в контакте с Главнефтью и Татгеолтрестом по геохимической и геофизической методике поисков нефти; в этих работах от нас принимает участие член-корреспондент Александр Григорьевич Вологдин, который на время эвакуации включен в состав Радиевого института. Для толстослойных пластинок, которые

теперь, с приездом сюда А. П. Жданова, я хочу вновь двинуть, я приискиваю небольшую комнату в стороне. А. П. Жданов и В. В. Белоусов приехали сюда недавно...

Это последние из моих сотрудников, которых я сюда поджидал, остальные остаются в Ленинграде охранять Институт и дожидаться нашего возвращения. Л. В. Комлев временно от радиоактивности и геохимии урана и тория отошел и сейчас был занят песками и глинами для стекольной промышленности и промышленности огнеупоров. Со второго квартала он вместе с В. В. Белоусовым и по идее последнего предполагает заняться вопросом о том, к какому геологическому периоду относятся рудные проявления Кавказа ... Группа Старика, к которой принадлежит и группа Герлинга, я думаю, получит опять очень интересные результаты. Число наших сотрудников, мобилизованных и находящихся на фронте, достигло 14 человек» [I, 38, с. 58—59]. И ничего об условиях собственной жизни, а они были, конечно, нелегкими. Демобилизованный позднее из армии и приехавший в Казань Петржак вспоминал: «Нередко на берегу Волги, у Бокалды, среди других сотрудников академических институтов можно было видеть академиков В. Г. Хлопина, И. Е. Тамма, П. И. Лукирского и других за разгрузкой барж с дровами» [III, 40, с. 57]. Многие обзавелись огородами. Трудное время, трудная жизнь, как у всей страны.

Условия военного времени не только изменили тематику исследований научных учреждений, но и породили новые формы работы. В тылу создавались Советы, Комитеты и Комиссии по использованию природных ресурсов соответствующих районов. Академик Хлопин принимал участие в работе Комиссии по мобилизации природных ресурсов Урала, Западной Сибири, Казахстана и Совета по мобилизации ресурсов Среднего Поволжья и Прикамья, при котором были созданы «химические бригады». Члены бригады, в том числе и Хлопин, выезжали в районы Второго Баку и на ряд заводов Татарии и Чувашии для разработки мероприятий по расширению и ускорению использования местных ресурсов и организации новых производств. В 1943 г. Хлопин писал по этому поводу Вернадскому: «Идя навстречу запросам местных геологических организаций, Радиевый институт

принял участие в работе по поискам нефти в Татарии. Один из методов, который был при этом применен, это вариант газовой съемки по В. А. Соколову, только вместо анализа на содержание метана и тяжелых углеводородов почвенного воздуха был применен анализ растворенных газов источников, колодцев и буровых вод» [I, 38, с. 62]. Вел анализ Э. К. Герлинг. Сначала методом сжижения он определял сумму тяжелых углеводородов, а затем сжигал их для определения среднего углеродного числа, что позволяло установить «степень сложности молекул этих газов. При этом он обнаружил интересный факт, что нередко при значительном объеме конденсата, который должен содержать тяжелые углеводороды, последующий анализ его сожжением дает значение углеродного числа значительно меньше единицы, что явно указывает на примесь ... газа, совсем углерода не содержащего» [I, 38, с. 62]. И, действительно, анализ этого газа, проведенный на специальном приборе, показал наличие в нем закиси азота, иногда в значительном количестве. «Это обстоятельство, — делал вывод Хлопин, — требует специальной предосторожности при интерпретации результатов газовой съемки по Соколову, когда проверочное сожжение конденсата проводится лишь выборочно» [I, 38, с. 62].

В начале 1943 г. был поставлен вопрос о возможности постепенного возвращения некоторых академических институтов в Москву. «Очень надеюсь, — писал Хлопин Вернадскому летом 1943 г., — что с окончательным переездом учреждений Академии в Москву, который должен закончиться к октябрю, и по окончании довыборов (выборы в Академию были назначены на 30 сентября 1943 г. — *Н. У.*) меня освободят от всех этих дополнительных нагрузок и можно будет больше заниматься делом, а то боюсь, что разучусь работать» [I, 38, с. 61]. Но научные исследования, конечно, велись и Хлопин принимал в них личное участие. Другое дело, что это были не те работы, которые он считал первостепенными.

Советские физики и химики в полной мере понимали значимость проблемы урана и необходимость форсирования работ в области ядерной физики. Даже в Казани, где почти не было условий, средств и времени для выполнения таких работ, конструировались приборы, разрабатывались новые методики с целью

попытки синтеза соединений урана, пригодных для разделения изотопов этого элемента. Но исследования на таком фронте науки требовали для успеха других масштабов. Когда поступили сведения о появлении сверхоружия в фашистской Германии, цена промедления стала очевидной не только для ученых, близких к этой проблеме. Еще в 1942 г. находящийся в армии Г. Н. Флеров обращался к А. Ф. Иоффе, а затем в ГКО к И. В. Сталину с предложением срочно возобновить широкие исследования по ядерной физике. В январе 1943 г. к вице-президенту АН СССР академику А. Ф. Иоффе и уполномоченному ГКО С. В. Кафтанову с развернутым письмом-программой обратился и Хлопин. В итоге в 1943 г. ГКО принял проект по созданию в кратчайшие сроки отечественной атомной промышленности. Работу по осуществлению этого проекта возглавил И. В. Курчатов.

Перед коллективом Радиевского института была поставлена чрезвычайно трудная и важная задача — разработать технологию выделения плутония-239 из облученного в реакторе урана. По теоретическим расчетам плутоний, получающийся при облучении урана нейтронами, должен был не уступать урану-235 как ядерное горючее. Руководство этими исследованиями возлагалось на Хлопина. Так, в жизни ученого и Радиевского института начался новый период, связанный с освоением атомной энергии.

Одновременно Наркомцветмет получил правительственное задание создать лабораторию по разработке технологии получения металлического урана, которую возглавила З. Н. Ершова. Таким образом, радиохимические исследования в рамках урановой проблемы велись в Радиевом институте и Гиредмете; несколько позднее — в радиохимической лаборатории Академии наук (Б. В. Курчатов) и на кафедре неорганической химии Московского университета (В. И. Спицын, В. В. Фомин).

«Обсуждение программы работ было очень своеобразным, — вспоминала позднее З. Н. Ершова. — Никто не давал точных заданий и поручений. Нужно было решать все технологические вопросы, которые выдвигались атомной проблемой: нужен был уран металлический и его соединения высокой степени чистоты. Степень чистоты называлась физиками, не считаясь с тем, что методов анализа такой чув-

ствительности не существовало» [III, 40, с. 113]. К тому же оба института в 1943 г., когда были получены эти задания, не располагали ни помещением, ни оборудованием. Особенно тяжелое положение было у Хлопина: в 1943 г. Радиевый институт еще не мог вернуться в Ленинград, а получить плутоний в Казани не представлялось возможным. Хлопин принял решение начать исследования на имитаторах, чтобы разработать способы отделения элемента 94 от урана и продуктов деления, которые должны были накапливаться при нейтронном облучении урана и делении урана-235.

Однако руководители проекта требовали срочной разработки основной проблемы и с этой целью Хлопину предложили перевести институт из Казани в Москву, не дожидаясь снятия блокады Ленинграда. Это крайне расстроило ученого. Ершова вспоминает, как сильно переживал Хлопин даже возможность такой постановки вопроса. «Радиевый институт,— говорил он,— это не просто научный институт. Это институт с традициями, он не только мое детище, но и детище Вернадского и детище Ленинграда. Переводить институт в другой город — это значит его разрушить, это значит потерять квалифицированные кадры. Этого я не могу допустить!..» он категорически отказался и не дал своего согласия [III, 40, с. 114]. В 1945 г. Радиевый институт вернулся в Ленинград.

А пока сотрудники оставались в Казани, где, как уже отмечалось, условия жизни и научной работы были очень тяжелые. На Хлопине лежала колоссальная нагрузка — Химическое отделение АН СССР и институт, участие в работе многих комиссий, поездки в Москву и Чистополь, а также в различные районы Татарии, научное руководство многими работами по радиохимии. Наконец, ответственное правительственное задание. К этому времени здоровье Виталия Григорьевича ухудшилось: у него открылись старые язвы на подушечках пальцев и сильно болели ноги. Но все разговоры о своем здоровье он решительно прекращал, хотя о своих сотрудниках заботился постоянно. Так, он добился для работников института специального медицинского обслуживания и двойных правительственных пайков. Вместе с А. Ф. Иоффе Хлопин организовал сбор денег, а затем продуктов для оставшихся в блокадном Ленинграде сотрудников Радиевского и

Физико-технического институтов. Инженер А. К. Кондратович повез в Ленинград из Казани сахар, муку, витамины. «В тяжелые годы войны,— вспоминали Г. М. Толмачев и В. И. Гребенщикова,— Виталий Григорьевич... помогал всем, как только мог, и его высокие человеческие качества, его обаяние проявлялись в те годы еще сильнее» [III, 40, с. 167].

Параллельно с работой по основной проблеме, поставленной правительством, Радиевый институт участвовал и в решении других задач оборонного характера. В 1943 г. Хлопин совместно с Никитиным и Полесицким разработал метод выделения и промышленного применения радиотория; эта работа была удостоена Государственной премии. Одним из направлений практического использования радиотория было производство люминофоров. Цех по выпуску этой продукции был создан уже в первые дни войны на одном из оборонных заводов. «За годы войны,— отмечалось в письме руководства завода в президиум АН СССР,— цех успешно выполнил задания Наркомата и полностью обеспечил люминофорами производство авиаприборов для боевых и транспортных самолетов.

В работе завода по налаживанию технологии производства люминофоров, равно как и в массовом их выпуске, неизменное участие принимал академик, лауреат Сталинской премии Виталий Григорьевич Хлопин.

Академик Хлопин является автором активации люминофоров смесью радия-мезотория и радиотория и внедрения ее в промышленное производство...

Несмотря на трудные условия военного времени В. Г. Хлопин организовал в своем институте производство радиотория и бесперебойно снабжал им наш завод...» [I, 70, л. 1]. Выражая надежду и уверенность в развитии установившейся столь плодотворной связи теории с практикой и лично с академиком Хлопиным, администрация завода ходатайствовала «перед президиумом АН СССР о необходимости отметить его плодотворную деятельность...» [I, 70, л. 1]. Одновременно дирекция этого завода обратилась лично к Хлопину с письмом, где, в частности, говорилось:

«Многоуважаемый Виталий Григорьевич! В декабре 1944 г. исполняется три года работы цеха светосоставов завода... Дирекция, партийно-профсоюзная организация и инженерно-технический состав завода

пользуются предоставившейся возможностью выразить Вам, Виталий Григорьевич, самую горячую признательность и благодарность за научные советы, консультации и практическую помощь, которые Вы всегда оказывали заводу и в особенности в периоды трудностей в организации и налаживании технологии этого производства ... сегодня наша горячая благодарность, посылаемая Вам, пусть будет для Вас напоминанием о делах, выполненных на нашем заводе при лично Вашем участии и помощи коллектива вверенного Вам института, во славу нашей Великой Родины...» [I, 70, л. 2].

Участвуя в различных совещаниях по вопросам развития атомной промышленности, Хлопин приезжал из Казани в Москву и Ленинград. Окончательно Радиевый институт и его сотрудники вернулись в Ленинград, как уже говорилось, в 1945 г. Радость великой победы, возвращения в родной город омрачилась личными утратами Хлопина — по дороге из Казани в Ленинград в поезде умерла его мать, Екатерина Александровна Хлопина. Годом раньше (в 1944 г.) в Казани умер близкий сотрудник Хлопина Полесицкий. В Москве получили сообщение о смерти В. И. Вернадского.

Вернувшись в Ленинград, Хлопин сосредоточил усилия коллектива института над решением проблемы ядерного горючего. В конце 1947 г. были получены первые микрограммовые количества плутония, а в 1948 г. плутоний уже выпускался радиохимическим заводом.

Педагогическая и общественная деятельность

Педагогической работой Хлопин начал заниматься очень рано, еще не закончив университета. В 1911—1913 гг. он руководил лабораторным практикумом по методике проведения санитарных анализов в Петербургском клиническом институте (ныне Ленинградский институт усовершенствования врачей).

После окончания Петербургского университета Хлопина оставили на кафедре общей химии физико-математического факультета, но начало его педагогической деятельности в университете, вероятно, следует отнести к 1917 г., когда он занял должность асси-

стента кафедры неорганической химии Петроградского университета. После революции он продолжал свои работы в университете, в лаборатории Чугаева: сначала на должности сверхштатного ассистента (1917—1924 гг.), а затем — сверхштатного доцента (1924—1925 гг.) [I, 18, л. 9]. Начиная с 1924 г. Хлопин все больше увлекается вопросами, связанными с подготовкой специалистов-радиохимиков.

Недостатки в преподавании и подготовке специалистов в высшей школе уже давно привлекали внимание передовых ученых, в том числе и химиков. Так, Чугаев неоднократно публично заявлял о необходимости изменения программ и характера обучения химиков в университетах, однако добиться ощутимых успехов тогда не удалось. Уже в первые послереволюционные и трудные для страны 20-е годы вновь встал вопрос о том, чему, как и в каком объеме обучать студентов высших учебных заведений и в частности химиков. Некоторое время бытовало мнение, что молодой Советской республике на первых порах можно ограничиться ускоренным выпуском специалистов. И тогда с трибуны Менделеевского съезда, в работе которого принимал участие и Хлопин, прозвучало со всей определенностью: «Менделеевский съезд ... со всей энергией и авторитетностью своей выражает протест против такой точки зрения. Второразрядные химики не нужны России» [I, 60, с. 196].

В полной мере это касалось и радиохимиков. Их обучение требовало преодоления многих дополнительных трудностей. Собственно по такой специальности студентов не готовили ни в одном русском учебном заведении. До сих пор по радиохимии специализировались выпускники физических и химических факультетов, главным образом за границей. В России до последнего времени преподавание курса радиохимии практически не было. Отдельные лекции по вопросам радиоактивности и даже небольшие курсы от времени до времени читались для широкой аудитории, а при некоторых научных центрах объявлялись небольшие курсы, рассчитанные на специалистов. Среди последних следует отметить курс из девяти лекций Е. С. Бурксера, объявленный в феврале 1912 г. при Одесской радиологической лаборатории. Его слушателями были врачи, студенты различных специальностей. В отдельных случаях студенты, проявляющие

интерес к новой науке, проводили работы по специально разработанным для них программам под руководством заведующих кафедрами или лабораториями.

Первые лекции по радиоактивности для студентов начали читать физики. Так, с 1912 г. на физико-математическом факультете Московского университета А. П. Соколов читал курс лекций «Радиоактивность», а с 1913 г. К. П. Яковлев читал специальный курс и вел практические занятия по радиоактивности. Здесь занимались физики, а иногда и химики. К. П. Яковлеву принадлежит авторство первого русского «Специального практикума по радиоактивности» (1913 г.). Практикум был рассчитан на подготовку физиков, химиков и минералогов по радиологии и имел «физическую» направленность. Профессора-химики, как правило, не читали курсов радиохимии, а включали в основной курс по неорганической, общей или физической химии небольшой раздел по радиоактивности. Кроме того, многие ученые выступали с докладами и публичными лекциями по различным вопросам радиоактивности [1, 71—73].

Первая попытка создания практикума по радиоактивности для химиков принадлежала Вл. И. Спицыну. Будучи еще студентом и работая в лаборатории неорганической и физической химии Московского университета, он разработал задачи радиоактивного практикума (1914 г.). Это обстоятельное руководство состояло из одиннадцати разделов, все задачи которых были лично отработаны автором. К сожалению, практикум Вл. И. Спицына остался не опубликованным.

В Петербургском университете, как уже упоминалось, первый курс «Радиоактивные вещества» был объявлен в 1913 г. В. А. Бородовским, но менее чем через год этот ученый умер. В 1914—1916 гг. этот же курс читал Г. Н. Антонов. После значительного перерыва в 1924 г. в Ленинградском университете специально для химиков курс «Радиоактивность и химия радиоактивных элементов» начал читать Хлопин.

Надо сказать, что педагогическая карьера Хлопина складывалась на первых порах медленно. Правда, еще в 1920 г. он был избран профессором Уральского государственного университета по кафедре химии, но, не имея возможности оставить работу в Петрограде, отказался от предложенной должности. Хлопин стал

доцентом Ленинградского университета лишь в 1926 г., после того как прочел курс по радиоактивности.

Лекции Хлопина пользовались большим успехом у студентов. Это был первый курс радиохимии в СССР, систематически читавшийся на протяжении ряда лет (1924—1930; 1934—1937), что во многом способствовало созданию новой специальности на химическом факультете Ленинградского университета. В числе слушателей курса радиохимии Хлопина были М. С. Меркулова, Б. А. Никитин, А. Е. Полесицкий, А. П. Ратнер, А. Г. Самарцева, А. С. Старик и многие другие известные впоследствии радиохимики.

Лекционным ассистентом Хлопина был П. И. Толмачов, а позднее А. Е. Полесицкий.

Курс лекций Хлопина, к сожалению, не публиковался. В архиве Радиевого института сохранилась лишь одна тетрадь с неполными конспектами некоторых лекций. Судя по этой тетради, курс Хлопина состоял, как минимум, из десяти лекций; здесь же можно найти названия и очень краткое содержание некоторых из последних пяти лекций: «Лекция VI. γ -лучи. Адсорбция γ -лучей; ионизирующее действие γ -лучей . . . Лекция VIII. Радиоактивный распад. Теория радиоактивных превращений. . . Определение радиоактивных постоянных. Лекция IX. Основной закон распада. Соотношение между радиоактивной постоянной и энергией испускаемых радиоэлементом α -лучей. Связь между атомным весом и константой распада (фаянс). Правило Л. Мейтнер X. Действие радиоактивных излучений. 1. Физическое. А. Ионизация. Б. Люминесценция (фосфоресценция и флюоресценция). . .» [I, 74].

Как быстро развивалась новая наука, а вместе с этим и характер и объем преподавания предметов, связанных с радиоактивностью, в том числе — радиохимии, может свидетельствовать простое сравнение приведенных отрывков из конспектов курса лекций Хлопина с программой лекций Г. Н. Антонова (1914—1916 гг.). Его программа включала лишь «Общее понятие о радиоактивности. Методы измерения. Главнейшие радиоактивные вещества. Характеристика лучей радиоактивных веществ. Дезинтеграционная теория. Радий и его свойства. Уран и происхождение радия. Торий и его семейства. Актиний и его семейства. Систематика радиоактивных элементов» [I, 75,

с. 148—149]. Уже простое сопоставление двух программ показывает, насколько глубже, серьезнее и, если можно так выразиться, специальное вел преподавание Хлопин. Курс Антонова был более доступным, общим и скорее ознакомительным, чем предназначенным для слушателей, специализирующихся в области изучения радиоактивных явлений.

Новый курс, введенный на химическом отделении Ленинградского университета в 1924 г., стал заметным событием. «С самого начала эти лекции завладели умами наиболее талантливых студентов нашего курса . . . — вспоминала А. С. Старик. — От них я неоднократно слышала восторженные отзывы о Виталии Григорьевиче, о его умении заинтересовать, увлечь молодежь своими идеями, о его личном обаянии» [III, 40, с. 167]. Слушателей было немного, в разные годы от 8 до 20 человек. Лекции читались в малой химической аудитории, почти неприспособленной для демонстрации опытов — и они не всегда удавались. Лектор, тогда еще молодой ученый тридцати четырех лет, держался сдержанно, суховато, избегал внешних эффектов. Его лекции «скорее носили характер беседы со слушателями». Такого же стиля чтения лекций Хлопин, по свидетельству Н. Г. Розовской, придерживался и в 30-е годы [III, 40, с. 182].

Кажется удивительным — негромкий спокойный голос, никакого внешнего блеска, иногда неудающиеся даже лекционные демонстрации, а студенческая аудитория покорена. Но это удивительно лишь на первый взгляд и для тех, кто не слушал лекций Хлопина. Студенты очень чутки на правду, истинную преданность науке и увлеченность. К тому же глубина и широта знаний лектора в новой науке при строгой подаче материала становились особенно очевидны. Перспективы захватывали. Всем этим Хлопин «вызвал к себе какое-то исключительное . . . доверие, желание иметь право называть его своим учителем» [III, 40, с. 182].

Практикума по радиохимии в Ленинградском университете не было и Хлопин предоставлял желающим возможность пройти практические занятия в Радиовом институте. Это были в основном измерения радиоактивности с помощью лепестковых электроскопов, изготовленных в мастерских института. В эти же годы Хлопин принимал участие в создании радиохимического практикума и в Московском университете. «В один

из летних дней 1924 г. ... — свидетельствует Э. В. Ершова, — в лабораторию вместе с В. И. Барановым вошел высокий человек спортивного вида. . . Он быстро и непринужденно завязал с нами разговор. . . раскрывал перед нами будущее науки о радиоактивности, убежденный в ее значении для общего развития науки, говорил о большом значении радия как источника радиоактивного излучения. Он приоткрывал перед студентами горизонты приложения приобретаемых ими знаний» [III, 40, с. 89].

Это был Виталий Григорьевич Хлопин. Его посещения радиологической лаборатории МГУ приобрели систематический характер, и «под его влиянием и при его активном участии был создан впервые в высшем учебном заведении Советского Союза радиохимический практикум. . . Студенты физики-радиологи осваивали методы выделения и определения радиоактивных элементов: радия, тория, мезотория, иония и др. . . Химики-аналитики, приглашенные Барановым из ВИМС'а, обучали студентов тонкостям химического анализа, который был положен в основу радиохимического анализа. Первое, что нам требовалось освоить, — делает важное замечание автор, — это то, что радиохимический анализ — есть химия микроколичеств вещества, обнаружение которого возможно лишь при использовании свойств испускаемого им излучения» [III, 40, с. 91].

Вокруг Хлопина группируются ученики и молодые сотрудники, интересующиеся радиохимическими проблемами, возникает прославившаяся впоследствии советская школа радиохимиков Хлопина. В середине 20-х годов в «квартире Хлопиных на улице Большой Зеленой, как когда-то в отцовском доме, часто можно было встретить сотрудников, дипломников, аспирантов и студентов. Для каждого находилось доброе, теплое слово, каждый мог рассчитывать быть выслушанным по любому личному вопросу» [III, 23, с. 27]. Молодежь тянулась к Хлопину: привлекали и его глубокие знания, и увлеченность наукой, и личное участие в решении современных проблем. Не последнюю роль играла интеллигентность и исключительная порядочность Хлопина, которая проявлялась в его отношениях с коллегами и учениками. Принципиальность в научных вопросах сочеталась в большом ученом с уважительным отношением к самым молодым начинаю-

щим сотрудникам. Он всегда отличался корректностью в разговоре, даже если был кем-то очень недоволен. Это недовольство проявлялось внешне лишь в том, что он называл собеседника строгим тоном «сударь» или «сударыня».

Хлопин руководил не только исследованиями своих сотрудников, но и дипломными работами студентов, кроме того, он помогал студентам младших курсов подобрать темы для докладов на семинарах, привлекал молодежь к работе в Радиевом институте. Помня, с каким интересом и увлеченностью он работал в студенческие годы в лаборатории Чугаева, Виталий Григорьевич теперь сам давал такую возможность студентам университета.

Обычно начиналась работа с разговора, при котором начинающему исследователю ставилась определенная задача и давалась отправная литература, изучив ее, следовало дальше самостоятельно вести работу. Так начинал свои исследования сам Виталий Григорьевич, к этому приучал и своих учеников. А. С. Старик рассказывала, что когда в конце 20-х годов она пришла в Радиевый институт для выполнения дипломной работы, Хлопин «сказал, что хочет предложить аналитическую работу и протянул мне журнал на английском языке, где было сказано несколько слов о новой качественной реакции на уран... Вот, Анна Сергеевна, Ваша задача будет установить возможность количественного определения урана этим методом и выяснить предел его чувствительности» [III, 40, с. 169]. Также он руководил и работой научных сотрудников. «В начале 1932 г., — вспоминала Н. В. Тагеева, — Виталий Григорьевич принес мне несколько свежих номеров американского журнала *Analytical Edition*... Я была должна найти в них и разработать методику определения бора в природных растворах» [1, 62, с. 40]. Хлопин щедро делился со своими учениками и сотрудниками научными идеями, предлагал темы для исследований и всячески поощрял их самостоятельность в научных поисках. При этом внимательно следил за ходом работ, но, по словам А. Г. Самарцевой, делал это «настолько деликатно и тонко, что зачастую нам, ученикам, даже трудно было разобраться, где кончается мысль Виталия Григорьевича и где начинается наша самостоятельная инициатива» [III, 40, с. 195]. Сам ход исследования,

казалось, приводил сотрудника к определенным выводам, сделанным самостоятельно, поскольку Виталий Григорьевич, консультируя работу, никогда не высказывал готового собственного заключения, а лишь всесторонне освещал данную проблему и помогал организационно. «Во время моей методической работы, которая длилась несколько месяцев,— пишет Тагеева,— Виталий Григорьевич приходил и, обычно раз в неделю, знакомился с результатами работы и был вполне доволен ими. С ним было необыкновенно легко сотрудничать, он с полуслова понимал меня и совсем не давил ни в чем; работа шла сама собой, казалось, мне просто везло!

Когда новый точный и простой метод определения бора в водах был в моих руках и нужно было начать определения, мне в помощь дали двух химиков нашей лаборатории» [I, 62, с. 40]. Не удивительно, что к Хлопину не боялись идти и с неудачами. Работая сам экспериментально и хорошо зная суть исследований своих сотрудников, он мог понять и затруднения и отрицательные результаты. По словам его сотрудников, «все, независимо от ранга, чувствовали себя с В. Г. Хлопиным легко и свободно. Он никогда не давил ни своей ученостью, ни своим авторитетом, к нему было легко обращаться с любыми вопросами и с любой просьбой» [III, 40, с. 164].

Хлопин хорошо разбирался в людях, умел подбирать для каждого из учеников и сотрудников такую работу, которая отвечала его способностям, знаниям и интересам. И считая это важным моментом, любил повторять: «Когда человеку нравится работа, он может гору свернуть» [III, 40, с. 195].

Со своими сотрудниками Хлопин любил беседовать прямо у рабочих мест и почти никогда не вызывал их в кабинет. Это касалось и начинающих и коллег по институту. Чаще всего он обходил лаборатории по вечерам. «Скрипнет паркет в соседней комнате, и бесшумно, легкими, быстрыми шагами входит Виталий Григорьевич,— вспоминала Н. Г. Розовская.— Остановится у рабочего стола, внимательно посмотрит, что (и, вероятно, как) делает сотрудник, обсудит получающиеся результаты, если нужно — подбодрит, если все идет гладко — одобрит» [III, 40, с. 182]. Хлопин был тем настоящим Учителем, разговор с которым рождал новые силы и желание работать даже

после неудач. «Слушал он так,— писала В. Р. Клокман,— что вы чувствовали, что в данный момент он целиком занят только вашим вопросом» [III, 40, с. 162]. Это столь дорогое для окружающих качество дано немногим руководителям.

Интерес к работе сотрудников Хлопин проявлял не только из педагогических соображений: это был подлинный интерес истинного исследователя. «В тех случаях, когда его работа особенно интересовала,— вспоминали сотрудники Хлопина,— он мог просидеть рядом не только день, но и ночь, с нетерпением ожидая получения результата...». Когда «В. И. Гребенщикова выделяла первые импульсы плутония из урана, облученного на нашем циклотроне... В. Г. Хлопин сидел в комнате и не уходил. Она умоляла его уйти, а он говорил: "Я на Вас не смотрю, но и не уйду. Хотите почитаю стихи?" И не ушел, пока опыт не был закончен. А сколько ночей он проводил в лаборатории А. Г. Самарцевой, когда она получала данные о валентности полония!» [III, 40, с. 165]. Такие дни и ночи не забывались.

Уважительное и заинтересованное отношение Хлопина к товарищам по работе создавало в институте атмосферу доброжелательности, творческого интереса к делам друг друга и всего коллектива. Виталий Григорьевич стремился привлечь как можно больше сотрудников института к участию в заседаниях Ученого совета, в дискуссиях на семинарах, стремясь сделать это необходимой и естественной частью их общественной и научной жизни. Поэтому очень скоро в институте уже «никто не удивлялся тому, что в дискуссиях... которые проводились регулярно и проходили очень оживленно, принимали участие и лаборанты...

Все настолько привыкли к дискуссиям и бесконечным спорам, в которых каждый упрямо отстаивал свою точку зрения, что, когда в институт приезжали ученые из других стран, такие дискуссии с их участием протекали очень легко и интересно. Нужно отметить, что в то время институт посещало много ученых с мировым именем, например, Нильс Бор, Ирен и Фредерик Жолио Кюри, Ган, Панет, Гейровский. В. Г. Хлопин старался привлечь к этим встречам максимальное число сотрудников» [III, 40, с. 165]. Конечно, дискуссии на таких встречах требовали от участ-

ников не только привычки к легкости и свободе выступлений, но и высокого уровня знаний.

Педагогическую деятельность Хлопина нельзя связывать только с чтением курса лекций в университете — это была лишь одна ее грань. Виталий Григорьевич несомненно обладал подлинным талантом педагога. Любая сторона его деятельности — административная, научная, общественная — всегда несла в себе элементы педагогики и была нерасторжимо связана с подготовкой кадров радиохимиков. Радиевый институт имел тесную связь с другими институтами, высшими учебными заведениями и прежде всего с химическим факультетом Ленинградского университета. В ЛГУ защищали диссертации сотрудники Радиевого института, выпускники ЛГУ стажировались в Радиевом институте и часто оставались его сотрудниками. Со временем Хлопин становится создателем и главой школы советских радиохимиков. К нему стремились многие молодые химики, поэтому появилась возможность отбирать стойких, преданных делу, талантливых, близких по духу и нравственным критериям специалистов. Это было залогом успеха его дела и свидетельствовало о принципиальности и дальновидности Хлопина — ученого, педагога и администратора. Недаром, выдвигая Хлопина в действительные члены АН СССР, академики Вернадский, Ферсман, Фаворский, Курнаков и Зелинский писали: «Огромны заслуги В. Г. Хлопина в деле подготовки радиологических кадров. Он впервые создал в нашем Союзе школу советских химиков-радиологов, занимающую видное место в мировой радиологии. Исключительная преданность В. Г. Хлопина делу, полное бесстрашие и вместе с тем предусмотрительность при вредной работе, личная экспериментальная работа, несмотря на чрезвычайную перегруженность руководящей работой, умение подбирать кадры по настоящему воспитало сотрудников института и создало благоприятные условия для роста его учеников» [1, 18, л. 18—19].

Кафедра радиохимии в Ленинградском университете была создана уже после войны, в 1945 г., когда появилась острая необходимость в радиохимиках и радиологах для развивающейся атомной промышленности. Новая кафедра рождалась в очень трудных условиях: здания университета еще только начинали ремонтироваться, не было необходимого оборудова-

ния, отсутствовали специально подготовленные кадры преподавателей. Коллектив Радиевого института только что вернулся из эвакуации и был занят восстановлением института и выполнением ответственного правительственного задания. И все же часть сотрудников — (И. Е. Старик, А. П. Ратнер, А. М. Гуревич и М. Л. Яценко) — помогали созданию кафедры, работая там по совместительству, на постоянную работу в университет перешла лишь А. С. Старик. Заведование кафедрой и чтение основного курса возлагалось на Хлопина.

А. С. Старик вспоминала, как, напутствуя ее, Хлопин сказал: «Конечно... по университетским канонам такая кафедра не существует и не может работать, но она должна работать, это — необходимо... у нас нет современного оборудования, но Резерфорд, Кюри, Содди делали свои великие открытия, используя лепестковые электроскопы. Нам важно научить студентов чувствовать радиоактивность, с одной стороны, не бояться активности, с другой стороны, приучить их опасаться заражения активными веществами приборов, рук, препаратов, научить их понятию о радиоактивной чистоте. А этому мы можем научить, обладая очень небольшими средствами» [III, 40, с. 179].

Для подготовки необходимого количества специалистов Министерство высшего образования распорядилось направить на кафедру радиохимии ЛГУ студентов ряда вузов для выполнения дипломных работ с предварительным прохождением курса и практикума по радиохимии. Вскоре прибыло около пятидесяти человек. Степень подготовки их была различной, что накладывало дополнительные трудности на преподавателей. Хлопин составил программу основного курса. Однако, будучи очень загруженным и вынужденным часто уезжать в Москву, он поручил чтение лекций А. П. Ратнеру; некоторое время основной курс вела и А. С. Старик. Поначалу практикум по радиоактивности проводился в лаборатории атмосферного электричества, а практикум по радиохимии — в лаборатории качественного анализа. В дальнейшем кафедра перебазировалась в помещение лаборатории количественного анализа.

По предложению Хлопина для старшекурсников вместо специальных курсов были введены семинары, на которых каждый студент делал доклад с последую-

щим обсуждением доложенного материала. Хлопин придавал большое значение делу подготовки радиохимиков на новой кафедре — первой кафедре радиохимии в СССР — и постоянно проявлял интерес и внимание ко всем аспектам ее деятельности.

Заведование кафедрой Хлопин оставил только в 1949 г.

Общественная деятельность Хлопина очень многогранна и обширна. Вся его жизнь заключалась в работе, а работа была всецело поставлена на службу обществу. Формальное перечисление общественных обязанностей, должностей, дел Хлопина дает только частичное и слабое представление о постоянном повседневном утомительном поистине гигантском, опасном и счастливом труде Хлопина на избранном поприще.

Так же, как биограф отца В. Г. Хлопина, говоря о деятельности Г. В. Хлопина, отмечал, что ни одно сколько-нибудь заметное санитарное мероприятие с 1900 г. в России не обходилось без его участия, так и о В. Г. Хлопине — достойном сыне своего отца — можно сказать, что ни одно значительное предприятие (теоретические исследования, практические их приложения, экспедиции, лекции, конференции, съезды и проч.), связанное с проблемой радиоактивности, в 1920—1950 гг. не обходилось в нашей стране без активного и эффективного участия в нем В. Г. Хлопина. Широкая общественная деятельность Хлопина, множество обязанностей определялись его высокой квалификацией специалиста в новой области науки и производства и большим чувством ответственности при выполнении любой работы.

Следует подчеркнуть, что уже в 20-е годы авторитет молодого ученого как виднейшего специалиста в области радиохимии был очень высок. В архиве Радиевого института сохранился отзыв президента АН СССР Карпинского, датированный 1926 г. В нем, в частности, отмечалось, что «В. Г. Хлопин принадлежит к числу лучших знатоков и исследователей по вопросам радиоактивности... Работы В. Г. Хлопина печатались и за пределами нашей страны, где имя его пользуется известностью, вероятно, в большей степени, чем у нас» [1, 76, л. 1].

Но позволим себе заметить, академик Карпинский был не совсем прав. Начиная с 1918 г. Хлопин всеце-

ло предался организации в СССР нового производства, сначала спасая радиоактивное сырье, затем налаживая технологию получения радия из отечественного сырья и создавая первый пробный радиевый завод, и, наконец, получая первые отечественные препараты радия. Все это он делал не только бескорыстно, но и с опасностью для жизни. Одновременно Хлопин активно участвовал в создании Радиевого института, горячо убеждая в необходимости этого на всех совещаниях и во всех инстанциях.

Хлопин был активным членом Комиссии по изучению естественных и производственных сил России (с 1915 г.), состоял в Научно-техническом совете по гелию. С 1918 г., по его словам, он стал членом Редакционного совета Научно-технического издательства. Так что уже в 20-е годы Хлопин приобрел в нашей стране немалую известность. Об этом свидетельствовало и его назначение заместителем директора только что созданного Радиевого института, а ведь ученому тогда было всего 32 года.

Начиная с 1922 г. Хлопин участвовал в работе всех Менделеевских съездов, часто выступал с докладами и в прениях. Хорошо известно его выступление на III Менделеевском съезде, доклад на котором ученый сопровождал демонстрацией первых препаратов полученного им отечественного радия. На IV Менделеевском съезде, состоявшемся в Москве в сентябре 1925 г., Хлопин по поручению Оргкомитета съезда сделал доклад «Достижения в области радиоактивных веществ в СССР».

За год до этого съезда советская научная общественность подняла вопрос о подготовке девятого (посмертного) издания «Основ химии» Д. И. Менделеева. Вскоре была создана Комиссия, в которую вошли А. И. Горбов, И. А. Каблуков, Д. П. Коновалов, Н. С. Курнаков, А. Н. Реформатский, А. Е. Чичибабин. Комиссия признала необходимым дополнить новое издание разделом «Обзоры новых течений в построении основ химии» и обратилась к виднейшим ученым с просьбой принять участие в их написании. Среди ученых, получивших почетное предложение, был и В. Г. Хлопин. В 1928 г. новое издание «Основ химии» увидело свет. В разделе «Обзоров новых течений» были опубликованы статьи Н. С. Курнакова (1860—1941), Д. С. Рождественского (1876—1940), П. П. Ла-

зарева (1878—1942), Н. А. Шилова (1872—1930), Г. В. Вульфа (1863—1925), Ж. Урбэна (1872—1932), А. В. Раковского (1879—1941), Д. П. Коновалова (1856—1929), А. Е. Чичибабина (1871—1945), И. А. Каблукова (1857—1942) и две статьи В. Г. Хлопина «Химия радиоэлементов» и «Технология радиоактивных веществ» [II, 70, 71]. Обращает на себя внимание тот факт, что Хлопин был самым молодым из этой блестящей группы ученых.

С каждым годом ширилась известность Хлопина как специалиста высшего класса, а вместе с этим росли число и круг обязанностей ученого. Обилие повседневных встреч, заседаний, диспутов не только утомляло, но и приносило массу информации, приводило к новым, иногда интересным и плодотворным контактам, помогало составить представление о состоянии экономики и науки в стране, оценить ее слабые и сильные стороны, правильно наметить перспективу дальнейшего развития.

В начале 1928 г. большая группа ученых-химиков обратилась в Совнарком СССР с запиской о необходимости дальнейшего усиленного развития химической науки, ее внедрения в другие отрасли народного хозяйства и о своей готовности принять активное участие в этом большом деле. Одним из инициаторов этого обращения ученых был В. Г. Хлопин. Делегацию ученых, возглавляемую А. Н. Бахом (1857—1946), принял председатель ВСНХ СССР В. В. Куйбышев.

Группа ученых и инженеров обращала внимание правительства на необходимость учета в генеральном плане хозяйственного развития СССР все увеличивающейся роли химии в промышленности, сельском хозяйстве, оборонной технике и быту. Даже в ближайшем пятилетнем плане (1938—1942) хозяйственного строительства, подчеркивалось в Записке, при имевшихся тогда скромных материальных ресурсах вполне осуществим целый ряд мероприятий, направленных на химизацию некоторых технологических процессов. Эти мероприятия помогли бы совершить крупнейший переворот в области металлургии и машиностроения и в корне изменить как техническую, так и экономическую структуру их производства, поскольку обеспечили бы снижение себестоимости продукции и повышение эффективности капиталовложений. При этом ученые вносили вполне конкретные предложения химико-

технологического характера, которые, по их мнению, было бы целесообразно осуществить в ряде областей народного хозяйства [I, 50, с. 85—86]. Они, в частности, предлагали привлечь «научные силы к разработке генерального плана химической промышленности и сельского хозяйства» и «резко повысить удельный вес химической промышленности в общем балансе народного хозяйства». В этой связи они обращались «к правительству Союза с просьбой организовать при Совнаркоме СССР специальную Комиссию по химизации страны для выявления и проведения в жизнь всех необходимых для этой цели мероприятий» [I, 77, с. 86].

Рассмотрев предложения ученых, Совнарком СССР в апреле 1928 г. принял историческое постановление «О мероприятиях по химизации народного хозяйства СССР». Постановление предписывало создать в системе Госплана СССР химическую секцию и возложить на нее разработку плана химизации страны и привлечь ученых, инженеров, работников заводов и лабораторий, преподавателей высшей школы, а также иностранных консультантов к работе в Комитете по химизации народного хозяйства. Этот Комитет был организован 28 апреля 1928 г.; его председателем стал В. В. Куйбышев, заместителем председателя А. Н. Бах.

Комитету в качестве первоочередной задачи предлагалось провести «детальную научно-техническую и экономическую разработку следующих проблем: рационального использования и расширения внутренней сырьевой базы; внедрения завоеваний современной химии в отдельных отраслях промышленного производства...; организации промышленности сельскохозяйственных удобрений и инсектофунгицидов; создания калийной промышленности; дальнейшего развития индустрии органических красителей; коренной реконструкции коксобензольной промышленности; индустриализации современного лесохимического хозяйства; исследования и максимального развития промышленности редких элементов; основных проблем современной синтетической химии...; расширения производства химически чистых реактивов и лабораторного оборудования СССР» [I, 77, с. 316]. Развитие исследований в области радиоактивности и создание радиевой промышленности входили в решение проблемы редких элементов.

Комитет по химизации собрал вокруг себя крупнейших специалистов страны и объединил работу различных органов по созданию химической промышленности, химизации различных отраслей народного хозяйства, внедрения химического контроля производств, организации и поощрения научно-исследовательской работы, издания химической литературы, пропаганды химических знаний. В состав Комитета вошли виднейшие ученые нашей страны, объединившиеся в десять секций: сельского хозяйства, сырьевую, химико-энергетическую, печати и пропаганды, кадров, лесохимическую, научную, химической промышленности, химического машиностроения, лабораторного дела.

Хлопин принадлежал к числу наиболее деятельных членов Комитета — уже спустя год Совнарком СССР, при котором состоял Комитет по химизации, присудил ученому премию за активную работу на этом поприще.

Инициатива передовых советских химиков отражала взгляды и позицию большинства ученых. Не удивительно, что она нашла полную поддержку и одобрение делегатов V Менделеевского съезда, проходившего в июне 1928 г. Съезд особо подчеркнул, что задача развития производительных сил страны тесно связана с ростом основных отраслей химической промышленности, призвал химиков-инженеров и химиков-исследователей к активному участию в практическом осуществлении химизации нашей страны, к развертыванию строительства советской химической промышленности на новой научно-технической базе. Закрывая съезд, А. Е. Фаворский, входивший в состав Комитета по химизации, сказал: «Союз может быть спокоен, он располагает для химизации достаточным кадром высококвалифицированных химиков» [1, 50, с. 575].

Деятельность Комитета по химизации сыграла существенную роль в развитии химической промышленности СССР. На пленумах Комитета, на конференциях по химизации народного хозяйства обсуждались и проблемы химической науки, и конкретные задачи химических производств, подготовки кадров, издания химической литературы и многое другое. Научная общественность страны прониклась идеей химизации народного хозяйства, которая нашла поддержку и в

правительстве, и среди широких слоев производственников.

К началу первой пятилетки (1929 г.) в некоторые химические производства уже были вложены определенные средства и в постановлении ЦК ВКП (б) «О деятельности Северного химического треста» (1929 г.) отмечалось: «Ряд важнейших научных открытий в области химии сделал ее одним из основных факторов развития производительных сил народного хозяйства и источником новых средств материальной культуры, что ставит перед пролетарским государством задачу форсированного развития химизации страны и развитие химической промышленности» [I, 78]. Последующее развитие народного хозяйства в СССР, особенно в первой пятилетке, несомненно связано с достижениями химии: производство искусственных удобрений для сельского хозяйства, кокса для коксохимической промышленности, соды, серной кислоты, хлора, минеральных солей и других продуктов в основной химической промышленности, редких элементов для металлургии, полупродуктов и красителей в анилино-красочной промышленности, пластмасс, синтетического каучука и многое другое. Не осталось в стороне и производство редких элементов, в том числе радиоактивных, которое курировал В. Г. Хлопин. В материалах VI Съезда Советов, который проходил в марте 1931 г., отмечалось: «Развитие новых производств, особенно в части организации добычи новых металлов — редких элементов, имеет громадные перспективы... Создана промышленность радия и других редких элементов» [I, 79, с. 36]. На протяжении многих лет Хлопин был бессменным консультантом Союзредмета (затем Главредмета) по вопросам радиевого производства. Активно участвовал он и в работе многочисленных конференций, съездов и конгрессов.

Особенно много времени и усилий требовала от ученого организация Первой всесоюзной конференции по радиоактивности (1932 г.) и составление ее программы. Вернадский в это время был в Париже и приехал только к открытию конференции. Хлопину пришлось участвовать в ряде организационных совещаний и неоднократно выезжать в связи с этим в Москву. Первоначально конференцию планировали провести с участием иностранных ученых, но затем произошли изменения. «Вопрос с конференцией, — пи-

сал Хлопин Вернадскому 14 октября 1932 г., — по-моему, решил пока наилучшим возможным образом, а именно: деловая конференция по радиоактивности состоится в Радиевом институте, как мы раньше и намечали, без участия иностранцев в конце ноября 1932 г., с 23 по 28 ноября. Более торжественный съезд по радиоактивности и строению ядра¹ с участием иностранных гостей... перенесен на весну 1933 г.» [I, 38, с. 37].

Конференция проходила в Радиевом институте, в ее работе приняли участие 145 делегатов из 48 научных учреждений. В числе докладчиков были такие известные ученые, как В. И. Баранов, И. Я. Башилов, Е. С. Бурксер, А. И. Вериго, В. И. Вернадский, Г. А. Гамов, Л. В. Мысовский, А. И. Ольви, А. Е. Ферсман, В. Г. Хлопин. Шли заседания общие и по трем секциям: химической, геохимической, физической. На конференции присутствовали практически все сотрудники Радиевского института, представители различных научно-исследовательских институтов и делегация завода редких элементов.

Открывая конференцию, академик Вернадский сказал: «Мы собрались сейчас на первое совещание по изучению явлений радиоактивности в нашей стране. Наша задача определенная и деловая. Разбросанные работники в этой новой области знания, мы хотим, собравшись вместе, добиться того, чтобы в нашей стране научно-исследовательская разработка этих проблем величайшей важности была поставлена на должный высокий уровень, которого она сейчас не имеет. И вместе с тем мы здесь впервые получаем возможность обсудить совместно величайшие проблемы, к которым подходит сейчас научная мысль... В явлениях радиоактивности — создании нашего века — человечество подошло к такому ее (природы.— Н. У.) источнику, перед которым бледнеют изыскания прошлого и настоящего» [I, 38, с. 71].

Хлопин сделал на конференции шесть докладов: «Развитие радиоактивных исследований в Советском Союзе», «Радий и мезоторий в природных водных растворах» и «Современные задачи радиохимии» — на общих (пленарных) заседаниях; «Определение возрас-

¹ Первая конференция по атомному ядру состоялась в Ленинградском физико-техническом институте 24—30 сентября 1933 г.

та пород и минералов по гелиевому методу», «О возможности определения теплового эффекта перехода растворенного вещества из раствора в твердую фазу» и «О распределении радия между твердым хроматом бария и раствором при различных температурах» (совм. с М. С. Меркуловой) — на объединенных заседаниях химической и геохимической секций. В числе докладчиков от Радиевого института были также Старик, Богоявленский, Ратнер, Полесицкий, Никитин, Гуревич, Вернов, Комлев и другие [III, 40, с. 102].

В декабре 1933 г. Хлопин выступил с докладом на конференции, посвященной применению радиоактивности в народном хозяйстве. В нем он указал на основные направления практического использования явлений радиоактивности и радиоактивных элементов: производство светящихся составов постоянного действия, контроль производства и в частности дефектоскопия в металлургии, изготовление драгоценных камней специальной окраски, биохимию и, конечно, медицину.

В 1937 г. в Москве проходил XVII Международный геологический конгресс. Он был назначен на конец июля, а работа Оргкомитета началась гораздо раньше. Международные форумы тогда были редким событием для нашей страны и требовали серьезной подготовки. Предполагалось, что в нем примут участие не только геологи, но и представители смежных наук, в том числе специалисты по определению геологического возраста пород радиоактивным методом. Ряд докладов был заявлен от ВСЕГЕИ и РИАН'а.

Для их предварительного обсуждения с Вернадским Хлопин выехал в конце марта в Москву. «Всех работающих по возрасту я привожу к Вам в Москву... — сообщал он перед отъездом Вернадскому. — Тезисов докладов выслать заранее я не успел, привезем их вместе с собою. Я сам приеду в Москву на два дня раньше. Хочу узнать в Оргкомитете, какие вообще заявлены доклады по возрасту заграничных ученых... Основные доклады я думаю разделить между Вами (общий вводный), Стариком и собою. Э. К. Герлинг, Пермьяков и м. б. Комлев сделают специальные доклады, каждый по своей теме, в секции, если таковая будет, или просто представят их в готовом для напечатания виде» [I, 38, с. 45]. В Москве выяснилось,



На даче

что на Конгресс заявлено уже свыше 450 докладов, а всего примут участие свыше 800 советских и 250 иностранных ученых. Так что форум обещал быть очень представительным и интересным.

Получил приглашение для работы на конгрессе и Хлопин. После того, как были разрешены основные организационные и методические трудности, решен вопрос — о чем делать доклад, перед ученым встал не праздный и нелегкий по тем временам

вопрос: «в чем его делать?» «Когда он (Хлопин.— Н. У.) получил приглашение на конгресс,— вспоминала А. С. Старик,— у него даже не оказалось соответствующего случаю костюма. Виталий Григорьевич любил неброские, темные костюмы, часто старомодные... В то время не так легко было купить действительно хороший костюм. Но Мария Александрова с большим трудом все же достала элегантную серую тройку. Виталий Григорьевич смеялся, уверял, что он похож в нем на артиста цирка, что не хватает только цилиндра, и что он чувствует себя в нем неловко. Но костюм очень шел Виталию Григорьевичу, подчеркивал его изящную, моложавую фигуру» [III, 40, с. 174].

Конгресс оказался очень интересным, работа плодотворной. В докладах школы Хлопина были представлены материалы не только по определению геологического возраста различных природных образований, но и показывающие влияние радиоактивной энергии, выделяющейся в земной коре, на тепловой режим нашей планеты, особенно на ранней стадии ее развития. Многие из докладов после публикации получили широкую известность.

Вообще публичные выступления Хлопина проходили довольно часто. Это были и специальные доклады, выступления, лекции и популярные, ознакомительные сообщения для менее подготовленной аудитории. К популяризаторской деятельности Хлопин относился

столь же серьезно и ответственно, как и к научной, считая ее своего рода «просветительской» работой среди широкой публики и вел ее всю жизнь начиная с 1919 г.

В 1918 г. КЕПС, активным членом которой был Хлопин, стремясь сблизить свою деятельность с потребностями молодой Советской республики и популяризовать достижения науки среди специалистов и широкой публики, открыла в Петрограде выставку. Здесь демонстрировались успехи ученых в области физико-химического анализа, радиоактивности, почвоведения, исследования Севера. Представлены были и издания КЕПС. В сентябре-октябре 1919 г. в связи с организацией этой выставки ученые—члены КЕПС прочитали курс лекций, посвященных проблеме исследования природных богатств страны. Среди лекторов были академики Курнаков, Ферсман и молодой Хлопин, выступивший по теме: «Организация радиевого завода и радиевых исследований в России» [I, 43, с. 257]. Кроме того, Хлопин постоянно публиковал статьи об отдельных достижениях радиохимии и развитии исследований в области радиоактивности в Радиевом институте в газетах, журналах «Природа», «Наука и жизнь». Перу Хлопина принадлежит ряд работ в таких изданиях, как «Научный работник», «Работник просвещения» и т. д.

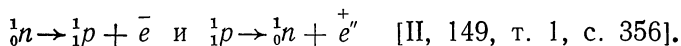
В архиве Радиевого института сохранилось начало конспекта лекций Хлопина «Штурм атомного ядра» и афиша, из которой следует, что она была прочитана 3 января 1941 г. в Большом зале лектория Ленинградского горкома ВКП (б). После лекции академика демонстрировался фильм «В недрах вещества» [I, 80].

В 1941 г. в Ленинграде Хлопин открыл Менделеевские чтения, организованные Всесоюзным химическим обществом. Первые чтения состоялись 17 марта 1941 г. в большой физической аудитории ЛГУ, где Хлопин выступил с обстоятельным докладом «Превращения элементов и периодический закон». Логично, строго научно, в доступной форме ученый прослеживал, как «менялись наши представления о химическом элементе и о его простейшей, далее не делимой составной части—атоме за время, протекшее от создания периодической системы» [II, 149, т. 1, с. 348]. Здесь нашло свое место изложение основных положений учения Менделеева об элементах и постепенное

постижение сложности строения атомов, их неустойчивости в ряде случаев. К таким выводам привело исследователей открытие радиоактивности. Изучение этого процесса позволило создать учение об изотопии. Это один из важных этапов в истории развития учения об элементах, об атомах. «Однако все эти факты,— подытоживал Хлопин,— ничего или почти ничего не говорили нам о том, из чего же складывается ядро атома...» [II, 149, т. 1, с. 355].

Следующий этап — изучение строения ядер — привел к пониманию, что ядро каждого элемента может быть устойчивым в узких пределах соотношения протонов и нейтронов. При изменении этого соотношения ядро теряет устойчивость и стремится перейти в устойчивое состояние путем самопроизвольного изменения. При избытке нейтронов в ядре происходит превращение нейтрона в протон, вследствие чего оно теряет β^- -частицу (электрон) и увеличивает свой положительный заряд на единицу; при недостатке нейтронов протон превращается в нейтрон и ядро теряет позитрон, а его заряд уменьшается на единицу.

«Таким образом, по нашим современным представлениям, в ядре атомов электроны и позитроны в готовом виде,— подчеркивал Хлопин,— не содержатся, а возникают в процессе превращения нейтронов в протоны и обратно:



Таким рассуждением Хлопин подводил слушателей к вопросу об искусственном превращении одних атомов химических элементов в другие. С этой целью необходимо нарушить в ядре устойчивое соотношение между нейтронами и протонами. «Для этого...— продолжал ученый,— необходимо воспользоваться снарядами, обладающими атомными размерами и достаточно большой энергией, чтобы достичь ядра и нарушить связь между частицами в нем» [II, 149, т. 1, с. 357]. Роль таких атомных снарядов «с большой энергией» сначала с успехом сыграли α -частицы. Но они были способны разрушать ядро лишь легких химических элементов.

Новый этап составило использование нейтронов и заряженных частиц больших энергий, что позволило уже получать искусственные радиоактивные продук-

ты в больших количествах применительно к тяжелым элементам. В дальнейшем были установлены схемы взаимодействия нейтронов, дейтронов, протонов и искусственных α -частиц с ядрами элементов, открыта изомерия ядер.

Особое внимание ученых привлек процесс деления ядер тяжелых элементов — принципиально новый тип распада ядер под действием нейтронов на две неравные, но близкие по массе половинки. Этот процесс сопровождается выделением огромной энергии. Работы 1939—1940 гг., проведенные в Радиевом институте Хлопиным, Пасвик-Хлопиной, Волковым, Петржаком, Флеровым, были как раз посвящены изучению процесса деления ядер урана; они привели к весьма серьезным открытиям. Этими достижениями Хлопин также делился со своими слушателями в марте 1941 г. «В процессе деления урана под действием нейтронов...— говорил он,— мы встретились с атомной реакцией, которую при известных усилиях мы можем превратить в цепную и таким образом использовать колоссальные количества энергии, которые при этом освобождаются» [II, 149, т. 1, с. 368]. Именно в предвоенные годы Хлопин с сотрудниками, как уже отмечалось, вплотную занялся проблемой урана. Тогда, в 1941 г. заканчивая свой доклад, Хлопин сказал, что задача использования внутриатомной энергии еще не решена, но «надежда на ее положительное решение имеется».

Хлопин принимал активное участие в работе Русского физико-химического общества, а после его преобразования во Всесоюзное химическое общество им. Д. И. Менделеева в течение нескольких лет был председателем Ленинградского отделения этого общества.

Многообразна, трудоемка и плодотворна деятельность Хлопина на ниве советской научной химической литературы. В 1918 г. В. Г. Хлопин совместно с М. А. Бахом, А. Е. Ферсманом и В. Я. Курбановым принял активное участие в организации научного химикотехнического издательства и до 1934 г. входил в его редакционный совет. Кроме того, в течение многих лет он был ответственным редактором журнала «Успехи химии», многих выпусков трудов Радиевского института, членом редколлегии журналов «Доклады Академии наук СССР», «Известия Академии наук СССР» (по отделению Химических наук), «Журнал общей хи-

мии», «Журнал физической химии» и сборников «Природные газы». Несколько монографий и учебников (русских и переводных) вышли под редакцией В. Г. Хлопина. Если иметь в виду, что ко всем своим работам и обязанностям Хлопин относился исключительно добросовестно, можно представить себе, как велик и тяжел был этот труд.

Во время Великой Отечественной войны Хлопин был первым заместителем академика-секретаря Отделения химических наук АН СССР, заместителем председателя Комиссии по мобилизации ресурсов Поволжья и Прикамья и председателем химической секции этой комиссии², нередко выполнял обязанности вице-президента Академии наук. В 1947 г. Хлопина избрали депутатом Ленинградского горсовета.

Столь многогранная и плодотворная деятельность В. Г. Хлопина получила высокую оценку научной общественности и правительства нашей страны. В 1940 г. академику Хлопину было присвоено звание заслуженного деятеля наук РСФСР. В 1943 г. Хлопину (совместно с Б. А. Никитиным, А. Е. Полесицким и С. А. Фридманом) присуждается Государственная премия третьей степени за разработку метода выделения и промышленного применения радиотория. В 1945 г. он был награжден орденом Ленина за выдающиеся заслуги в развитии науки и техники в связи с 220-летием Академии наук СССР. В 1946 г. Хлопин был удостоен Государственной премии первой степени за научные исследования в области химии радиоактивных веществ. В 1947 г. в связи с 25-летием Радиевого института Академии наук СССР Хлопина наградили вторым орденом Ленина за выдающиеся научные достижения в области изучения радия, радиоактивных элементов и за содействие развитию отечественной радиевой промышленности. В 1949 г. Хлопину было присвоено звание Героя Социалистического Труда с вручением третьего ордена Ленина и Золотой медали «Серп и молот» за исключительные заслуги перед государством при выполнении специального задания. Одновременно ученый получил еще одну Государственную премию. В эти же годы Хлопину предоставляется персональная машина и специально построенный

² Об участии Хлопина в работе различных специальных комиссий рассказывается в разделах, посвященных его научным исследованиям.

на Каменном острове на набережной Большой Невки двухэтажный особняк с полной мебелировкой. Но туда Хлопину переехать уже не позволила болезнь.

В 1950 г. торжественно отмечалось 60-летие В. Г. Хлопина. В архиве Радиевого института хранятся более 250 поздравлений, пришедших в его адрес от ученых, коллег, друзей, учеников. «Мне представляется,— писал в одном из таких посланий старый соратник ученого Д. И. Щербаков,— что достигнутые Вами результаты, вместе с Вашими непосредственными помощниками и учениками, являются наилучшим подтверждением правильного направления Вашего творческого жизненного пути. А это сознание — величайшая награда и большое удовлетворение!» [I, 81, л. 115].

Юбилей проходил в 1950 г., когда Хлопин был уже тяжело болен. Он жил в основном в Комарове, на даче, которую очень любил. В последнее лето у Хлопина на даче особенно сильно цвела его любимая сирень. «Казалось, что просто поставлен огромный букет, так выглядел еще небольшой, но весь увешанный гроздьями куст, ветви которого почти касались окна спальни Виталия Григорьевича» [III, 40, с. 192]. Как только отпускала болезнь, он появлялся в родном институте.

10 июля 1950 г. Виталий Григорьевич Хлопин скончался. Он был похоронен на кладбище Александро-Невской Лавры в Ленинграде. На похороны Виталия Григорьевича съехалось очень много народа из разных городов нашей страны. Среди них были академики, крупные ученые и инженеры, руководители предприятий, сотрудники, ученики, а также друзья, близкие. Скорбная процессия шла через весь Ленинград до Александро-Невской Лавры. Прощаясь с учителем, товарищем, великим тружеником и замечательным человеком, основателем трудного дела, за которое он отдал жизнь, они сознавали, какую великую тяжесть и ответственность должны взять на свои плечи, чтобы выполнить нравственный долг перед наукой и одним из ее лучших представителей — В. Г. Хлопиным.

Выступая у могилы Хлопина со словами прощания, академик С. И. Вольфович сказал: «Это и есть бессмертие, другого бессмертия нет».

Имя В. Г. Хлопина присвоено Радиевому институту, в котором свято чтят его память, сохраняют мемориальный кабинет В. Г. Хлопина, первый советский циклотрон, приборы, на которых работал ученый. Одна из улиц Ленинграда носит имя Хлопина; на старом здании Радиевского института (ул. Рентгена, д. 1) и на доме, где жил Хлопин последние годы (Лесной пр., д. 61), установлены мемориальные доски.

В 1950 г. учреждена премия имени В. Г. Хлопина, присуждаемая Президиумом АН СССР один раз в три года за лучшие работы в области радиохимии и химии редких элементов.

С 1970 г., в январе, в Радиевом институте им. В. Г. Хлопина проходят Хлопинские чтения, по окончании которых сотрудники института, близкие и почтители В. Г. Хлопина возлагают цветы на могилу Хлопина в некрополе Александро-Невской Лавры.

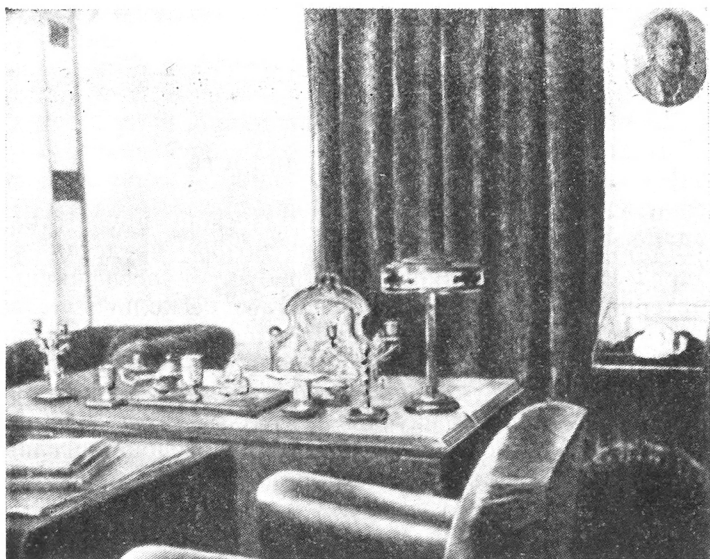
Научная деятельность

Достижения Хлопина в химической науке столь велики и разнообразны, что их обзор представляет определенную трудность и требует классификации материала, которая, конечно, будет несколько условной, поскольку многие направления исследований ученого взаимосвязаны и проводились параллельно. Ученикам и сотрудникам Хлопина принадлежит ряд работ, посвященных научной деятельности ученого, где дан квалифицированный анализ его исследований главным образом по радиохимии и радиоактивности [III, 4, 15, 16, 22].

Вклад Хлопина в эти области науки безусловно чрезвычайно велик. Однако позволим себе заметить, что выдающийся радиохимик Хлопин «по происхождению» химик-неорганик и аналитик, причем аналитик высокого класса. Культура научного исследования: глубокое изучение литературных источников, а следовательно, четкое представление состояния вопроса к началу работы, продуманная постановка собственного исследования, тонкость эксперимента, умение сделать из полученных данных правильные выводы, а затем и обобщения — все это Хлопин вынес из школы своего первого учителя — Чугаева. Недаром впоследствии академик А. П. Виноградов (1895—1975) писал: «Химические школы академиков Курнакова и Чугаева явились хранителями лучших традиций русской аналитической мысли» [III, 41, с. 72].

Любовь и уважение к науке проявлялись у Хлопина в самоотверженном служении ей, пытливом неустанном поиске. При этом оригинальность, свежесть научного мышления сочетались в нем со строгим отношением к собственным результатам, а исследования аналитического характера как раз и позволяли проверить себя как экспериментатора, так как данные анализа — неподкупный объективный критерий достоверности результатов в любой работе.

В дальнейшем в исследованиях в области радиевого производства, химии радиоактивных элементов,



**Кабинет-музей В. Г. Хлопина в Радиевом институте
(ул. Рентгена)**

благородных газов, а также различных вопросов геохимии и даже атомной энергетики Хлопин проявлял себя отличным аналитиком и экспериментатором-конструктором. Об этом говорят сами работы ученого и свидетельствуют его ближайшие сотрудники. Разбирая, в частности, достижения Хлопина в области геохимии, И. Е. Старик писал: «Характерной особенностью всех геохимических исследований В. Г. Хлопина являлось то, что одновременно он разрабатывал аналитические методы определения тех элементов, геохимия которых им изучалась. В этом направлении проведено большое количество работ. Аналитические методы во всех геохимических исследованиях доведены Виталием Григорьевичем до предельной точности. Совместно со своими сотрудниками он создал оригинальную аппаратуру для всех видов анализа благородных газов... В результате организованная Виталием Григорьевичем Хлопиным газовая лаборатория обладала всеми наиболее совершенными методами определения благородных газов, что позволило поста-

вить широкое и всестороннее изучение их геохимии» [III, 16, с. 8].

В полной мере это относится и к работам ученого в любом другом направлении. Добавим, что и само развитие науки, техники, промышленности предъявляло неумолимые требования к стандартизации веществ, установлению критериев их чистоты, т. е. определение состава сырья, полупродуктов, готовой продукции стало велением времени, а тяжелые экономические условия в стране в 1917—1925 гг. побуждали ученых к разработке оригинальных методик и приборов. При проведении научных исследований определение состава исходных, получаемых из природного сырья или синтезируемых новых веществ давало возможность подтвердить или опровергнуть новые гипотезы и предположения, оценить предложенную технологическую схему, методику и т. д., т. е. было неотъемлемой частью любого исследования. «Виталий Григорьевич,— вспоминал А. А. Гринберг,— очень любил аналитическую химию и ценил чувствительные методы обнаружения тех или иных элементов» [III, 40, с. 146]. Об этом же свидетельствует и А. С. Старик: «Он сам был очень хорошим, тонким аналитиком, любил изящные методы в аналитической химии. Он также считал, что точный анализ необходим в любой отрасли химии... Однажды Виталий Григорьевич мне сказал: „Одержите победу в аналитической задаче — не такая простая вещь, но тем приятнее чувствовать себя победителем“» [III, 40, с. 171].

Именно поэтому наш обзор научной деятельности Хлопина начинается с его работ по неорганической и аналитической химии, когда происходило его формирование как химика.

Исследования в области неорганической и аналитической химии

Хронологически первый период научной деятельности В. Г. Хлопина, проходивший на кафедре общей и неорганической химии Петербургского университета (1907—1916 гг.), прежде всего связан с исследованиями в области комплексных соединений и химии платиновых элементов, проявляющих свойства хороших комплексообразователей. При этом решались не только актуальные проблемы координационной

химии, но и практические вопросы, связанные с разработкой технологии получения чистой платины. Кроме этого основного направления исследований, проводившихся под общим руководством профессора Л. А. Чугаева, в период первой мировой войны был проведен целый ряд работ, связанных с оборонной тематикой и получением веществ, дефицит которых тогда остро ощущался в экономике страны.

Химия платиновых элементов

Комплексные соединения платиновых элементов. Научную работу Хлопин начал еще студентом Петербургского университета. В тематике уже первых исследований отразились научные интересы руководителя кафедры профессора Чугаева, внесшего к тому времени заметный вклад в теорию координационной химии. Возникновение координационной теории, автором которой является А. Вернер (1866—1919), было подготовлено целым рядом фундаментальных открытий и основополагающих теорий в химии и прежде всего теорией химического строения А. М. Бутлерова (1828—1886), созданием стереохимии трудами Я. Х. Вант-Гоффа (1852—1911), Ж. А. М. Беля (1847—1930) и др., учением о валентности.

В основе координационной теории Вернера лежали представления о центральном атоме-комплексобразователе, его координационном числе и координационных сферах — внутренней и внешней. По этой теории комплексобразователь и ионы внутренней сферы (лиганды) связаны «прочно», образуя комплексный ион, а ионы, расположенные на внешней сфере, проявляют большую подвижность и химическую активность. Вернер установил наличие изомерии у комплексных соединений и подразделил ее на восемь видов. Наконец, Вернер сделал правильные предположения относительно геометрического расположения лигандов в комплексах с координационными числами 6 и 4. Для подтверждения своих выводов Вернер использовал химические и физические методы исследования. Методы химического анализа позволяли определять комплексные ионы и ионы внешней сферы, а также количественный элементный состав комплекса; измерение молекулярной электропроводности растворов комплексных соединений давало данные о числе ионов в раст-

воре. Величина заряда комплексного иона находилась по его коагулирующей способности по отношению к коллоидным соединениям сульфида мышьяка (III) (метод Шульце—Фрейдлиха). Основы своей теории Вернер сформулировал в последнем десятилетии XIX в., однако и в XX в. споры вокруг нее долго не утихали [I, 82, 83].

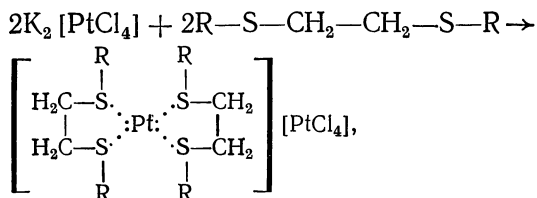
В период работы В. Г. Хлопина в Петербургском университете большинство исследований в лаборатории Чугаева в той или иной степени касались комплексных соединений. Сотрудники и студенты, работавшие здесь, чувствовали атмосферу горячих споров вокруг острого вопроса современной им науки. Их руководитель не только сам публично — в печати и докладах — выступал на стороне Вернера, но и привлекал молодежь в совместной посильной для них работе участвовать в исследованиях на самом передовом и мало изведенном направлении науки.

Чугаев на экспериментальном исследовании, приобретшем впоследствии широкую известность, убедился не только в правильности основных положений учения Вернера, но и в исключительной плодотворности и перспективности координационной теории. Он прямо писал в своей исторической монографии 1906 г.: «...теория Вернера в течение этой работы не раз служила мне путеводной нитью, много содействовавшей выяснению не только довольно сложного состава некоторых полученных мною соединений, но и в особенности их химической природы и строения» [I, 84, с. 11]. Чугаев пришел в Петербургский университет с ясным планом дальнейших исследований. Хорошо понимая и принимая суть теории Вернера, он видел возможности ее дальнейшего развития и пути устранения еще не полностью развенчанных возражений со стороны некоторых ученых.

К этому времени Чугаев своими исследованиями установил роль циклообразования, особенно образования пяти- и шестичленных циклов в устойчивости комплексных соединений. Найденную закономерность на классе диметилглиоксиматов ряда металлов Чугаев намеревался подтвердить на других комплексных соединениях, чтобы доказать общность такой закономерности, получившей впоследствии название правила циклов Чугаева. К решению столь ответственных вопросов Чугаев привлекал не только сотрудников, но

и студентов младших курсов, работавших в его лаборатории. К руководству работами он относился внимательно и серьезно, давая не только тему работы, а тщательно разработанный план исследования.

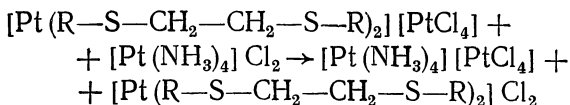
Фрагменты общей работы по роли циклообразования в устойчивости комплексных соединений в 1907 г. были поручены двум студентам — Лебединскому и Хлопину. Лебединскому предстояло проверить образование циклических структур при взаимодействии диметилглиоксима с солями родия, Хлопину — при взаимодействии платиновых металлов с дитиоэфирами. Исследования Хлопина показали, что при действии дитиоэфиров на хлороплатиниты образуются устойчивые димеры:



где R — органический радикал. В качестве одного из дитиоэфиров использовался диэтил—1, 2-этилендисульфид $C_2H_5-S-CH_2-CH_2-S-C_2H_5$ (R соответствовал группе C_2H_5). Полученное соединение отличалось значительной устойчивостью, что определялось наличием двух пятичленных циклов в комплексе [II, 3]. Строение этих продуктов исследовалось двумя путями — по реакции обменного разложения (1) и синтеза (2).

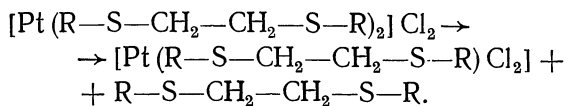
Реакция обменного разложения (1) с реагентом, получившим название I основания Рейзе — $(Pt(NH_3)_4)Cl_2$ ¹ — с выделением зеленой соли Магнуса $[Pt(NH_3)_4][PtCl_4]$, использовалась для доказательства образования димера. Если же указанный реагент Рейзе не вызывал образования зеленого осадка, то, следовательно, образовавшийся комплекс представлял собой мономер.

Механизм реакции (1) трактовался так:

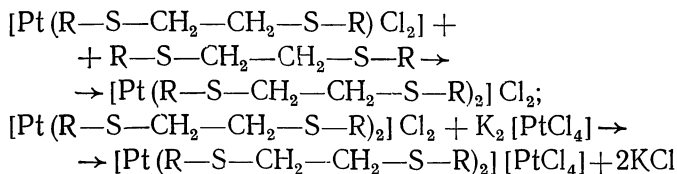


¹ В то время формула писалась иначе: $[Pt4NH_3]Cl_2$.

с последующим разложением:

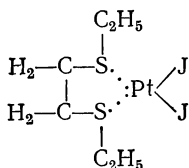


Реакция синтеза (2) димера проходила следующим образом:



При нагревании димеры переходили в мономеры, заметно отличавшиеся по свойствам. У димеров и мономеров оказалась не только разная окраска, но и различная растворимость и, конечно, устойчивость. По классификации изомерии комплексных соединений Вернера здесь наблюдалась координационная полимерия.

При изучении взаимодействия различных галогеноплатинитов с дитиоэфирами было установлено, что устойчивость образующихся димерных комплексов падает в ряду хлорид — бромид — иодид и соответственно возрастает устойчивость мономерных образований. В случае иодидов вообще образуются только мономеры



Это обстоятельство поставило на очередь вопрос о влиянии, которое может проявить на степень устойчивости димерной модификации природа других кислотных остатков.

Прежде всего решили изучить воздействие нитритов. Это исследование составило содержание дипломной работы Хлопина. Было изучено комплексообразование платонитрита калия с рядом тиоэфиров в тех же условиях, что и для хлоридных и бромидных соединений платины (II).

В этом обстоятельном исследовании приводилось большое число экспериментальных данных [II, 9], подробно описывалась препаративная работа, указывались результаты анализов, давались диаграммы плавкости. Представляют интерес общие выводы публикации: «...образование димерных членов в ряде комплексных соединений дитиоэфиров общего состава $R-S-(CH_2)_n-S-R$ с платонитритом происходит с такой же легкостью, как это раньше нами наблюдалось при соответствующих галоидных соединениях. Димерная модификация всегда выступает в качестве первого продукта» [II, 149, т. 2, с. 32].

Однако наблюдалось и существенное различие в свойствах указанных димеров: если димеры галогенидных соединений были менее устойчивы и легко переходили в соответствующие мономеры, то для нитритных соединений такой переход был трудно осуществим, поскольку димеры нитритных соединений оказались более устойчивы, чем мономеры. «Поразительную разницу в этом отношении,— говорилось в статье,— представляют соединения моносульфидов, для которых димерная форма вообще не могла быть получена» [II, 149, т. 2, с. 32]. Доказательством образования димеров в данном случае служила реакция с солями I основания Рейзе, в результате которой шло выделение в осадок соли Ланга $[Pt(NH_3)_4] \cdot [Pt(NO_2)_4]$ — аналога соли Магнуса. «Другой характерной реакцией димерных веществ является их образование,— писали авторы статьи,— из соответствующих димерных хлоридов при взаимодействии их с растворимыми нитритами...» [II, 149, т. 2, с. 33].

Полученные димеры и мономеры подвергались химическому анализу, определялись их растворимость и температура плавления. Выявилось, что в изменении некоторых свойств «можно наблюдать известную правильность: с увеличением молекулярного веса дитиоэфира на $(CH_2)_2$ (напр., при переходе от диметилового эфира к диэтилового и т. д.) температура плавления в рядах обоих изомеров (димеров и мономеров.— Н. У.) попеременно повышается и снова понижается, совершенно аналогично тому, что наблюдается в гомологических рядах некоторых органических соединений» [II, 149, т. 2, с. 32].

Следующий этап в изучении комплексных соединений платины (II) с органическими сульфидами со-

ставили работы Чугаева и Хлопина по исследованию возможности получения комплексов с четырьмя органическими лигандами. До этого были известны лишь соединения, во внутренней сфере которых находилось не более двух органических лигандов, в то время как существование комплексов платины(II) с содержанием от одного до четырех неорганических лигандов (например, NH_3) было вполне доказано.

С целью выяснения поставленного вопроса изучалось изменение электропроводности соединений типа $[\text{Pt}(\text{S}')_2\text{An}_2]$ или $[\text{PtS}''\text{An}_2]$ в метиловом спирте при добавлении тиоэфира S' или соответственно S''^2 . Оказалось, что ничтожная электропроводность исходного раствора ($[\text{Pt}(\text{S}')_2\text{An}_2]$ — не проявляет свойства электролита) быстро возрастает по мере добавления тиоэфира до тех пор, пока соотношения исходного вещества и добавленного сульфида или дисульфида не составят 1 моль на 1 моль.

После этого избыток реагента мало влиял на величину электропроводности раствора. Повышение электропроводности объясняется переходом соединения, не обладающего свойством электролита, в другое соединение со свойствами электролита. В данном случае шло образование $[\text{Pt}(\text{S}')_4]\text{An}_2$ и $[\text{Pt}(\text{S}'')_2]\text{An}_2$. «Существование соединения высшего типа... — писали авторы, — в этом случае документируется самим ходом кривой молекулярной электропроводности» [II, 149, т. 2, с. 35].

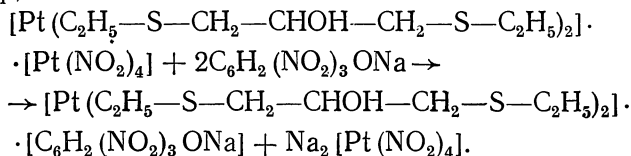
Для большей убедительности авторы решили подтвердить «существование катионов $[\text{Pt}(\text{S}')_4]^{2+}$ и $[\text{Pt}(\text{S}'')_2]^{2+}$... и иным более непосредственным путем» [II, 149, т. 2, с. 35], т. е. с помощью химических реакций. Ранее для обнаружения таких ионов их осаждали в виде двухкомплексных солей, аналогичных зеленой соли Магнуса, т. е. в виде, например, $[\text{Pt}((\text{CH}_3)_2\text{S})_4] \cdot [\text{PtCl}_4]$. Хотя при этом их строение казалось вполне доказанным, «однако в каждой из них на 1 атом платины все-таки приходится только 1 молекула дисуль-

² S' — органический лиганд, в котором содержится один атом серы (II), способный давать координационную связь; S'' — органический лиганд, в котором содержатся два атома серы (II); An — анион неорганической кислоты.

фида или 2 молекулы моносulfида...» [II, 149, т. 2, с. 35]. И тогда Чугаев и Хлопин задались целью выделить соединения комплексных ионов $[\text{Pt}(\text{S}')_4]^{2+}$ и $[\text{Pt}(\text{S}'')_2]^{2+}$ с анионами, вообще не содержащими платины.

При обследовании целого ряда соединений оказалось, что наиболее ценными свойствами обладают пикриновая кислота и ее соли, поэтому авторы пришли к выводу, что «среди соединений $[\text{Pt}(\text{S}')_4]\text{An}_2$ и $[\text{Pt}(\text{S}'')_2]\text{An}_2$ особенно характерными по трудной растворимости и способности кристаллизоваться являются пикраты. Интересно, что остаток пикриновой кислоты легко вступает, по-видимому, только во внешнюю сферу и, наоборот, не обладает склонностью вступать в комплексный радикал и переходить в неионизированное состояние» [II, 149, т. 2, с. 36].

По мнению исследователей, пикрат натрия мог использоваться для реакций непосредственного обнаружения комплексных катионов платины(II). Например,



«Таким образом, — говорилось в статье, — в пикрате натрия мы, по-видимому, имеем реактив столь же ценный для определения структуры двухкомплексных солей, как и соли I основания Рейзе... Притом пикрат натрия и соли I основания Рейзе представляют реактивы, взаимно дополняющие друг друга, т. к. первый характеризует комплексные катионы, тогда как соли Рейзе позволяют распознавать такие комплексные анионы, как $[\text{PtCl}_4]^{2-}$, $[\text{PtBr}_4]^{2-}$ и др.» [II, 149, т. 2, с. 36].

Растворы комплексных соединений с димерной структурой при взбалтывании с пикратом натрия выделяли осадки интенсивно желтого цвета. Детально изучив эту реакцию, Чугаев и Хлопин от частного случая — взаимодействия комплексных катионов платины(II) с пикратом натрия — перешли к наблюдениям и выводам более общего характера. Они установили, «что пикриновая кислота дает характерные, трудно растворимые соли со многими комплексными основа-

ниями, комплексные катионы которых представляются насыщенными в координационном отношении и относятся к типам $[Me_6A]$ и $[Me_4A]$ » [II, 149, т. 2, с. 43]. Так, были получены мало растворимые кристаллические ярко-желтые осадки при взаимодействии пикрата натрия с $[Pt(C_2H_5-S-(CH_2)_2-S-C_2H_5)_2]^{2+}$, $[Pt(NH_3)_4]^{2+}$, $[Rh(NH_3)_6]^{3+}$, $[Rh(NH_3)_5Cl]^{2+}$, $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ и др.

Особое место в исследованиях по комплексным соединениям принадлежит работе, выполненной Хлопиным под руководством Чугаева в 1915 г. Речь идет о получении гидроксопентамминового соединения платины(IV). Дело в том, что химикам долгое время не удавалось получить пентамминовых комплексов платины(IV). В ряду соединений, образующихся последовательным замещением в комплексе $[PtAn_6]^{2-}$ кислотного аниона An на молекулу аммиака, были синтезированы $[PtAn_5NH_3]^-$, $[PtAn_4(NH_3)_2]$, $[PtAn_3(NH_3)_3]^+$, $[PtAn_2(NH_3)_4]^{2+}$ и $[Pt(NH_3)_6]^{4+}$, а предпоследний член этого ряда $[PtAn(NH_3)_5]^{3+}$ отсутствовал. «Неоднократные безуспешные попытки получить соединение, обладающее таким составом... — писал по этому поводу Чугаев, — были причиной того, что некоторые исследователи считали невозможным самое его существование и в этом обстоятельстве хотели видеть серьезный аргумент против теории Вернера» [I, 85, с. 553]. Синтез этого соединения, таким образом, приобретал принципиальное значение.

Под руководством Чугаева над получением таких комплексов работали одновременно В. Г. Хлопин и Н. А. Владимиров. И оба эти исследования увенчались успехом. Хлопин синтезировал соединение $[Pt(NH_3)_5OH]Ac_3$, Владимиров — $[Pt(NH_3)_5Cl]Ac_3$. Хлопин приготовил новое соединение действием озона на $[Pt(NH_3)_2]Cl_2$ в присутствии карбоната аммония и избытка аммиака. Выделяющийся при этом карбонат гидроксопентамминового соединения платины(IV) далее растворялся в уксусной кислоте с образованием $[Pt(NH_3)_5OH]Ac_3$. Раствор этого соединения служил для дальнейших исследований. Было установлено, что при действии HCl и HNO₃ образуются соответствующие осадки, причем три атома хлора или три нитрогруппы обладают характером ионов, т. е. находятся во внешней сфере комплекса.

«Наоборот, группа OH^- похожа на атом хлора в $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{An}_3$ и связана неионным образом в составе комплекса. Нам не удалось, — отмечали Чугаев и Хлопин, — заменить OH^- -группу ни галогеном, ни другим атомом или отрицательным остатком» [II, 149, т. 2, с. 46]. Следовательно, OH^- входила во внутреннюю сферу комплекса. Это подтверждали и данные по молекулярной электропроводности, показывающие наличие соответствующего количества ионов в растворе. Присутствие трехзарядного комплексного катиона было показано и методом Шульце—Фрейндлиха, основанным на различной коагулирующей способности ионов разных зарядов по отношению к коллоидному раствору сульфида мышьяка (III).

Оба соединения пентаминов платины, полученных в лаборатории Чугаева ($[\text{Pt}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{An}_3$ и $[\text{Pt} \cdot (\text{NH}_3)_5\text{OH}]\text{An}_3$), обладали общими свойствами: проявляли свойства сильных оснований, давали малорастворимые сульфаты и карбонаты, растворяющиеся в щелочах. Эти соединения, наконец, могли быть восстановлены с помощью цинка в кислом растворе до одного и того же продукта — $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$.

В дальнейшем для получения пентаминовых соединений исследователи использовали другой, более легкий путь, хотя подчеркивали, что приведенный выше метод интересен уже тем, что «исторически именно он привел к открытию гидроксопентаминовых солей» [II, 149, т. 2, с. 48].

Второй метод получения этих комплексов основан на гидролизе хлористого хлорпентамина или хлористого амидохлортетрамина платины. Процесс гидролиза проводится при нагревании в присутствии едкого натра. Гидроксопентаминовые соединения, вне зависимости от того, каким из этих двух методов получились, обладали одинаковым составом и свойствами. Синтез пентаминовых соединений платины (IV) сыграл историческую роль в утверждении теории координационной химии. По решению IV Менделеевского съезда по чистой и прикладной химии (1925 г.) этому классу комплексных соединений было присвоено наименование солей Чугаева.

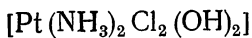
Следующим важным направлением исследований по комплексным соединениям, в котором принял непосредственное участие Хлопин, было изучение реакций окисления комплексов. Этот вопрос, соприкасав-

шийся с изомерией комплексных соединений, в 20-е годы только начинал изучаться. По аналогии с органическими соединениями предполагалось, что в реакциях окисления комплексных соединений можно найти один из общих способов, позволяющих осуществлять взаимные переходы комплексов друг в друга, и главное — отыскать путь определения их строения. «Число таких общих и успешно применяемых реакций» для комплексных соединений, по мнению авторов, весьма ограничено. Это — реакции «присоединения и отщепления, гидролиза и дегидратации и замещения» [II, 149, т. 2, с. 53]. К тому же они использовались применительно к узкому кругу веществ.

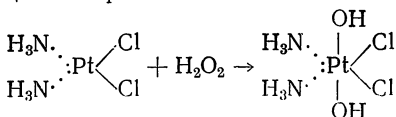
Изучение процесса окисления комплексных соединений Чугаев поручал Хлопину и Черняеву. Хлопин исследовал возможность и механизм окисления комплексов платины (II) такими окислителями, как перекись водорода, озон и надсерная кислота, Черняев использовал в качестве окислителя кислород. До этих работ, предпринятых Чугаевым с сотрудниками, были известны лишь реакции окисления комплексов кобальта и хрома. «Но и для этих случаев, — писали авторы, — механизм реакций и правильности, которым они подчиняются, почти еще не исследованы... Роль этих реакций оставалась чисто служебной» [II, 149, т. 2, с. 53]. Ими пользовались в препаративных целях.

Еще меньше сведений имелось об окислении комплексных соединений платины.

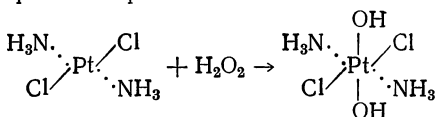
Подтвердив уже известный факт, что комплексные соединения платины (II) окисляются перекисью водорода до комплексных соединений платины (IV), Чугаев и Хлопин предприняли исследование механизма этого процесса на цис- и транс-изомерах одного и того же соединения — дихлордиаминоплатинита ($[\text{Pt} \cdot (\text{NH}_3)_2 \text{Cl}_2]$). Оказалось, что оба его изомера ведут себя одинаково, давая соответствующие изомеры одного и того же продукта реакции:



цис-изомер

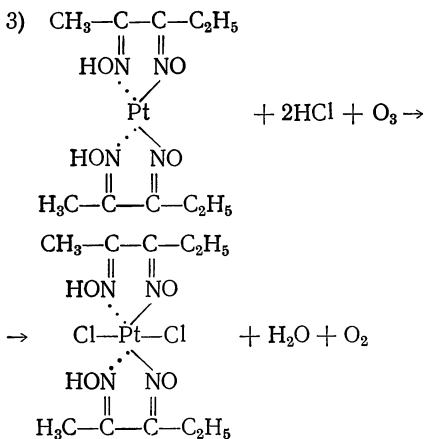
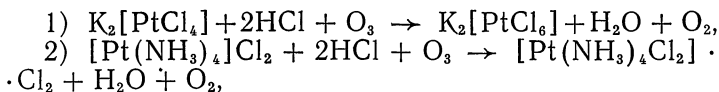


транс-изомер



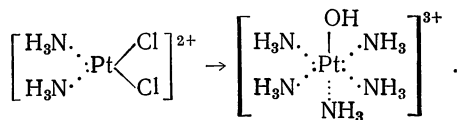
Аналогично окислялись и другие комплексные соединения платины(II) (например, хлороплатинит аммония). «Совокупность этих фактов,—указывали авторы,—заставляет считать рассматриваемую реакцию общей в применении к ряду соединений двухвалентной платины» [II, 149, т. 2, с. 55].

Очень интересные результаты наблюдались при использовании в качестве окислителя озона. Окисление в кислой среде происходило для всех изученных комплексов платины(II) по одной схеме с образованием соответствующего соединения платины(IV), во внутреннюю сферу которого входило дополнительно по два атома хлора, например:

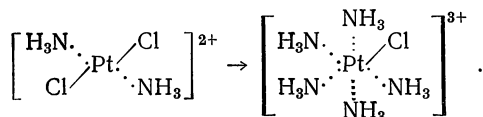


В случае окисления озном в щелочной среде (в присутствии карбоната аммония) механизм реакции был более сложным и зависел от структуры окисляемого комплексного соединения. Оказалось, что в цис- и транс-изомерах дихлордиаминоплатинита порядок замещения атомов хлора различен. В случае цис-изо-

мера присоединение гидроксильной группы и молекул аммиака к платине происходит одновременно с замещением атомов хлора, причем «оба атома хлора одинаково легко способны к замещению, а присоединившаяся к центральному атому платины гидроксильная группа под влиянием пяти аммиачных групп приобретает очень большую устойчивость» [II, 149, т. 2, с. 56]:



При окислении менее устойчивого транс-изомера в этих же условиях порядок замещения атомов хлора иной: один атом хлора легко замещается группой NH_3 , другой же не замещается, оставаясь во внутренней сфере комплекса:



Сопоставляя полученные результаты с известными литературными данными по реакциям замещения тетрахлордиаминплатината и хлороплатината аммония при реакциях с карбонатом аммония или гидрофосфатом натрия в аммиачной среде, Чугаев и Хлопин пришли к заключению, что здесь наблюдается «чрезвычайно интересное явление удивительной пассивности одного из атомов хлора, всегда связанной с трансположением» [II, 149, т. 2, с. 58]. Изучение различного поведения лигандов при реакциях замещения, их направляющего влияния на положение лиганда-заместителя, задуманное Чугаевым, было начато очень интересно. Очевидно, в план этих исследований входили работы многих сотрудников, так что цитируемая совместная работа Чугаева и Хлопина рассматривалась, по-видимому, как фрагмент обширного исследования и в свое время не публиковалась. Лишь спустя десятилетие по некоторым материалам, найденным в личном архиве Чугаева, Э. Х. Фрицман подготовил к печати статью, содержащую этот материал. Однако, по словам Фрицмана, полностью «черновик исследования не сохранился в бумагах Чугаева, и эта работа осталась бы потерянной, если бы у В. Г. Хлопина не нашлись

итоги исследования, по которым удалось ее восстано-
вить» [II, 149, т. 2, с. 64].

При выполнении этих исследований Хлопин по-
шел на кафедре Чугаева хорошую школу по неорган-
ической и аналитической химии. Во многих работах
есть указания, что все данные по установлению со-
става синтезируемых или изучаемых соединений по-
лучены Хлопиным. Ему приходилось пользоваться при
этом и химическими, и физико-химическими методами
анализа, о чем будет рассказано несколько позднее.
Широкие познания в области комплексных соединений,
которые приобрел Хлопин в начале своей научной де-
ятельности, сослужили ему в дальнейшем верную
службу при решении сложных вопросов не только не-
органической химии.

Технология получения платины из руд. Первая
мировая война внесла значительные коррективы в
планы научных исследований русских ученых, в том
числе Чугаева и его сотрудников. Учитывая богатый
опыт работы школы Чугаева по платиновым элемен-
там, военно-химический комитет при Главном артил-
лерийском управлении (ГАУ) поручил кафедре неор-
ганической химии Петроградского университета во
главе с Чугаевым разработать технологию получения
чистой платины из платиновой руды. Чистая платина
стала особенно необходимой в этот период для кон-
тактного производства серной кислоты, а способы и
технология получения чистой платины оставались за-
секреченными иностранными фирмами, среди которых
особенно авторитетной считалась фирма Гериус.

Чугаев предоставил решение этой задачи своим
ученикам — Хлопину и Лебединскому.

Молодым химикам следовало «подвергнуть кри-
тической оценке многочисленные, описанные в литера-
туре методы выделения чистой платины из руд и вы-
брать из них путем экспериментальной проверки
метод, дающий действительно хорошие в технических
условиях результаты» [II, 149, т. 2, с. 65].

Процесс переработки руды обычно складывался из
трех стадий: переведение руды в раствор, выделение
из нее платины с примесями, очистка выделенной пла-
тины. Растворение природной платиновой руды — опе-
рация трудоемкая и длительная. Используя действие
нескольких порций царской водки, ведя растворение
под давлением и при нагревании, операцию удавалось

сократить до 10—12 ч. Выделяющаяся при этом летучая осмиевая кислота, обладающая ядовитыми свойствами, поглощалась щелочью со спиртом.

Вторая стадия процесса особенно ответственна и сложна. Если обработать раствор, полученный после действия на руду царской водкой, избытком хлористого аммония, то в осадок выделяется хлороплатинат аммония $(\text{NH}_4)_2 [\text{PtCl}_6]$ совместно с изоморфным с ним хлороиридатом аммония $(\text{NH}_4)_2 [\text{IrCl}_6]$. Для получения чистой платины предлагались различные способы, которые можно разделить на две группы. Первая — связана с разработкой путей отделения иридия от платины из осадка изоморфных комплексов, вторая объединяет разнообразные приемы, позволяющие сразу после растворения руды в царской водке осаждать платину, свободную от примеси иридия.

Методы отделения иридия от платины основывались главным образом на предварительном восстановлении иридия (IV) до иридия (III), который в отличие от платины (IV) не осаждался хлористым аммонием. Также было известно, что иридий не осаждается в виде хлороиридата аммония из сернокислых растворов. Эти наблюдения легли в основу признанных тогда методов получения чистой платины из препаратов, содержащих иридий, — методом Гереуса, Шнейдера и Клауса.

Проверив эти способы применительно к отечественной платиновой руде, Хлопин и Лебединский пришли к заключению, что наиболее подходящим является способ Клауса. Однако существенным недостатком оставалась длительность процесса, поскольку очищение платины производилось после ее осаждения вместе с иридием. Видоизменив метод Клауса очистки платиновых соединений от иридиевых и применив его к выделению платины непосредственно из раствора после действия царской водки на руду, молодые специалисты разработали свой, достаточно простой и эффективный метод получения чистой платины из руды (шлиховой платины).

Он заключался в следующем. Растворение руды проводилось под давлением и при нагревании путем постепенного добавления свежих порций царской водки и отсасывания отработанного раствора. С этой целью использовался круглодонный стеклянный бал-

лон с обратным холодильником, в пробке которого были три отверстия: через одно из них проходила стеклянная трубка для отсасывания отработанного раствора в специальный приемник; во второе отверстие вставлялась капельная воронка с царской водкой; через третье — проходила отводная трубка, соединенная с поглотителями для осмиевой кислоты. Хлопин и Лебединский подробно описали изменение температуры, концентрации и количества царской водки на разных стадиях растворения. Растворение продолжали до тех пор, пока свежая порция царской водки после кипячения в течение 10—15 мин оставалась слабо окрашенной. В среднем операция заканчивалась за 12 ч и требовала разбавленной царской водки в количестве, в десять раз превышающем вес взятой руды.

Полученный раствор вместе с оставшимся нерастворимым остатком (осмистый иридий, порода и пр.) переносился в фарфоровую чашку, обрабатывался избытком серной кислоты (для перевода всех соединений в сульфаты и создания кислой среды) и упаривался сначала на водяной, а затем на песочной бане около 2 ч до полного прекращения выделения хлористого водорода. Образовавшаяся в итоге кристаллическая масса обрабатывалась водой и нагревалась; при этом происходило выделение окислов азота. Затем раствор фильтровался и осаждался твердым хлористым аммонием. После часового настаивания в маточном растворе хлороплатинат аммония отфильтровывался и промывался насыщенным раствором хлористого аммония, а затем ледяной водой и спиртом.

Разработанная методика испытывалась в полузаводском масштабе в химической лаборатории Горного института при участии горного инженера Н. И. Подкопаева (1872—1930); степень чистоты получаемой платины определял сотрудник Политехнического института С. Ф. Жемчужный (1873—1929) по методу электропроводности и термотокков. Оказалось, что разработанный метод «является наилучшим из известных до сих пор методов, предложенных для технической переработки сырой платины с целью извлечения из нее чистой платины» [1, 86, с. 82]. Этим методом «была получена платина, по своей чистоте едва уступающая чистой платине известной фирмы Геркус»

[II, 149, т. 2, с. 68]. По предложению директора Платинового института академика Курнакова, авторы опубликовали разработанную методику со столь хорошим выходом по чистоте и количеству платины из руды в «Известиях института по изучению платины» [II, 60].

*Препаративные работы
в Военно-химическом комитете*

Сюда относятся работы по получению веществ, имеющих практическое значение главным образом оборонного характера. Они были проведены по заданию Военно-химического комитета и отчасти Морского ведомства и касались срочной разработки методов получения таких веществ, как гидразин, азид натрия, использующихся в производстве взрывчатых веществ; соединений теллура и селена, которые начали применяться в приборной технике (фотоэлементы, светящиеся составы). Кроме того, разрабатывались технологические схемы получения многих химических реактивов, ставших дефицитными в годы войны. Предложенные как сугубо прикладные, эти работы в дальнейшем приобрели исследовательский характер и затронули ряд интересных научных вопросов общего характера. Одновременно обстоятельства военных лет потребовали от ученых разработки оригинальных приборов и наиболее экономичных схем производства нужных веществ, базировавшихся на использовании отечественного сырья. И опять это стало прекрасной школой для молодого Хлопина, принимавшего участие в выполнении многих поручений Военно-химического комитета.

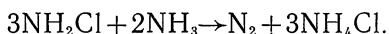
Для проверки методик и технологических схем, разработанных в лабораториях, в 1916 г. был создан опытный завод. «Было бы более чем рискованно, — справедливо заметил по этому поводу Чугаев, — результаты, добытые в лаборатории, прямо положить в основу проекта большого завода» [I, 20, с. 159].

Гидразин и азид натрия. Разработкой метода получения гидразина и азид натрия в больших количествах занимались в лаборатории Чугаева Хлопин, Черняев и Орелкин. Изучив литературные данные по этому вопросу и поставив экспериментальную проверку рекомендованных методик, они пришли к выводу,

что в описанные способы получения гидразина и азид-натрия целесообразно «внести некоторые изменения практического характера» [II, 149, т. 2, с. 80].

По принятому тогда способу Рашига гидразин получали при действии гипохлорита натрия на избыток аммиака. Реакция шла в две стадии: первоначально образовывался хлорамин (NH_2Cl) $\text{NH}_3 + \text{NaOCl} \rightarrow \text{NH}_2\text{Cl} + \text{NaOH}$, который при взаимодействии с избытком аммиака давал хлористый гидразин ($\text{N}_2\text{H}_4\text{HCl}$) $\text{NH}_2\text{Cl} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{H}_4\text{HCl}$.

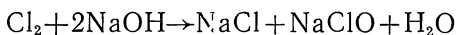
Процесс осложняется побочной реакцией, понижающей выход гидразина:



Предотвращению этой реакции способствует понижение температуры и увеличение вязкости среды за счет добавления таких веществ, как желатина или столярный клей.

Таким образом, весь путь получения гидразина складывался из следующих операций: получение раствора гипохлорита, проведение реакции образования гидразина, отгонка избытка аммиака, нейтрализация раствора гидразина серной кислотой и выпаривание раствора с выделением кислого сульфата гидразина, мало растворимого в воде.

Уже на первой стадии процесса — получение NaClO путем насыщения хлором раствора едкого натра — исследователи выявили особую роль охлаждения и энергичного перемешивания раствора. В противном случае вместо нужной реакции



шла другая:



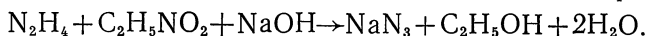
Реакцию получения гидразина (во второй стадии процесса) они предложили вести при постоянном добавлении льда, что позволило добиться достаточно спокойного ее протекания без разогревания раствора и обильного выделения азота. Все это привело к увеличению выхода гидразина до 86% (по патенту Рашига — 80%).

Далее проводилась отгонка аммиака, который затем вновь использовался в первой стадии процесса.

После отгонки аммиака в растворе оставались хло-

ристоводородный гидразин, хлористый натрий и едкий натр. Этот раствор нейтрализовали серной кислотой, упаривали в несколько приемов и отделяли гидразин от кристаллизующихся при этом NaCl , Na_2SO_4 и отчасти NH_4Cl и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Исследователи детально разработали условия выпаривания и отделения всех примесей от кислого сульфата гидразина. Полученный препарат сушили на воздухе. Содержание в нем гидразина составляло около 19,5% (теоретическое содержание 24,62%).

Азид натрия получается из гидразина при действии на него раствора этилнитрита в щелочной среде:



В водном растворе гидразин присутствует в виде гидразингидрата ($\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), поэтому прежде всего надо было обследовать способы получения гидразингидрата из нерастворимого в воде сернокислого гидразина. В литературе рекомендовалось в течение нескольких часов растирать сульфат гидразина в ступке с концентрированным спиртовым раствором метилата или этилата натрия. Этот путь был сразу забракован исследователями «ввиду очевидной непригодности этого способа для работ со значительными количествами вещества, а также и его сравнительной дороговизны» [II, 149, т. 2, с. 82].

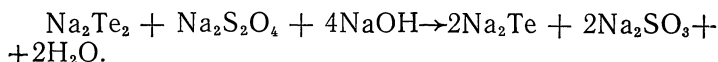
Была сделана попытка найти условия проведения гидролиза («омыления» по терминологии тех лет) гидразинсульфата «обыкновенной спиртовой щелочью». Трудность и тонкость этого эксперимента заключались в том, чтобы очень точно отрегулировать количество щелочи в растворе; а именно добавлять такое ее количество, чтобы после реакции омыления гидразинсульфата оно составляло «на одну молекулу гидразингидрата точно одну молекулу едкого натра. Как значительный избыток, так и недостаток свободной щелочи вредно отзывается на реакции получения азидата натрия; в первом случае идет побочная реакция образования вредной азотистонатриевой соли, а во втором — неполное омыление образовавшегося в качестве промежуточного продукта этилового эфира азотистоводородной кислоты» [II, 149, т. 2, с. 82].

В конце концов условия проведения этой реакции удалось разработать, и в статье приводилась подробная методика всего процесса. Выход оказался вполне

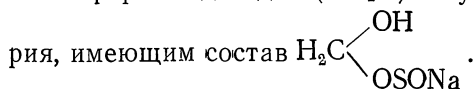
хорошим: в случае использования чистых исходных веществ конечный продукт содержал 96% азида натрия, обычный технический продукт — 93—93,5%. В то время как «патентованный Рашигом препарат, высываемый под именем азида натрия в оригинальной упаковке из Людвигсафена, содержит около 95,0% чистого азида» [II, 149, т. 2, с. 83].

Селен и теллур. В эти годы селен, теллур и их соединения относились к мало изученным элементам. Получали их главным образом из производственных отходов сернокислотной или металлургической промышленности, а область применения этих элементов оставалась довольно узкой.

Изучение химии селена и теллура, как обычно, вели несколько сотрудников Чугаева; основные направления разрабатывали Хлопин и Фридман. Первое сообщение, опубликованное в 1914 г., касалось способа растворения этих металлов [II, 4, 7]. По данным исследователей, селен и теллур растворяются в атмосфере, лишенной кислорода, при нагревании (60—80°) с едким натром и гидросульфитом натрия. В результате реакции образовывались Na_2Te и Na_2Se . Реакция шла в две стадии: вначале металлы, взаимодействуя со щелочью, давали Na_2Te_2 и соответственно Na_2Se_2 , а затем эти вещества восстанавливались в щелочном растворе гидросульфитом по реакции, например, для теллура:



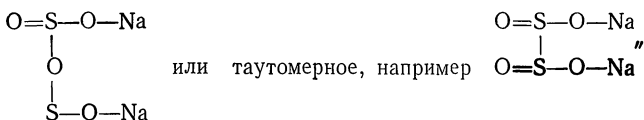
В качестве восстановителя рекомендовался не только гидросульфит натрия, но и ронгалит — соединение формальдегида (CH_2O) с сульфоксилатом нат-



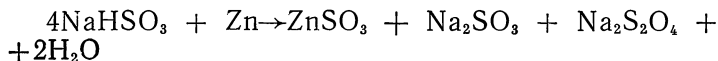
Гидросернистая кислота и ее нейтральная соль, использовавшиеся для получения теллуристого и селенистого натрия, обладали рядом интересных и ценных свойств, которые побудили молодых ученых провести дополнительные исследования. К тому же их первая статья по вопросам получения Na_2Te и Na_2Se носила характер краткого сообщения; предстояло разработать четкую методику и разобраться более

детально в механизме процесса восстановления и в свойствах самого восстановителя.

Работами предшественников было практически установлено, что соли гидросернистой кислоты имеют состав $M_2S_2O_4$, где M — одновалентный металл. Для решения вопроса о строении гидросернистой кислоты особое значение имели ее реакции с альдегидами и кетонами, при которых она вела себя как смешанный ангидрид сернистой (H_2SO_3) и сульфоксиловой (H_2SO_2) кислот. «На основании всех имеющихся пока в нашем распоряжении данных,— писали Хлопин и Чугаев,— гидросернисто-натриевой соли следует написать такое строение:



[II, 149, т. 2, с. 72]. Гидросульфит натрия — сильный восстановитель ($E^\circ_{S_2O_4^{2-}/2SO_3^{2-}} = -1,12 B$) — получается обычно при восстановлении $NaHSO_3$ цинковой пылью:



или при электролизе $NaHSO_3$ вследствие катодного восстановления.

В литературе указывалось, что этот восстановитель может выделять теллур и селен в виде металлов из солей соответственно теллуристой и селенистой кислот. При более обстоятельном изучении этой реакции оказалось, что она протекает достаточно сложно: первоначально выделяющийся черный осадок металла (изучался теллур) в избытке гидросульфита растворяется с образованием раствора, окрашенного в фиолетовый цвет, характерный для растворов полителлуристых металлов.

Тогда Хлопин поставил следующий опыт. Измельченный металлический теллур заливался щелочным раствором гидросульфита натрия и в запаянной пробирке (чтобы избежать окисления атмосферным воздухом) нагревался на водяной бане. Замеченное явление повторялось теперь более отчетливо — теллур переходил в раствор, причем сначала появлялась интенсивно фиолетовая окраска, а затем раствор посте-

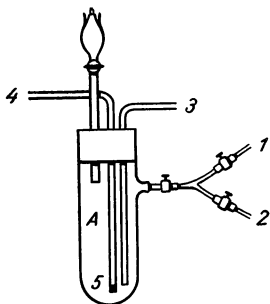


Рис. 1. Прибор для получения теллура

ленно обесцвечивался. После охлаждения из этого раствора выделялись кристаллы вещества, плохо растворимого на холоду в щелочах и несколько лучше — в воде. При соприкосновении с воздухом вещество разлагалось с выделением теллура. «Если пробирку с полученным бесцветным раствором вскрыть на воздухе, — писали авторы исследования, — то жидкость мгновенно окрашивается в интенсивно фиолетовый цвет и по прошествии нескольких секунд покрывается блестящей пленкой теллура» [II, 149, т. 2, с. 72]. Было очевидно, что они получили соединение теллура низшей степени окисления; предстояло его изучить.

Для получения образующегося нестойкого соединения теллура в чистом виде и изучения хода этой реакции Хлопин сконструировал специальный прибор (рис. 1).

В сосуд *A* насыпались отвешенные количества мелко измельченного теллура и гидросульфита натрия, а затем приливался 10%-ный раствор едкого натра. В пробке сосуда *A* имелось три отверстия: через одно из них проходила трубка (4), соединенная с водоструйным насосом; через другое — трубка (3), по которой подавался водород, в третьем помещалась капельная воронка для добавления NaOH. Трубки (1) и (2), соединенные с *A*, вели в сосуды, наполненные эфиром и водой. Прибор эвакуировался, заполнялся водородом (он подавался через трубку (3) и выходил через (1) и (2)), и сосуд *A* погружался в баню, нагретую до 70—80°. После растворения теллура и обесцвечивания жидкости ее медленно охлаждали, при этом шла кристаллизация. Затем маточный раствор отсасывался через трубку (4), в нижней части которой находился фильтр из ваты, в особый приемник, где затем анализировался. Кристаллы растворялись при нагревании в небольшом количестве воды, поступающей через трубку (2). После быстрого охлаждения маточный раствор вновь отсасывался от кристаллической массы; эта операция растворения, крис-

таллизации и промывания осадка повторялась несколько раз.

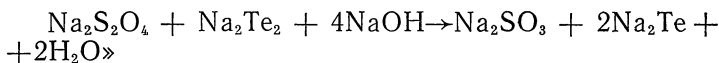
Количественный анализ полученного соединения с последующим определением «атомного отношения входящих в его состав элементов» показал в нем наличие только теллура и натрия. Теллур определялся в виде элементарного гравиметрически, а натрий — в виде NaOH титриметрически. Для формулы Na_2Te авторы исследования приводят такие данные:

вычислено: $\text{Na} : \text{Te} = 2 : 1$,

найдено: $\text{Na} : \text{Te} = 2,08 : 1$.

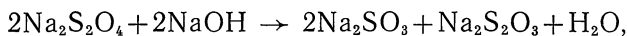
Новое вещество при высушивании быстро выветривалось, теряло свой блеск, а затем серело от выделяющегося металлического теллура; еще быстрее указанный процесс происходил при смачивании полученного вещества спиртом. Эти наблюдения дали основание авторам считать, что они имеют дело с кристаллогидратом теллуристого натрия. Были изучены реакции его взаимодействия с хлористым бензолом и хлористым диметилфенилбензиламмонием — в обоих случаях получались бензиловые производные теллура — $\text{Te}(\text{C}_6\text{H}_5)_2$.

Значительное внимание было уделено изучению механизма реакции взаимодействия металлического теллура с гидросульфитом натрия. По данным анализа продуктами реакции оказались Na_2Te , NaOH, Na_2SO_3 и Na_2S . Исходя из состава, было сделано следующее заключение: «Сначала происходит растворение некоторого количества теллура в едком натре, затем образовавшийся Na_2Te постепенно переводит металлический теллур в раствор в виде полителлуридов, а эти последние редуцируются гидросернистонатриевой солью до Na_2Te . Последний процесс можно представить следующим суммарным уравнением:

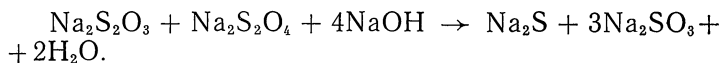


[II, 149, т. 2, с. 74—75].

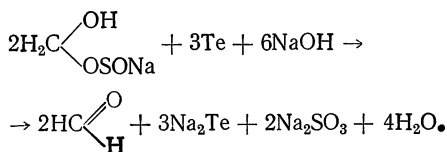
Образование Na_2S происходило, вероятно, за счет побочных реакций:



а далее



Гидросульфит натрия чрезвычайно неустойчив, поэтому для получения больших количеств теллуристого натрия исследователи рекомендовали пользоваться продажным ронгалитом. Реакция в этом случае имеет вид



Условия проведения этого процесса они также подробно описали в статье.

Реакции, используемые для получения Na_2Se , аналогичны и основаны на взаимодействии селена с гидросульфитом натрия или ронгалитом. Получающийся Na_2Se значительно устойчивее, чем Na_2Te . Таким образом, Чугаев и Хлопин не только впервые получили теллуристый и селенистый натрий, но и изучили механизм реакции их образования, свойства новых соединений, описали методику получения этих веществ в малых и больших количествах. Что касается малых количеств, то, по мнению исследователей, реакция между $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ и Te или Se «в запаянных пробирках протекает настолько быстро и гладко, что ее можно рекомендовать в качестве лекционного опыта для демонстрации получения теллуристого и селенистого натрия» [II, 149, т. 2, с. 77].

В дальнейшем в учебниках по общей и неорганической химии способ получения теллуристого натрия связывался с именем Хлопина [I, 87, с. 320].

Никель (I). В развитие изучения восстановительных свойств гидросернистой кислоты Хлопин провел исследования с солями никеля.

Относительно изученными для никеля были различного типа соединения, куда он входил в степени окисления, равной двум. О существовании низших степеней окисления имелись отдельные указания в литературе, но ни одно соединение, в котором бы присутствовал никель (I), в чистом состоянии выделить не удавалось. Наиболее достоверными были сведения о цианидном комплексе никеля $\text{K}_2[\text{Ni}(\text{CN})_3]$, который получался при восстановлении $\text{K}_2[\text{Ni}(\text{CN})_4]$.

Изучая действие гидросернистой кислоты как восстановителя, Хлопин и Чугаев обратили внимание на

реакцию, имеющую место между гидросульфитом и нитритом натрия, если их концентрированные растворы смешаны в эквимолекулярных отношениях. Такая смесь сильно разогревалась и приобретала способность к своеобразной реакции с солями никеля(II), в результате которой раствор в зависимости от содержания никеля окрашивался в интенсивно фиолетовый или синий цвет. «Это окрашивание обусловлено наличием двух относительно устойчивых кристаллических веществ, которые нам,— с огорчением писали авторы работы,— не удалось получить в абсолютно чистом состоянии» [II, 149, т. 2, с. 78]. Первое, окрашенное в фиолетовый цвет, оказалось гораздо более растворимо, чем второе, имевшее синюю окраску.

Проанализировав первое вещество, Хлопин и Чугаев пришли к выводу, что этому веществу можно

ориентировочно приписать формулу
$$\text{H}-\text{N} \begin{cases} \text{SO}_3\text{Ni} \\ \text{SO}_3\text{Ni} \end{cases} n\text{H}_2\text{O},$$

т. е. считать его веществом, в состав которого входит никель(I). Реакции этого вещества подтверждали такое предположение, так как сопровождалась эффектами, отличными от характерных для никеля(II).

Действие щелочей вызывало выделение синего осадка, совершенно отличного от гидрата $\text{Ni}(\text{OH})_2$, цианистый калий — переход фиолетовой окраски раствора в красную; наконец, аммиак, пиридин и этилендиамин реагировали с изучаемым веществом, давая соединение весьма интенсивной синей окраски, также отличающейся от окрашивания раствора при взаимодействии указанных реагентов с солями никеля(II).

Особенно обстоятельно и тщательно изучалась природа и состав синего осадка, выделявшегося при добавлении щелочи к раствору нового соединения. «Для получения этого вещества,— писали Хлопин и Чугаев,— которое очень сильно изменяется на воздухе, в чистом состоянии, мы его неоднократно промывали в атмосфере H_2 ... Полученное таким образом вещество содержало только Ni, O и H. К сожалению, оно не могло быть освобождено без разложения от избытка воды, тем не менее все же оказалось возможным установить его химическую природу» [II, 149, т. 2, с. 79]. Исследователи убедились, что выделенное ими соединение «есть не что иное, как гидрат NiOH , отвечающий одновалентному никелю». А это, в свою очередь, дава-

ло основание заключить, что они «нашли новый метод, позволяющий получать различные производные одновалентного никеля» [II, 149, т. 2, с. 79].

Академик А. А. Гринберг (1898—1966), вспоминая впоследствии об этих работах Хлопина, писал: «Он мне рассказывал с величайшим увлечением о соединении одновалентного никеля. Это тот вопрос, который и сейчас (в 1966 г.—*Н. У.*) является актуальным... Надо сказать, что работа Виталия Григорьевича по одновалентному никелю была одной из самых первых работ в области аномально-валентных состояний металла» [III, 40, с. 146].

Аналитические исследования

Работы, связанные с использованием имеющихся и разработкой новых методов обнаружения и главным образом количественного определения элементов, сопровождали практически все исследования Хлопина. Он был тонким аналитиком, великолепным экспериментатором и отлично владел многими химическими и физико-химическими методами исследования и определения состава веществ. На первых этапах, когда Хлопин работал преимущественно с платиновыми элементами, сочетание синтеза и анализа у него носило классический характер. Синтез новых комплексных соединений проверялся их анализом, а данные анализа перепроверялись синтезом этого же соединения, но другим методом. Нередко приходилось разрабатывать новые приемы анализа, вводить новые аналитические реакции.

Поскольку Хлопин в большинстве случаев вел исследования на новых направлениях науки, то и приборное оформление синтеза и анализа впервые получаемых веществ отличалось оригинальностью. Так было при изучении комплексных соединений (прибор для определения растворимости), химии селена и теллура (прибор для получения их соединений низшей степени окисления), благородных газов (прибор Хлопина—Лукашука, прибор Хлопина—Герлинга) и т. д. Эти приборы — простые и надежные — завоевали общее признание, быстро вошли в практику химических исследований.

При изучении состава веществ Хлопин использовал практически все известные к тому времени методы; об

этом легко судить по статьям, в которых всегда подробно описывались применяемые в эксперименте методики и способы проведения анализа. Так, платина, железо, сера и некоторые другие элементы определялись гравиметрически; кислоты и щелочи — методом кислотно-основного, хлориды — осадительного, ванадий — окислительно-восстановительного титрования и т. д. Газовый анализ использовался для волюмометрического (по объему) определения азота и кислорода. На вооружении Хлопина были колориметрический анализ, определение молекулярной электропроводности, построение диаграмм плавкости и многие другие методы.

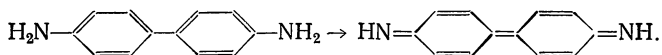
Значительную роль в цикле радиохимических исследований сыграла разработка методов аналитических определений, позволяющих контролировать чистоту радиевых препаратов, измерять природную радиоактивность минералов, горных пород, пластовых вод, источников; в дальнейшем разрабатывались методы определения геологического возраста пород и, наконец, способы изучения продуктов деления атомных ядер. Все указанные направления аналитических определений создавались одновременно с созданием новых приборов для этих целей. Последняя большая группа исследований аналитического характера, как и все определения, связанные с измерением радиоактивности, будет разобрана в главе, посвященной радиохимическим работам Хлопина, а здесь мы коснемся лишь вклада Хлопина в неорганический анализ.

Аналитическая химия платиновых элементов. При разработке метода получения чистой платины из руды встал вопрос о способе контроля чистоты получаемого продукта, прежде всего в отношении главной примеси — иридия. Иначе говоря, требовался надежный метод не только качественного, но и количественного определения малых количеств иридия в присутствии платины.

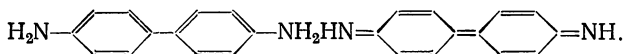
Изучая описанные в литературе реагенты на платину и иридий, Хлопин остановил свое внимание на бензидине. Он был предложен как чувствительный реагент на платину в 1913 г. итальянскими учеными Малатеста и Динола. Поставив опыты по выяснению действия бензидина на платиновые металлы и прежде всего на соединения платины (IV), платины (II), иридия (IV) и иридия (III), Хлопин установил, что только

иридий(IV) дает четкую реакцию. Что же касается платины(IV), то ее соединения вместо синего окрашивания давали с бензидином желтоватый осадок, который лишь при стоянии и нагревании принимал фиолетово-синий оттенок. Особенно тщательно изучая взаимодействие бензидина с платиной(IV), «мы очень скоро убедились,— писал Хлопин,— что чувствительность реакции сильно понижается, если брать не обычную продажную соль платины, а специально очищенную. Это обстоятельство навело нас на мысль, что, по всей вероятности, бензидин реагирует в первую очередь не с солями платины, а с обычно содержащимся в продажной платине иридием» [II, 149, т. 2, с. 96].

Специально поставленные дополнительные опыты подтвердили это предположение. В дальнейшем было установлено, что бензидин окисляется до «бензидиновой сини» по реакции, идущей в две стадии. В каждой стадии амидные группы ($-\text{NH}_2$) бензидина переходят в имидные ($=\text{NH}$):



Во второй стадии получившееся вещество соединяется с бензидином, образуя синий продукт:



Окраска этого соединения обусловлена наличием в молекуле двух хиноидных группировок $=\text{C}_6\text{H}_4=$.

Поскольку «бензидиновая синь» образуется вследствие окисления бензидина, то последний следует рассматривать как реагент не на какой-то определенной ион, а вообще на ионы, проявляющие свойства окислителей, в том числе платину и иридий в высших степенях окисления. Но хотя и платина(IV), и иридий(IV) способны окислять бензидин, величины их окислительных потенциалов, как теперь известно, имеют такое значение ($E_{\text{IrCl}_6^{2-}/\text{IrCl}_6^{3-}}^0 = 1,03 \text{ В}$; $E_{\text{PtCl}_6^{2-}/\text{PtCl}_4^{2-}}^0 = 0,68 \text{ В}$), что в первую очередь в реакцию с бензидином вступает Ir(IV). Совершенно правильно интерпретируя свои результаты, Хлопин уже тогда писал: «По-видимому, реакция бензидина с солями четырехвалентного иридия основана на легкой восстанавливаемости последнего до трехвалентного, причем происходит окис-

ление бензидина с образованием одной из красок бензидинового ряда. С этой точки зрения понятно, что и соли четырехвалентной платины дают такую же реакцию с бензидином, но гораздо медленнее и при более значительной концентрации, сообразно с большей устойчивостью (т. е. меньшим окислительным потенциалом.— *Н. У.*) солей четырехвалентной платины» [II, 149, т. 2, с. 97].

Предлагая такое объяснение реакции, Хлопин одновременно предсказывал, что, вероятно, можно подобрать и другие лейкосоединения, которые могут служить реагентом на Ir(IV) , окисляясь до соответствующих красок. Так и произошло; через некоторое время Л. А. Чугаев предложил в качестве другого реагента на иридий — лейкооснование малахитовой зелени.

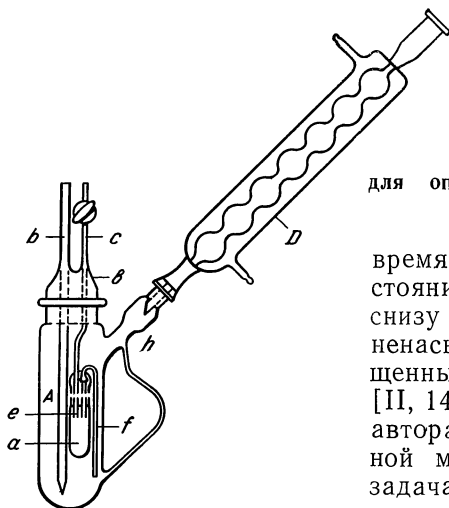
Описанию условий проведения бензидиновой реакции на иридий(IV) посвящена еще одна работа Хлопина [II, 29]. После изучения условий проведения этой реакции и выяснения ее механизма Хлопин занялся разработкой быстрого метода определения малых количеств иридия в присутствии больших количеств платины, т. е. метода определения примеси иридия в платине. «К сожалению, реакция с бензидином,— писал он по этому поводу,— хотя и дает возможность открывать иридий в присутствии платины, но не может быть применена для количественного его определения. Между тем в быстром методе количественного определения небольших количеств иридия в платине ощущается острая необходимость» [II, 149, т. 2, с. 97].

И такой метод был Хлопиным разработан. Он основывался на визуальном сравнительном колориметрировании растворов определенных концентраций чистого хлороплатината аммония (стандартного раствора, или, по терминологии тех лет, «шаблона») и раствора смеси хлороплатината и хлороиридата аммония, т. е. раствора технического хлороплатината, загрязненного иридием. Хлороиридат аммония ярко окрашен в темно-красный цвет и даже малые его количества явно усиливают желтую окраску хлороплатината аммония, не изменяя при этом ее оттенка. «Если в колориметре сличить окраску растворов чистого хлороплатината... с соответствующей крепости раствором технического хлороплатината, то еще 0,05% подмеси Ir без труда могут быть определены по большей интенсивности окраски» [II, 149, т. 2, с. 93].

Прибор для определения растворимости веществ.
Синтезируя новые комплексные соединения, Хлопин и Чугаев обязательно включали в число изучаемых свойств новых соединений определение их растворимости, считая эту характеристику одной из тех констант вещества, которой «бесспорно должно быть отведено одно из важнейших мест», особенно для веществ неустойчивых, не позволяющих определять их температуры плавления и кипения. Кроме того, «растворимость имеет еще другие важные преимущества перед остальными физико-химическими свойствами,— подчеркивали исследователи.— Она является свойством в высокой степени конститутивным, и величина ее резко изменяется в зависимости от молекулярной структуры и стереохимической конфигурации вещества. Она пригодна для характеристики и распознавания веществ, по другим своим свойствам лишь с трудом различимых друг от друга» [II, 149, т. 2, с. 13].

Мономерные и димерные комплексы, изучаемые в лаборатории Чугаева, как раз значительно отличались по растворимости. Известно также, что растворимость вещества резко меняется в присутствии примесей, значит определение ее величины позволяет судить об однородности препарата, а достижение постоянства величины растворимости является критерием чистоты вещества. Однако, несмотря на важность этой характеристики веществ, ее значения среди других констант (температура кипения и плавления, удельный вес, электропроводность, рефракция и др.) приводились в литературе редко. Авторы справедливо видели причину этого в сравнительной трудности определения растворимости. Обычно растворимость определялась путем установления концентрации насыщенного раствора данного вещества (гравиметрически или титриметрически), причем насыщение раствора при данной температуре достигалось введением избытка твердой фазы. Такие способы определения растворимости требовали использования больших термостатов, длительной выдержки растворов для достижения насыщения и установления определенной температуры.

«Мы задались целью,— писали Чугаев и Хлопин,— попытаться сконструировать прибор, который, не отличаясь громоздкостью, позволял бы производить определения с достаточной степенью точности, возможно быстро при различных температурах, позволяя в то же



**Рис. 2. Прибор
для определения растворимо-
сти**

время подходить к состоянию равновесия и снизу и сверху (т. е. из ненасыщенных и пересыщенных систем.— *Н. У.*)» [II, 149, т. 2, с. 14]. И это авторам удалось в полной мере. Поставленная задача была решена оригинально и изящно, а сам

прибор отличался исключительной простотой и надежностью. Принцип измерений в приборе заключался в том, что все определения растворимости производились при температуре кипения насыщенного раствора вещества, которая варьировалась путем изменения давления в системе. Проведение измерений при температуре кипения сразу решало несколько задач — отпадала необходимость термостатирования, перемешивания и выдержки растворов до наступления равновесия, поскольку при кипячении происходило энергичное перемешивание. Изменение давления достигалось разрежением с помощью обыкновенного насоса, а его постоянство обеспечивалось ртутным регулятором или системой соединяющихся сосудов большой емкости.

Предложенный исследователями прибор (рис. 2) представлял собой большой сосуд (A), на дно которого помещали избыток твердого анализируемого вещества и заливали его растворителем. Сосуд (A) закрывался пробкой (B), через которую проходили две трубки: (b), с термометром, погруженным в жидкость, и (c), на нижнем конце которой имелась стеклянная пробка с закрепленным на ней цилиндриком (a) для взвешивания. Через пробку цилиндрика в него пропускалась трубка (e), один конец которой, обращенный внутрь сосуда, заканчивался расширением для фильтра из асбеста или ваты, а другой, снабженный сифоном (f),

погружен в жидкость сосуда (А). Отводной рукав сосуда (А) соединен с холодильником. Вся система через холодильник присоединялась к насосу; в эту цепь включался регулятор давления. При работе насоса определенное разрежение достигалось путем регулирования притока воздуха, поступающего в сосуд через трубку (b) и систему (c—a—f). Сам сосуд погружался в масляную баню, температура которой должна быть выше точки кипения раствора при данном пониженном давлении на 5—10°. Насыщение раствора достигалось в течение часа. Затем, отбедняя сосуд (А) от насоса и пуская воздух через холодильник внутрь сосуда, часть насыщенного раствора через фильтр переводили в цилиндр для взвешивания («выдавливают через сифон», как писали авторы). Этот цилиндр вынимался, тщательно обтирался и взвешивался вместе с находящимся в нем насыщенным раствором. Далее растворитель выпаривался, а остаток вновь взвешивался. Так определялась масса твердого вещества и суммарная масса твердого вещества и растворителя, а по разности — масса растворителя. Можно было поступать и иначе — количество растворенного вещества определять титриметрически.

Новый прибор был опробован на опытах с химически чистыми веществами: Li_2CO_3 , CaO , KNO_3 , KClO_3 , NH_4Cl . Полученные данные по растворимости этих веществ в различных интервалах температур хорошо совпадали с наиболее достоверными литературными данными.

Кроме того, Хлопин и Чугаев поставили опыты по определению растворимости некоторых веществ в органических растворителях (например, сулемы в бензоле), и в этом случае работа на новом приборе оказалась возможной.

«Таким образом...— заключали авторы изобретения,— предлагаемый прибор позволяет производить определения растворимости в различных растворителях и при различных температурах сравнительно быстро и с достаточной степенью точности» [II, 149, т. 2, с. 17].

Простота и оригинальность самой идеи и ее конструктивного решения покоряли. «Особенно сильное впечатление на меня произвела работа по определению растворимости,— писал академик Гринберг.— Виталий Григорьевич предложил совершенно новый принцип...

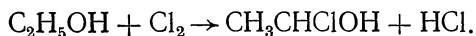
разработал в высшей степени остроумный метод определения растворимости для разных давлений и применил его для целого ряда соединений» [III, 40, с. 146]. Прибор приобрел известность и широко использовался специалистами.

Анализ природных объектов, полупродуктов и продуктов производства. Хлопин много работал с природными объектами — рудами, минералами, различного типа водами, природными газами. Представляя собой многокомпонентные системы, как правило (за исключением вод и газов) с большим трудом поддающиеся растворению, они создавали значительные трудности при установлении химического состава. Даже использование уже известных методов определения того или иного элемента, разработанных для солей или простых по составу смесей, в случае природных объектов требовало предварительной работы, близкой к научному исследованию: приходилось выбирать наиболее рациональный способ переведения образца в раствор, выяснять влияние присутствующих в данном объекте других элементов, состава системы после разложения образца, кислотности, температуры, концентрации раствора на результаты анализа и т. д.

Радиоактивное сырье. Технология процесса получения радия из радиоактивных руд и радиоактивных остатков требовала разработки методов его контроля не только на радий (радиометрических), но и на ряд присутствующих ценных элементов. Раствор ферганской руды, с которой имел дело Хлопин, содержал, по его словам, после первоначальной обработки «из ценных элементов уран, ванадий и медь, на выделение которых и было обращено внимание» [II, 149, т. 1, с. 43]. Медь достаточно легко удалялась из раствора в виде сульфида, а затем уран и ванадий практически количественно осаждались в виде ферроуранованадата неопределенного состава. Далее этот осадок обрабатывался карбонатом натрия при кипячении, в результате чего железо выпадало в осадок в виде гидроксида, а в раствор переходили уран в виде двойной соли карбоната уранила и карбоната натрия, и ванадий — в виде натриевой соли метаванадиевой кислоты. Затем уран осаждался едким натром, а в фильтрате оставался ванадий, который мог быть выделен различными путями, например, действием железного купороса.

Таким образом, по общей технологической схеме переработки руды ванадий обычно присутствовал в системе совместно с ураном и железом, и методы его определения должны были учитывать одновременное наличие этих элементов. «К вопросу о количественном определении ванадия,— писал Хлопин,— наше внимание было привлечено вследствие тех затруднений, с которыми постоянно приходилось сталкиваться нашим сотрудникам при необходимости быстрого определения ванадия в присутствии железа или урана и суммы ванадия и железа в присутствии урана» [II, 149, т. 1, с. 73].

Гравиметрические методы — трудоемкие, длительные, требующие кропотливой работы по многократному отделению ванадия от урана и железа, не годились для целей контроля технологического процесса. Внимание исследователя привлекли титриметрические методы; началась проверка их пригодности применительно к составу анализируемых объектов. Все известные методы основывались на предварительном количественном восстановлении ванадия(V) до ванадия(IV) с последующим титрованием перманганатом калия. Опыты, поставленные предварительно на искусственных смесях, позволили разработать методику, где в качестве восстановителя использовался спирт, насыщенный хлористым водородом. Такой слабый восстановитель избирательно восстанавливал только один сильный окислитель — ванадий(V). Протекающие при этом реакции Хлопин представил схематически так:



После восстановления ванадия его определяют перманганатометрическим титрованием в присутствии соли марганца(II) или, если в растворе содержится одновременно железо, в присутствии смеси Рейнгарда—Циммермана (MnSO_4 , H_2SO_4 , H_3PO_4). «Метод этот,— писал Хлопин,— дает очень точные результаты и является весьма удобным способом определения ванадия в присутствии железа, которым в настоящее время широко пользуются как лаборатории Радиевого завода, так и химическая лаборатория Радиевого института» [II, 149, т. 1, с. 75]. Таким способом определялся ванадий в присутствии железа и урана.

При использовании более активного восстановителя — сернистого газа — шло восстановление не только ванадия, но и железа, в то время как уран не восстанавливался. Такой метод восстановления применяли при определении железа или ванадия или их суммарного содержания в присутствии урана. В этом случае перед титрованием восстановленных ванадия(IV) и железа(II) следовало избыток введенного восстановителя удалить пропусканьем тока углекислого газа.

Анализ, проведенный по этим методикам, хотя и давал хорошие результаты, однако длился около полутора часов. Стремление разработать эффективный метод контроля производства, а не просто метод анализа, стимулировало дальнейшие поиски. Экспресс-анализ, требующий всего 10—15 мин, удалось разработать, применив в качестве восстановителя двуххлористое олово. При этом ванадий восстанавливался моментально и нацело, железо — также, а уран оставался в окисленной форме. Далее ванадий или ванадий и железо (в зависимости от состава системы) титровались перманганатом калия или по методу обратного титрования — титровался избыток двуххлористого олова — раствором иода. «Предлагаемый нами новый быстрый метод определения ванадия,— писал Хлопин,— почти не уступает в точности классическому способу определения ванадия восстановлением его сернистым газом, отличаясь от последнего значительно более быстрым выполнением. Способ этот вошел в практику химической лаборатории Радиевого завода и им пользуются для быстрого определения ванадия или суммы ванадия и железа при контроле за производством» [II, 149, т. 1, с. 76].

Разработанные Хлопиным и его сотрудниками способы определения ванадия позволяли надежно и просто «следить за содержанием ванадия как в различных образцах руды, так и в полуфабрикатах и остатках производства» [II, 149, т. 1, с. 78]. Оставалось, правда, решить еще одну трудную задачу — найти метод определения урана в присутствии ванадия и железа. В 1924 г. Хлопин писал по этому поводу: «Не так благополучно обстоит дело с количественным определением урана в присутствии ванадия и железа, и тут мы до настоящего времени не располагаем еще ни одним химическим приемом, который позволил бы нам быстро и достаточно точно определять его содержание в руде

и различных заводских полуфабрикатах» [II, 149, т. 1, с. 78].

Хлопин поставил перед собой задачу разработать метод определения всех трех указанных компонентов (U, V, Fe) в одной пробе надежно и быстро. В процессе исследования пришлось обратиться к наиболее сильным восстановителям, под действием которых восстанавливались не только железо и ванадий, но и уран. Известные методы с использованием металлов и амальгам здесь оказались непригодны — они требовали применения редуктора Джонса с целым рядом дополнительных предварительных и последующих операций.

Удачное решение задачи пришло при изучении воздействия на анализируемую смесь солей титана (III), обладающих значительными восстановительными свойствами. Метод дифференцированного (раздельного) восстановления или окисления применительно к смесям многовалентных металлов Хлопин начал разрабатывать начиная с 1920 г. [II, 31—33]. Теперь, положенный в основу принципа дифференцированного титрования смесей окислителей или восстановителей, он помог решению сложного аналитического и практически важного вопроса.

Различие в окислительных свойствах урана(VI), ванадия(V) и железа(III) позволило проводить их раздельное (дифференцированное) титрование солями титана(III). Подобранные соответствующие окислительно-восстановительные индикаторы, удавалось вполне четко зафиксировать при титровании три точки эквивалентности, каждая из которых соответствовала титрованию одного из компонентов этой системы. Первым восстанавливался наиболее сильный окислитель — ванадий(V), затем — железо(III) и, наконец, самый слабый окислитель — уран(VI). Определение занимало не более 10—15 мин.

В более поздних работах по химии урана Хлопин совместно с А. М. Гуревич обстоятельно изучил окислительные свойства систем $UO_2SO_4-U(SO_4)_2$ [II, 128] и $U(SO_4)_2-U_2(SO_4)_3$ [II, 129] с количественной их характеристикой.

Природные воды. Изучая распространение бора в природных водах сначала в борнокислых источниках Персии и Закавказья, а позднее в водах нефтеносных

районов, Хлопин с сотрудниками исследовал возможность определения в них количества бора методом кислотно-основного титрования.

Обычно бор в те годы определялся после его отгонки в виде борнометилового эфира и поглощения раствором щелочи титриметрически или гравиметрически. Однако использовать отгонку при анализе в полевых условиях затруднительно. И поэтому Хлопин обратился к сравнительно новому методу — титрованию борной кислоты в присутствии многоатомных спиртов. Прямое титрование борной кислоты щелочью использовать нельзя: на кривой титрования очень слабой борной кислоты ($K_{H_3BO_3} \sim 10^{-10}$) нет скачка и, следовательно, зафиксировать момент эквивалентности невозможно. Многоатомные спирты (трехатомный — глицерин, шестиатомный — маннит) образуют с борной кислотой комплексную одноосновную кислоту с более сильными кислотными свойствами, что позволяет использовать для определения ее (а следовательно, и эквивалентного количества борной кислоты) прямое титрование едкими щелочами.

С целью выяснения возможности применения такой методики определения бора при анализе минеральных вод Хлопин первоначально провел анализ искусственных смесей, моделирующих различные типы этих вод. Было изучено воздействие катионов: K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} и анионов: SO_4^{2-} , $S_2O_3^{2-}$, S^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} на ход и результаты определения бора названным выше методом. На основании указанных исследований Хлопин разработал условия количественного определения бора в минеральных водах, при выполнении которых в присутствии маннита $H_2SON(CHON)_4CH_2OH$ «титрование борной кислоты идет гладко и абсолютная ошибка не превышает обычно $\pm 0,05\%$ » [II, 149, т. 2, с. 92]. Предварительное отделение посторонних ионов требовалось только в случае наличия в водах значительных количеств железа и фосфорной кислоты.

Дальнейшее развитие эта работа (в сотрудничестве с Н. В. Тагеевой, С. Г. Цейтлин и др.) нашла в исследованиях вод нефтяных месторождений, грязевых сопок и морей. При анализе такого рода природных растворов на бор также использовался несколько модифицированный титриметрический метод [II, 21, 23, 26].

Природные газы. Изучение благородных газов и миграции радиоэлементов обусловило необходимость создания новых и усовершенствование уже имеющихся методов определения этих газов. «Вследствие химической инертности благородных газов,— писал Хлопин в обобщающей работе 1931 г.,— для их как качественного, так и количественного определения могут быть использованы исключительно их физические свойства. Из разнообразных физических свойств благородных газов с аналитическими целями используются относительно немногие. Для качественного их открытия служат почти исключительно их характерные спектры, полученные при дуговом разряде в газе при пониженных давлениях. Для количественного определения и выделения... спектры применяются относительно редко... чаще всего пользуются различной их поглотительной способностью в отношении угля при различных низких температурах, а также различием в плотностях и в целом ряде других физических свойств... как-то: коэффициентах рефракции, теплопроводности, скорости распространения звука и др.» [II, 149, т. 2, с. 105].

Начиная с 1922 г., когда Хлопин занялся изучением распространения гелия в природных газах, он лично, а затем со своими учениками и сотрудниками провел большое число анализов этих газов, первоначально главным образом на гелий. Кроме того, гелий определялся и в некоторых минералах с целью установления механизма, условий его выделения и роли различных факторов в этом процессе. В то время существовало два основных метода определения гелия в газовых смесях.

Первый из них, названный химическим, был основан на химической инертности благородных газов в отличие от всех прочих компонентов газовой смеси. По этому методу определенный объем анализируемой газовой смеси многократно пропускался над раскаленными металлами и оксидами металлов $\text{CuO} + \text{Ca}$ (или Mg) или $\text{CaO} + \text{Mg}$. В результате азот и кислород из газовой смеси образовывали соответственно азиды и оксиды. Водород, оксид углерода (II) и углеводороды, находившиеся в исходной смеси, сгорали до угольной кислоты и воды, которые поглощались поглотителями, содержащими едкое кали и фосфорный ангидрид.

Газовый остаток может содержать все пять благородных газов: гелий, неон, аргон, ксенон и криптон. После определения суммарного объема благородных газов легкие благородные газы (гелий и неон) отделяли от тяжелых. С этой целью смесь благородных газов пропускали через поглотитель, наполненный коксовым углем и погруженный в жидкий воздух: тяжелые благородные газы поглощались, а гелий и неон оставались непоглощенными. Далее измерялся объем легких газов, т. е. определялось суммарное содержание $He+Ne$, и после извлечения из угля при подогреве — суммарное содержание $Ar+Kr+Xe$.

Второй метод, отнесенный к физическим, использовался только применительно к определению гелия или суммарного содержания гелия и неона, поскольку был специально разработан для исследования на гелий газовых струй в Канаде. В этом случае фиксированный объем природного газа пропускали последовательно через три улавливателя, погруженные в жидкий воздух. В первом, пустом, сгущались углекислота и углеводороды, во втором и третьем, заполненных коксовым углем, поглощались все остальные газы, кроме гелия и неона.

Дальнейшее определение, как и в первом случае, происходило после перекачивания легких благородных газов в эвдиометр, где измерялся их объем. Таким образом, оба метода использовали высокую поглотительную способность коксового угля по отношению ко всем газам, кроме гелия и неона.

Их общим недостатком была сложность конструкции и значительные объемы газа (до шести литров), которые требовались по методикам для проведения анализа. Эти недостатки и предстояло устранить в первую очередь. «Вопрос о качественном и количественном определении гелия ставился тогда в Союзе впервые,— писал впоследствии Хлопин.— Все известные из литературы методы требовали для своего осуществления сравнительно сложной и дорогостоящей аппаратуры, вследствие чего их применение в лаборатории КЕПС'а наталкивалось на чисто технические и финансовые трудности» [II, 149, т. 2, с. 115]. Вспомним, ведь это был 1923 год! Требовался простой, дешевый прибор, который можно было бы и изготавливать, и ремонтировать своими силами. Прежние приборы, по словам Хлопина, представляли собой «грандиозное

Рис. 3. Прибор Хлопина — Лукашука



и весьма хрупкое сооружение, занимающее целую стену» [II, 149, т. 2, с. 101].

Хлопин четко сформулировал поставленную задачу: «Сложность конструкции и монтажа... вышеуказанных приборов и связанная с этим дороговизна и трудность их реализации сразу же выдвинули перед нами вопрос о необходимости заменить их каким-нибудь сравнительно портативным и простым прибором для количественного определения гелия, который позволял бы производить это определение с достаточной степенью точности в небольших порциях исследуемого газа в 100—200 мл... Для решения этой задачи мы решили перейти от обычного газового анализа к микрогазовому анализу» [II, 149, т. 2, с. 101].

Разработанный новый прибор состоял из U-образной трубки, одно колено которой, обращенное к газовой бюретке, образует барометрическая трубка, наверху изогнутая под прямым углом и снабженная впускным краном. Второе колено, расширенное, заполненное коксовым углем, наверху заканчивается также изогнутой под прямым углом барометрической трубкой (с припаянной к ней небольшой разрядной трубкой — «плюккеровской»), которая соединяется с видоизмененным манометром типа Мак-Леода. Этот манометр в отличие от обычных давал возможность не только измерять объем газа при любом давлении, но и использовать его в качестве ртутного насоса для перевода практически всего газа, находящегося в поглотительной части прибора, в измерительную — в градуированную трубку манометра (см. рис. 3). Прибор монтировался на переносном деревянном штативе. Проба анализируемого газа составляла около 100 мл. Испытуемый газ осторожно выпускают из газовой бюретки в поглотительную часть прибора; все газы, за исключением гелия и неона, мгновенно поглощаются углем, а гелий и неон распределяются меж-

ду поглотителем и разрядной трубкой. Впуск газа продолжается до тех пор, пока не будет наблюдаться ясный желтый спектр гелия (свечение рассматривается в спектроскоп). Затем кран газовой бюретки закрывают и через 15 мин открывают кран, соединяющий манометр с поглотителем, перекачивают гелий в градуировочную часть манометра и измеряют его объем при желаемом давлении.

Этот прибор, который известен под названием прибора Хлопина—Лукашука, был предложен исследователями в 1924 г. Он позволил «впервые с несомненностью установить присутствие гелия в одном из русских природных газов и произвести в нем его количественное определение. Опыты производились с газом, собранным на 3-й буровой скважине... Саратовской губернии, предоставленной в распоряжение Главного отдела КЕПС'а Научным комитетом воздушного флота» [II, 149, т. 2, с. 102—103]. Прибор Хлопина—Лукашука сразу завоевал популярность. Спустя семь лет, в 1931 г., Хлопин отмечал: «До настоящего времени наш прибор является наиболее простым из всех описанных приборов для количественного определения гелия» [II, 149, т. 2, с. 115].

Следующим этапом в аналитических определениях благородных газов была разработка достаточно простого метода определения суммы легких и суммы тяжелых благородных газов в общей схеме газового анализа. Благородные газы обычно отделялись от всех остальных на основе их химической инертности. В природных газах (в зависимости от их типа) могут присутствовать пары воды, сероводород, сернистый газ, оксиды углерода и азота, кислород, водород, углеводороды. Все эти компоненты удаляются с использованием различных поглотителей, реагирующих с ними химически.

В основе дальнейшего разделения оставшихся в смеси благородных газов может лежать различие в поглотительной способности древесного или коксового угля по отношению к этим газам; в температурах сжижения и кипения газов и скорости их диффузии через стекло или кварц. Чаще всего для разделения используется первое свойство — различие в поглощении коксовым углем. В литературе можно было найти описание нескольких методик и приборов для определения суммы легких и тяжелых благородных газов.

Однако при конкретном рассмотрении возможности их использования выяснился целый ряд затруднений, сложностей и несовершенств, которые заставили Хлопина заявить: «Мы не располагаем пока еще простым и достаточно точным прибором, который позволил бы производить массовые определения этих газов или включить эти определения в обычный ход газового анализа» [II, 149, т. 2, с. 135]. И как следствие — обычное для Хлопина решение: если прибор нужен, значит его следует создать.

Вместе с сотрудниками ученый взялся за разработку нового прибора, исходя из литературных данных относительно способности металлического кальция связывать двухатомные газы и углеводороды при температуре красного каления. В основу новой конструкции была положена принципиальная схема прибора, созданного ранее Хлопиным и Лукашуком. Отличие состояло в том, что в качестве поглотителя использовался не только коксовый уголь, но и металлический кальций.

Первым на пути газа помещался металлический кальций при температуре 700° . Он поглощал все двухатомные газы и углеводороды; для полноты поглощения азота температуру под конец снижали до 500° . Наблюдения в спектроскоп за спектром позволяли судить о полноте поглощения всех газов, за исключением благородных. Суммарное содержание всех благородных газов определялось по объему, измеренному при определенном давлении, как обычно.

Вторая операция — раздельное определение легких и тяжелых благородных газов — производилась с использованием второго поглотителя — угля. При температуре жидкого воздуха уголь адсорбирует тяжелые благородные газы — аргон, криптон и ксенон. Убедившись в чистоте спектра гелия (неон обычно присутствует в ничтожном количестве), измеряли его объем, а количество тяжелых благородных газов находили по разности. Можно провести и прямое их определение, нагрев уголь и измерив объем десорбированных газов. Сконструированный прибор опробовался на искусственных газовых смесях, а затем на природных газовых струях. Анализ давал хорошие результаты и заканчивался за два часа. Если анализировались природные газы, содержащие сероводород и водород, то и в этом случае, как показали допол-

нительные исследования, можно использовать металлический кальций, так как он «при температуре красного каления нацело поглощает сероводород и водород... Благодаря этому оказалось возможным распространить данный метод определения благородных газов на серу- и водородсодержащие струи» [II, 149, т. 2, с. 144].

Количественные определения благородных газов помогали не только установить их содержание в природных газах, составить представления о распространении благородных газов на территории нашей страны, но и решать научные вопросы относительно геохимии, миграции элементов и характера природных процессов, в которых они принимают участие. Поэтому аналитическая химия благородных газов постоянно привлекала внимание ученых. На II Всесоюзной конференции по газам Хлопин в своем докладе обращал особое внимание на этот вопрос. «Прежде всего,— подчеркивал ученый,— необходимо... констатировать крайний недостаток точных аналитических данных, касающихся содержания отдельных представителей благородных газов в природных газовых выделениях, за исключением гелия и отчасти аргона. Причина этого ненормального явления лежит в чрезвычайной трудности методики количественного определения неона, криптона и ксенона» [II, 149, т. 2, с. 166].

Выступая на страницах журнала «Природа» с популярной статьей о природных газах, Хлопин и здесь считал нужным подчеркнуть значение аналитических определений. «Необходимо обратить внимание,— писал он,— на дальнейшее усовершенствование методики как макро-, так и микрогазового анализа и выработку стандартных методов анализа... Особое внимание должно быть обращено на выработку методов возможно более быстрого определения запасов газовых месторождений и на разработку инструкции по ведению разведочного бурения на газы...» [II, 82, с. 492].

Все трудности, связанные с отбором и анализом проб газов, Хлопин знал и изучил, что называется изнутри, нередко лично участвуя в экспедиционных и лабораторных работах, которые требовали тщательности, навыка и тонкости выполнения. Не зря Хлопин писал Вернадскому: «К сожалению, найти желающих

работать по газам не так легко» [I, 38, с. 33]. В то же время усовершенствования методов количественного определения ряда элементов и в том числе аргона и гелия в минералах требовало и решение такой важной проблемы, как установление геологического возраста тех или иных пород.

Применением разработанной методики определения гелия к анализу минералов занимался под руководством Хлопина Э. К. Герлинг. Работа по изучению свойств газов и созданию надежных методов их определения в минералах проводилась в газовой лаборатории Радиевого института. В 1935 г., после ремонта института, она заметно расширилась, получила дополнительные помещения, в которых, по словам Хлопина, все «отделано заново и приспособлено для газовой лаборатории». Первое, о чем Хлопин сообщал в этой связи Вернадскому, были работы по определению гелия. «Рассчитываю,— писал ученый,— что у Герлинга его установка для определения гелия в породах будет закончена к 15 ноября, с какого времени можно будет приступить сначала к ее испытанию, а затем и к работе на ней. В первую очередь пойдет на ней определение гелия в тингуаитах Хибин» [I, 38, с. 41].

Тингуаит — радиоактивная порода, которая использовалась для установления возраста Хибин по гелию. Чтобы иметь возможность пользоваться уже созданными приборами для определения гелия в газах применительно к анализу минералов, пришлось видоизменить конструкцию. «Вместо бюретки с газом к нему присоединялась дополнительная часть, служащая для разложения минерала и поглощения получающихся при этом водяных и кислых паров» [II, 149, т. 2, с. 220].

В дальнейшем в исследованиях по геологическому возрасту Хлопин использовал не только гелиевый метод, но и свинцовый, аргоновый и другие методы, предъявлявшие соответствующие требования к определениям продуктов процесса радиоактивного распада ряда химических элементов. С этой целью Хлопин и Герлинг разработали метод определения малых количеств ксенона и сконструировали прибор для такого анализа, а позднее при изучении геохимии благородных газов перешли к применению «масс-спектрографа в качестве прибора для анализов газов» [II, 149, т. 2, с. 274].

В этом обзоре мы коснулись лишь тех аналитических работ Хлопина, в результате которых были созданы новые методы определения элементов, разработаны новые методики или сконструированы новые приборы, т. е. тех исследований, которые внесли вклад в развитие аналитической химии. Это не означает, конечно, что Хлопин не владел другими методами и не использовал их в своих работах. В любом исследовании он не только оказывался на уровне достижений науки своего времени, но всегда и шел дальше, вперед, к новым успехам и завоеваниям, даже если это исследование было вспомогательным по отношению к основному направлению.

Во всех его статьях и докладах аналитического характера всегда приводились достижения предшественников, состояние вопроса к началу собственных работ, четко формулировалась поставленная задача, а затем полученные результаты и выводы. Методика, по которой работал автор, давалась столь подробно, с указанием всех условий ее выполнения, что любой сотрудник мог по ней воспроизвести этот эксперимент. Все анализы повторялись многократно, результаты сопоставлялись между собой и с литературными данными, указывался предел обнаружения или количественного определения элементов, оценивалась ошибка анализа. Также подробно описывались и новые приборы, приводились их рисунки или чертежи.

Химия и технология радиоактивных элементов

Исследования Хлопина в области химии радиоактивных элементов охватывают такой широкий спектр научных и прикладных вопросов, что требуют для своего обзора классификации и по тематике, и по элементам, и по хронологии. К тому же с каждым годом увеличивалось число учеников и сотрудников Хлопина, создавалась и росла школа советских радиохимиков, из которой вышли крупные ученые, возглавившие собственные направления научных изысканий в области радиохимии. Рассмотрим лишь самые фундаментальные достижения, в разработке которых Хлопин принимал непосредственное участие.

Изучение химии радия привело к первой блестящей победе Хлопина на поприще радиохимии. Как известно, заняться химией радия побудили его поиски решения проблемы получения радия из отечественного сырья — проблемы вообще сложной, а применительно к составу туркестанской руды — особенно. Хлопин отмечал, что «технология радия резко отличается от технологии всех других металлов тремя особенностями: чрезвычайной рассеянностью радия в природе, необычайной ценностью его и отсутствием каких-либо характерных аналитических реакций, которые с ним не разделял бы барий» [II, 149, т. 1, с. 17].

Промышленная ценность руды определяется в первую очередь содержанием в ней радия, затем наличием других ценных компонентов и, наконец, ее общим химическим составом, что заставляет применять более или менее сложные способы ее переработки. Наиболее ценная руда — урановая смоляная. Тюмуниты, с которыми имел дело Хлопин, беднее радием, но зато содержат ванадий. Третий тип составляют руды с низким содержанием радия, высоким содержанием тория, имеющие к тому же в своем составе редкие земли, ниобиевые и танталовые кислоты. Этот последний тип руд труден в переработке и дает малый выход продукта. К нему же по сложности переработки относят и руды с высоким содержанием кремнезема, так как они «требуют для своей обработки совершенно особых приемов» [II, 149, т. 1, с. 20]. К сожалению, туркестанская руда, которая была в распоряжении Хлопина, отличалась значительным содержанием кремнезема.

В зависимости от типа и состава руды меняется процесс ее переработки, хотя цель всегда одна: «...изоляция и концентрирование всего радия вместе с барием, с освобождением по возможности от всей пустой породы и использованием всего ценного, что содержится в руде» [II, 149, т. 1, с. 20]. Весь процесс переработки радиоактивных руд складывается из четырех основных этапов: получение «сырых сульфатов» путем удаления пустой породы; обогащение и очистка «сырых сульфатов»; переводение сульфатов бария — радия в хлориды; получение чистых солей радия.

На первом этапе для отделения пустой породы в

зависимости от типа руды ее обрабатывают кислотами или другими реагентами (щелочная обработка, сплавление), которые растворяют основную ее массу, а радий и барий остаются в нерастворившемся остатке в виде сульфатов. Обычно эта стадия переработки руды и называется — получение «сырых сульфатов». Однако применительно к большинству руд Хлопин считает «правильнее нерастворимый обогащенный радием остаток называть „радиевым концентратом“, так как химический состав его бывает настолько сложен, что непосредственно его перерабатывать на хлориды бария—радия нельзя, а приходится подвергать специальной очистке и обогащению, причем получается собственно сырой сульфат» [II, 149, т. 1, с. 22].

Вторая и третья стадии процесса переработки руды проводятся последовательно или комбинируются в зависимости от состава радиевого концентрата, причем обогащение бария радием может производиться и до и после перевода радия в растворимую форму. В основном для этой цели использовались два типа реакций: предварительное переводение сульфатов в карбонаты с последующим их растворением в хлористоводородной кислоте и предварительное восстановление сульфатов до сульфидов с последующим действием кислоты или прямым хлорированием.

К тому времени, когда начал свои исследования Хлопин, наиболее разработан был метод Кюри—Дебьерна, с использованием первого типа реакций. По этому методу радиевый концентрат сначала обрабатывался концентрированным раствором щелочи для отделения свинца, алюминия и кремния, которые переходили в раствор, затем на осадок действовали хлористоводородной кислотой для извлечения полония и актиния. После этого в осадке оставались сульфаты бария и радия. Трехкратным кипячением с насыщенным раствором карбоната натрия их переводили в карбонаты, затем растворяли в HCl, вновь осаждали в виде сульфатов, которые опять переводились в карбонаты и растворялись в HCl. На этом очистка не заканчивалась. Полученный раствор последовательно обрабатывался H_2S , NH_3 и Na_2CO_3 . Осадок, образовавшийся от действия последнего реагента, растворялся в HCl, упаривался досуха и вновь растворялся в HCl. Новый раствор использовался для проведения

последней стадии — отделения радия от бария. Метод отличается особенной длительностью, а получающиеся хлориды бария—радия содержат примеси свинца.

Вторая группа методов, в основе которых лежит восстановление сульфатов до сульфидов, более экономична во времени, позволяет получать препараты, не загрязненные свинцом, и дает хорошие результаты в применении к рудам, содержащим кремнезем. Правда, большинство способов этой группы методов требовало использования таких восстановителей, как CaC_2 , CaH_2 , HCl , насыщенного парами CCl_4 , и не применялось в заводских масштабах. Исключение составлял метод восстановления сульфатов углем, однако, «как только понижается качество сульфатов, — указывал Хлопин, — и они начинают содержать более или менее значительные количества неактивных примесей, — соли алюминия и железа и особенно кремнезем, так получаемые по вышеописанному способу результаты начинают ухудшаться» [II, 149, т. 1, с. 29]. В любом случае заключительный этап работы — отделение радия от бария — представлял особенно большую трудность, поскольку химические свойства этих элементов весьма близки. Все методы, предложенные для их разделения, подчеркивал Хлопин, «приводят к цели лишь весьма медленно, путем многократного повторения процесса» [II, 149, т. 1, с. 32]. В основном использовались два типа методов: дробная кристаллизация или дробное осаждение и избирательная адсорбция.

Среди методов первого типа наиболее разработанной и нашедшей применение на ряде радиевых заводов была дробная кристаллизация хлоридов бария—радия (метод Кюри). В этом случае полученные на предварительных этапах обработки руды хлориды бария—радия растворяются в минимальном количестве воды и этот раствор упаривается до начала кристаллизации; маточный раствор отделяют от осадка, вновь упаривают и т. д.; осадок, в свою очередь, растворяется, раствор упаривается и т. д. При этих процессах идет накопление радия в осадке — соответственно активность осадка повышается, а раствора уменьшается. В процессе дробной кристаллизации все фракции кристаллов и маточные растворы одинаковой активности соединяются и пускаются на дальнейшую обработку, в итоге получают две фрак-

ции — небольшая часть хлористого бария, содержащая практически весь радий, и большая часть бария, где радия нет. Эта последняя фракция выбрасывается, а первая вновь поступает на обработку, пока не получится чистый радий и чистый барий со следами радия.

Дробная кристаллизация не только использовалась уже в практике радиевого производства, но и была относительно хорошо изучена теоретически. Этот процесс характеризовался двумя величинами: коэффициентом обогащения (K_A) и коэффициентом кристаллизации (K_f). Первый показывает, во сколько раз богаче радием кристаллы хлористого бария, выпавшие из раствора, по сравнению с исходными. Второй — во сколько раз богаче радием кристаллы хлористого бария, выпавшие из раствора по сравнению с оставшимися в растворе. При нормальном протекании процесса $K_f = K_A^2$. Как вариант этого метода использовалось и дробное осаждение хлоридов бария—радия при добавлении к их водному раствору спирта. Кристаллизация идет вследствие меньшей растворимости хлоридов бария—радия в спирте, чем в воде. Радием обогащается, как и при дробной кристаллизации, твердая фаза. Вследствие отсутствия явных закономерностей процесса, знание которых позволило бы использовать его в больших масштабах, метод применялся лишь в препаративных целях для очистки $RaCl_2$. Для разделения бария и радия методом дробной кристаллизации было предложено использовать и бромиды этих соединений, но практического применения этот способ не нашел, что Хлопин объяснял дороговизной и трудностью получения бромистых соединений, а также меньшей устойчивостью бромидов бария и радия по сравнению с их хлоридами.

В литературе описывался также метод дробного осаждения гидратов окислов бария—радия щелочью, при котором радием обогащается не осадок, а фильтрат, однако сведений о практическом использовании такого приема не приводилось.

Среди второго типа методов разделения бария и радия, основанных на избирательной адсорбции, практическое использование имели способы с использованием в качестве адсорбентов коллоидов и прежде всего кремневой кислоты и двуоксида марганца. Адсорбция на коллоидальной кремневой кислоте приво-

дила к обогащению бария радием вместе с адсорбированными веществами. Осадок затем обрабатывался плавиковой кислотой — фтористый кремний улетучивался, а в осадке оставался барий, обогащенный радием. Однако помимо трудностей работы с плавиковой кислотой этот способ обладал и другими недостатками — адсорбционное соединение радия с кремневой кислотой разрушается в кислых средах, в которых обычно идет переработка барий—радиевых солей, и, кроме того, поглотительные свойства кремневой кислоты в сильной мере зависят от множества факторов и плохо воспроизводимы.

Этих недостатков лишен коллоидальный двуоксид марганца. Разделение бария и радия с использованием этого коллоида основано на различной устойчивости образующихся адсорбционных соединений бария и радия. Адсорбент по окончании адсорбции сначала обрабатывают разбавленной HCl или даже раствором хлорида алюминия, при этом разрушается и переходит в раствор наименее устойчивое адсорбционное соединение бария. После этого адсорбент обрабатывают более концентрированной кислотой, в результате чего разрушаются и десорбируются соли бария—радия.

Были известны Хлопину и многие другие методы разделения бария и радия и переработки радиоактивных руд вообще, однако они требовали использования таких реагентов и аппаратуры, какими он не располагал. Достаточно сказать, что даже проведение химических операций при нагревании или с использованием агрессивных сред представляло в те годы непреодолимые препятствия. Поэтому, описывая те или иные приемы, способы переработки руды, отдельные стадии процесса, он часто делал оговорки, что выбраны они потому, что могут быть осуществлены «в условиях русской действительности» [II, 149, т. 1, с. 50].

Досконально изучив как всегда литературу по относительно новому вопросу, Хлопин должен был сделать ответственный выбор: по какому из имеющихся методов перерабатывать отечественную радиоактивную руду и радиоактивные остатки. Затем предстояло создать технологию этого производства в заводском масштабе и, наконец, пустить завод по производству радия. Напомним, эти задачи приходилось решать в условиях разрухи, голода, отсутствия электрической

энергии и крайнем недостатке аппаратуры и самых простых реагентов. Неоправданный риск мог загубить все большое дело.

Прежде всего было решено попытаться основные стадии процесса переработки руды провести без нагревания. Собственно, как писал Хлопин, «принципиальных затруднений не предвиделось и осталось выполнить лишь весьма важную и кропотливую работу по определению оптимальных условий концентрации взаимодействующих веществ и времени взаимодействия для технического применения... схемы» [II, 149, т. 1, с. 43].

Схема переработки руды намечалась следующая. Руда обрабатывается концентрированной HCl с добавлением восстановителей, при этом в раствор переходят такие ценные компоненты, как уран, ванадий и медь, а в осадке, который обычно называется «радиоактивными остатками», находится практически весь барий и радий, а также SiO_2 , Al_2O_3 , отчасти Fe_2O_3 и следы ванадия, свинца и кальция.

Разложение руды кислотой происходит полнее и быстрее при нагревании, но, указывал Хлопин, «к сожалению, кипячение руды с крепкой соляной кислотой в заводском масштабе по техническим условиям момента оказалось операцией трудновыполнимой за невозможностью достать соответствующую кислотоупорную аппаратуру» [II, 149, т. 1, с. 42]. Из фильтра удаляют медь в виде сульфида, а затем осаждают ферроуранованадат, который впоследствии используется для выделения урана и ванадия.

Радиоактивные остатки перерабатывались на радий.

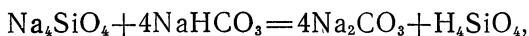
В распоряжении Хлопина были радиоактивные остатки, секвестрованные у Ферганского общества, и некоторое количество радиоактивной руды. Состав этой руды не был достаточно известен, а следовательно, ее переработка требовала постановки предварительных исследований. Крайняя ограниченность в средствах, времени, рабочей силе заставила Хлопина сосредоточить свое внимание на радиоактивных остатках, тем более что часть предварительных стадий переработки руды при этом автоматически отпадала. Материалом для радиевого завода и стали радиоактивные остатки, «одна переработка которых на радий по нашему глубокому убеждению,— писал Хлопин,—

уже окупила бы все хлопоты и затраты по созданию небольшого завода» [II, 149, т. 1, с. 44].

По общей схеме переработки руды радиоактивные остатки представляли собой «сырые сульфаты». Для перевода их в растворимое состояние Хлопин выбрал метод Кюри—Дебьерна (переведение в карбонаты и растворение в кислоте с дальнейшим выделением радия методом дробной кристаллизации) не только потому, что он был наиболее разработанным, но и вследствие того, что требовал «наименьших технических и материальных затрат для своего выполнения» и «все необходимые для работы по этому способу аппараты и химические материалы без труда можно было иметь даже в условиях общей разрухи 1918—1920 гг.» [II, 149, т. 1, с. 50].

Действительно, ведь тяжелые условия, в которых работала в своем сарае-лаборатории М. Кюри, невольно заставляли вырабатывать простой и доступный метод. Однако для Хлопина были очевидны и недостатки метода, особенно в применении к радиоактивным остаткам тую-муонской руды, содержащим значительные количества кремнекислоты и кальция. На все операции: многократное кипячение с карбонатом натрия, промывание осадков, выделение студенистого осадка кремневой кислоты при растворении карбонатов в кислотах и т. д. — уходила масса времени. Как теперь бы сказали, метод Кюри—Дебьерна требовал «доводки» в применении к имеющемуся сырью. При попытке проведения процесса в полужаводском масштабе особенно большие затруднения доставляла кремневая кислота. Выделяющийся осадок, застывая в «студнеобразную массу», делал дальнейшее фильтрование невозможным. Хлопин полагал, что именно эта трудность оказалась в свое время непреодолимой для специалистов Ферганского общества, вследствие чего радиоактивные остатки и остались не переработанными. Теперь предстояло эту трудность преодолеть.

После нескольких неудачных попыток решение было найдено. Считая, что выделение кремневой кислоты обусловлено реакцией



Хлопин предложил добавлять перед «варкой» (кипячением остатков с содой) небольшое количество едкого натра, который переводит бикарбонат натрия в кар-

бонат и препятствует выделению кремневой кислоты по указанной реакции. По словам ученого, это оказалось «весьма удобным приемом, нацело устраняющим вышеописанное крайне неприятное явление» [II, 149, т. 1, с. 51]. Так был устранен главный недостаток метода на данной стадии переработки остатков. Кроме того, введение фильтрования под давлением и некоторые другие усовершенствования позволили Хлопину утверждать, что задачу переработки остатков «даже и при наличии столь высокого содержания кремнезема и кальция... можно считать вполне удачно разрешенной» [II, 149, т. 1, с. 56].

Следующая стадия — получение «сырых хлоридов». Полученные на предыдущей стадии карбонаты промывались и обрабатывались HCl. Образовавшиеся при этом хлориды должны были пройти стадию обогащения радием, для чего использовалась либо дробная кристаллизация, либо избирательная адсорбция. Собственно между этими двумя путями, по мнению Хлопина, принципиального различия не было, поскольку механизм дробной кристаллизации он считал связанным не только с различием в растворимости солей бария и радия, но и в значительной степени с адсорбцией солей радия «гранями образующихся кристаллов бариевой соли, причем адсорбция эта находится, по-видимому, в тесной связи как с растворимостью соответствующей радиевой соли, так и со способностью ее давать с образующимися кристаллами хлористого бария твердые растворы» [II, 149, т. 1, с. 33]. Применяв на заводе метод Кюри—Дебьерна, Хлопин с сотрудниками попытались пустить полученные растворимые соединения бария—радия первоначально прямо на дробную кристаллизацию. Однако вскоре выяснилось, что и здесь есть много «узких мест». Во-первых, получающиеся «сырые хлориды» содержат много примесей и требуют предварительной очистки, а во-вторых, дробная кристаллизация оказалась практически неосуществимой — длительное упаривание кислых растворов проводить было просто не в чем — отсутствовала кислотоупорная аппаратура, выдерживающая нагревание, и к тому же в помещении не было вентиляции. «Это обстоятельство, — писал Хлопин, — заставило нас еще в 1920 г. обратить специальное внимание на экспериментальную разработку этого вопроса» [II, 149, т. 1, с. 58].

Сугубо практическая задача, возникшая тогда вследствие химической и технической бедности завода, нашла в работах Хлопина грамотное и изящное решение. Уменьшение растворимости при выпаривании растворов ученый предложил заменить уменьшением растворимости под действием электролитов с одноименным ионом, т. е. процесс дробной кристаллизации — процессом дробного осаждения на холоду.

Временные перерывы в работах на заводе Хлопин использовал для проведения обстоятельных научных исследований в этой области. Так, были поставлены работы по изучению изменения растворимости — основного компонента хлористого бария и примеси хлористого свинца — в зависимости от концентрации HCl , а затем и по распределению радия между твердой и жидкой фазами в системе: $\text{BaCl}_2\text{—RaCl}_2\text{—HCl}$. Все эксперименты, по словам Хлопина, производились «по всем правилам физико-химического анализа» [II, 149, т. 1, с. 59]. Эти работы, проведенные в самом начале 20-х годов, послужили основой большому циклу исследований Хлопина и его сотрудников по изучению распределения микрокомпонента между твердой и жидкой фазами.

Правда, безотлагательные нужды заводской технологии не позволили тогда провести исследования с желаемой полнотой. Выяснив принципиальную возможность замены процесса дробной кристаллизации хлоридов с использованием многократного выпаривания кислых растворов процессом дробного осаждения хлоридов хлористоводородной кислотой на холоду, Хлопин ввел его в технологическую схему производства радия. Он писал по этому поводу, что решил «ввиду настоятельной необходимости получить возможно скорее первые высокоактивные препараты радия, не откладывая приступить к дробному осаждению хлоридов на холоду соляной кислотой, причем мы ближе изучали этот процесс, — добавлял Хлопин, — прямо уже в условиях заводской работы» [II, 149, т. 1, с. 61].

По данным Американского горного департамента, который курировал работу радиевого завода в Денвере, лучшие результаты на стадии дробной кристаллизации получились при осаждении половины имеющегося в растворе хлорида бария; коэффициент обогащения при этом имел значение 1,5. Дополнительное исследование в лаборатории Хлопина по изучению за-

висимости коэффициента обогащения от количества осевшего хлорида бария в условиях дробного осаждения на холоду показало, что он является «непрерывной функцией количества осевшего бария, причем он возрастает с уменьшением количества осевшего бария, колеблясь в широких пределах от 1 до 3,7 — величины, ранее никогда не наблюдавшейся при кристаллизации хлоридов» [II, 149, т. 1, с. 81]. На основании полученных данных было решено, что «гораздо рациональнее осадить всего лишь около $\frac{1}{3}$ всего находящегося в растворе количества хлористого бария», а не половину, как было принято на некоторых американских производствах. Оказалось, что в этом случае вдвое возрастает коэффициент обогащения при почти одинаковом абсолютном выходе на радий и «достигается полная периодичность в ходе процесса, т. е. маточные растворы и подлежащие растворению в них кристаллы всегда обладают совершенно одинаковой или, во всяком случае, весьма близкой активностью» [II, 149, т. 1, с. 66].

Количество HCl, необходимое для осаждения заданного количества хлорида бария из исходного раствора, вычислялось по следующей методике. С помощью ареометра определялись плотность исходного раствора, содержание в нем хлористого бария — гравиметрически — в виде BaSO₄, а хлористоводородной кислоты — титриметрически. Далее по кривой растворимости BaCl₂ в HCl устанавливалась концентрация свободной HCl, при которой в растворе оставалось $\frac{1}{2}$ или $\frac{1}{3}$ первоначального количества BaCl₂. Отсюда вычислялось, сколько HCl нужно еще добавить в эту систему. В дальнейшем этот расчет удалось еще упростить: оказалось, что в определенном интервале концентраций значение плотности исходного раствора без большой погрешности сразу дает содержание и BaCl₂, и HCl в растворе, если он насыщен по отношению к BaCl₂ при данной концентрации HCl.

Контроль за распределением радия между твердой и жидкой фазами осуществлялся с помощью измерения активности в α -электроскопе. Выяснив попутно влияние различных факторов на принятый способ обогащения хлористого бария радием путем дробного осаждения, «...мы, — писал Хлопин, — применили этот метод для систематического отделения радия от бария в заводском масштабе, поставив по этому способу

большое и малое осаждение хлоридов» [II, 149, т. 1, с. 65].

Большая кристаллизация (большое осаждение) — это обогащение «сырых хлоридов», в результате которого раствор с активностью в 1,5—1,75 урановых единиц перерабатывался на кристаллы с активностью в 8—10 урановых единиц. После малой кристаллизации хлоридов активность кристаллов возрастала до 200 урановых единиц.

Для большой кристаллизации на заводе пользовались системой из девяти котлов «четыре в сторону плюса и четыре в сторону минуса» [II, 149, т. 1, с. 66]. В «плюсовых котлах» активность увеличивалась, поэтому они были гончарными, кислотоупорными, а в «минусовых котлах» — понижалась: они представляли собой деревянные бадьи, сделанные в мастерской завода.

Аналогично велась и малая кристаллизация, с той лишь разницей, что система состояла из семи чашек, две из которых были минусовые, четыре — плюсовые. Из последней плюсовой чашки кристаллы собирались для следующей стадии переработки, а маточный раствор из последней минусовой чашки поступал в нулевой котел большой кристаллизации.

Получающиеся после большой и малой кристаллизации препараты обладали уже значительной активностью, но все еще не являлись конечным продуктом производства. В дальнейшем препараты очищались в первую очередь от накапливающегося в осадке во время фракционирования свинца. Для его удаления Хлопин предложил обрабатывать раствор хлоридов на механической болталке свежесаженным карбонатом бария, который переводил хлорид свинца в менее растворимый карбонат и в то же время не вызывал потерь бария и радия.

В качестве осадителя с одноименным ионом использовалась не только HCl , но и CaCl_2 . Этот способ дробного осаждения, по мнению ученого, имеет «то преимущество, что при нем можно работать с меньшими объемами растворов и что рабочие не страдают от разъедающего действия паров крепкой HCl . Но при нем не происходит дополнительной очистки хлоридов бария—радия от примесей, вследствие чего применение его ограничивается первыми стадиями процесса дробной кристаллизации» [II, 149, т. 1, с. 37]. Так

впоследствии и поступали при переработке руды на заводе.

Для получения высокоактивных препаратов требовалось дополнительное концентрирование радия в очищенных большой и малой кристаллизацией радиобариевых солях. Хлопин и на этой последней стадии предложил новый прием. Опираясь на данные по дробной кристаллизации бромидов, он решил провести окончательное обогащение препаратов радием, используя дробное осаждение бромидов из кислых растворов.

Предварительные работы подтвердили наличие тех же закономерностей в изменении коэффициента обогащения у бромидов, что и в случае хлоридов, и примерно такого же характера изотермы кривой растворимости BaBr_2 в водной HBr .

Разделение бария и радия в виде бромидов происходило по той же схеме, что и большая и малая кристаллизация хлоридов. Система состояла из пятнадцати плюсовых чашек и двух минусовых. Маточный раствор из последней минусовой чашки оказался столь мало активным, что его отбрасывали, а в кристаллах последней плюсовой чашки — «головном номере» содержание радия достигало целых процентов. «Головные номера ...запаивались, — сообщал Хлопин. — Всего было запаено шесть голов... Концентрация бромистого радия в запаенных препаратах колебалась от 0,5 до 2%. Дальнейшая концентрация препаратов была признана мною при существующих в то время условиях работы на заводе опасной в смысле возможности больших потерь радия, тем более что уже полученные препараты обнаруживали все типичные свойства радиевых солей, как-то: светились в темноте, заставляли фосфоресцировать экран, покрытый платино-синеродистым барием, разряжали на расстоянии электроскоп и т. д.» [II, 149, т. 1, с. 71].

В итоге было получено 1,1223 г таких высокоактивных препаратов, содержащих 4,1 мг радия. Кроме того, препараты с меньшей активностью (от 5 до 100 урановых единиц) весом 8,3 кг, доставленные для дальнейшего рафинажа в Ленинград, содержали еще 8 мг радия. В общем около 12 мг радия находилось в виде продуктов и полупродуктов от переработки более шести тонн радиоактивных остатков.

Так была решена проблема переработки радиоактивных остатков на радий и получены первые высокоактивные препараты отечественного радия.

Затем встал вопрос о создании технологической схемы для переработки радиоактивной руды. Этим занимался заведующий пробным радиевым заводом Башилов. В основу своих разработок он положил способ переработки радиоактивных остатков этой руды, предложенный Хлопиным, при участии и постоянных консультациях которого шла вся работа. Отметим, что Хлопин обратил особое внимание на значение механического обогащения руды на первом этапе ее переработки как «важного вспомогательного средства». Существенную роль отводил Хлопин и радиологическому анализу радиоактивной руды и радиоактивных остатков, который по характеру излучения и изменению его во времени позволял различать α - и β -излучатели, коротко- и долгоживущие. Именно так Хлопин доказал наличие в радиоактивной руде актиния и иония; в радиоактивных остатках актиний и ионий присутствовали в незначительных количествах, в то время как «запас протактиния — по данным Хлопина — в радиоактивных остатках настолько значителен, что специальное извлечение его из них возможно» [II, 149, т. 1, с. 49].

Хорошо был разработан и химический контроль радиевого производства: созданные Хлопиным и его сотрудниками методы определения ценных элементов, входящих в состав радиоактивной руды и ее остатков и прежде всего ванадия и урана, позволяли контролировать содержание этих элементов в различных образцах руды, полупродуктах и остатках производства. Так был создан дешевый, простой и надежный метод переработки в заводском масштабе радиоактивной руды и радиоактивных остатков. Заводская установка, рассчитанная на производство 2 г радия-элемента в год, была пущена в эксплуатацию в 1922 г. [I, 46, с. 120]. В общем виде схема переработки радиевой руды на радий, принятая на государственном радиевом заводе при Бондюжских химических заводах ВСНХ, была опубликована Хлопиным в его очерке «Технология радиоактивных веществ», написанном для 9-го издания «Основ химии» Д. И. Менделеева [II, 149, т. 1, с. 347].

В развитие исследований путей отделения радия

от бария Хлопин с учениками разработал методы дробного осаждения нитратов и хроматов [II, 74, 75, 79, 91].

Выше уже говорилось о том, что Хлопин консультировал и радиевое производство на московском заводе. «Тесная связь Радиевого института с радиевой промышленностью,— писал ученый в 1942 г.,— сохраняется и по настоящее время, обеспечивая высокий технологический уровень производства и контроля за ним, которым по праву гордится наша радиевая промышленность» [II, 129, с. 363].

Распределение микрокомпонентов в гетерогенных системах

Основной вклад Хлопина в развитие теоретических основ радиохимии составили его исследования по изучению процесса распределения микрокомпонента в гетерогенных системах. Этой проблеме был посвящен большой цикл работ ученого. При этом изучался не только механизм процесса распределения, его закономерности, факторы, влияющие на этот процесс, но и более общие аспекты проблемы: ионное состояние элементов, закономерности изоморфной сокристаллизации, адсорбции, способы достижения термодинамического равновесия. Для этой цели использовались самые разные методы исследования, широко применялся метод радиоактивных индикаторов. В общем, на решении этого круга вопросов, писал Хлопин, «воспиталась вся основная школа химиков-радиологов нашего Союза» [II, 125, с. 358]. Среди них следует назвать прежде всего А. П. Ратнера, И. Е. Старика, Б. А. Никитина, А. Е. Полесицкого, М. С. Меркулову, П. И. Толмачева, А. Г. Самарцеву, В. И. Гребенщикову. Направлений, по которым шло изучение основной проблемы, было несколько. Остановимся лишь на некоторых из них.

Теория дробной кристаллизации. Закон Хлопина. В практике выделения радиоактивных веществ постоянно применялись различные варианты метода дробной кристаллизации. Использовалось дробное осаждение и дробная кристаллизация и в технологической схеме заводского получения радия, разработанной на основе исследований Хлопина и его сотрудников. Теоретические обоснования используемых на практике

процессов однако еще требовали решения ряда достаточно важных вопросов, поскольку, как подчеркивал Хлопин, «наши представления относительно сущности этого явления (дробной кристаллизации. — Н. У.) остаются весьма туманными» [II, 149, т. 1, с. 83]. После работ М. Кюри считалось, что в основе разделения бария и радия методом дробной кристаллизации лежит различие в растворимости их солей. Полагали, что обогащение кристаллизующегося бария радием происходит вследствие меньшей растворимости хлористого радия в воде и разбавленной HCl по сравнению с растворимостью хлористого бария. Невозможность разделения (раскристаллизации) этим методом нитратов бария и радия также объяснялась с этой позиции — указанные соли обладали одинаковой растворимостью.

Несмотря на соблазнительную простоту такой трактовки процесса дробной кристаллизации, она не стала общепринятой, поскольку по мере развития исследований в этой области выявились и факты, противоречащие принятым объяснениям. Оказалось, например, что при весьма большом различии в растворимости сульфатов бария и радия их невозможно раскристаллизовать. Выдвинутое предположение о невозможности разделения сульфатов вследствие их полного изоморфизма также оказалось несостоятельным, поскольку как раз изоморфные между собой хлориды бария и радия, и особенно бромиды, хорошо разделяются методом дробной кристаллизации.

Использовать процесс на практике только на основании найденных эмпирических характеристик и подобранных опытным путем оптимальных условий Хлопин мог лишь в начале безотлагательной работы. Теперь следовало понять суть явления, его механизм, изучить закономерности, чтобы с полной ясностью овладеть этим процессом и применить его наиболее продуктивно и грамотно. Тем более что экспериментального материала по дробной кристаллизации накопилось много. «Исключительная правильность, с какой совершается этот процесс... невольно заставляет предположить, — писал Хлопин уже в 1924 г., — что в основе этого метода должен лежать какой-то сравнительно простой физико-химический закон» [II, 149, т. 1, с. 84].

Прежде всего на ряде примеров (нитраты бария и

радия; хлориды стронция и радия) было убедительно показано, что «изоморфизм не препятствует течению процесса дробной кристаллизации солей бария-радия, ... он даже способствует этому явлению» [II, 149, т. 1, с. 85].

Далее, поскольку выявилась «несомненная роль изоморфизма» в этом процессе, следовало установить, что представляет собой сам процесс обогащения — типичное явление адсорбции или частный случай распределения радия между двумя растворителями. В первом случае он должен описываться формулой Фрейндлиха

$$x = \alpha y^p,$$

где x — концентрация радия в твердой фазе, y — его концентрация в жидкой фазе после наступления равновесия, α и p — постоянные, характерные для каждой соли.

Во втором случае процесс должен подчиняться закону распределения вещества между двумя растворителями, в простом случае выражающемуся формулой Нернста

$$\frac{C_1}{C_2} = K,$$

где C_1 и C_2 — концентрации вещества в фазах (1) и (2) соответственно; K — постоянная, характерная для каждого (данного) распределяющегося вещества в двух данных растворителях.

Если далее, следуя Вант-Гоффу, рассматривать смешанные кристаллы как частный случай твердых растворов, то при осаждении из раствора двух изоморфных веществ равновесие также должно подчиняться закону распределения Бертелло—Нернста, который для данного случая будет иметь вид

$$\frac{x}{p} = K \frac{1-x}{v},$$

где x — количество радия в твердой фазе; p — вес твердой фазы; $(1-x)$ — количество радия, оставшегося в жидкой фазе; v — ее объем; K — постоянная, характерная для каждой соли.

Применение указанных формул к большому опытному материалу показало, что процесс хорошо описывался формулой Нернста, так как K для каждой соли

(хлориды, бромиды, нитраты) сохраняла постоянные значения, а рассчитанные на основании найденного K величины коэффициента обогащения для любого заданного количества осажденной бариевой соли хорошо совпадали с величинами, найденными экспериментально. Это позволило Хлопину сделать вывод: «Таким образом, предположение о том, что распределение радия между твердой и жидкой фазой в процессе дробной кристаллизации в первом приближении следует закону распределения вещества между двумя растворителями, находит себе экспериментальное обоснование» [II, 149, т. 1, с. 86].

Против сведения процесса обогащения исключительно к адсорбции радия на поверхности растущих кристаллов соли бария говорил и тот факт, что значение коэффициента обогащения мало зависело от условий роста кристаллов, а следовательно, и от величины их поверхности, как этого можно было ожидать от чисто адсорбционного процесса. Исходя из подчинения систем в случае истинного равновесия закону распределения, Хлопин в 1924 г. предложил формулу распределения радия между кристаллами бариево-радиевой соли и раствором

$$\frac{x}{m} = \alpha \frac{(1-x)}{v}, \quad (1)$$

где x — количество перешедшей в кристаллы радиевой соли; m — вес твердой фазы; $(1-x)$ — количество оставшегося в растворе радия; v — объем раствора; α — постоянная, характерная для данной пары солей. В дальнейшем это выражение, несколько видоизмененное, получило название закона Хлопина.

Представления Хлопина не сразу были приняты зарубежными учеными. Основное возражение вызвало представление о равновесии в таких системах и связанное с ним толкование механизма процесса распределения микрокомпонента в двухфазной системе: кристалл—раствор. Такие крупные ученые, как Г. Тамман, О. Ган, А. Дебьерн, считали, что при распределении вещества между твердой и жидкой фазами не может быть достигнуто истинное термодинамическое равновесие, поскольку его достижение, по мнению этих ученых, обуславливается диффузией распределяющегося вещества, которая практически отсутствует в твердой фазе при обычной температуре. На практике до-

стигалась, как они считали, лишь кажущаяся однородность твердой фазы в отличие от истинной, и с маточным раствором в равновесии находился только поверхностный слой кристалла. Отсюда якобы и принципиальное различие между смешанными кристаллами и твердыми растворами, которые только Вант-Гофф считал системами одного типа. Основания для таких сомнений были: достаточно большое число изученных систем на практике не подчинялось закону Бертло—Нернста.

В целях обоснованного и четкого решения столь сложных и принципиальных вопросов под руководством Хлопина была произведена большая серия исследований по различным случаям распределения микрокомпонента в гетерогенных системах разного состава. Причину «неподчинения» ряда систем закону распределения, а следовательно, и «разногласия между теорией и экспериментом» Хлопин видел в том, что исследователи, занимавшиеся этим вопросом, «не уделили должного внимания следующим требованиям теории: 1) при распределении должно установиться истинное термодинамическое равновесие, так как только в этом случае твердая фаза состоит из гомогенных смешанных кристаллов, которые термодинамически можно рассматривать как одну фазу; 2) распределяющееся вещество должно присутствовать в таких количествах, чтобы его присутствие не влияло на взаимную растворимость и тем самым не изменяло состава обеих фаз в процессе распределения» [II, 149, т. 1, с. 159—160].

Хотя диффузия, как справедливо полагали многие ученые, в твердой фазе действительно практически отсутствует, тем не менее выравнивание концентрации микрокомпонента в ней имеет место: оно происходит путем многократной перекристаллизации осадка. Вопросу о том, может ли существовать истинное равновесие между смешанными кристаллами и раствором, из которого они выделились, Хлопин посвятил специальный доклад на годичном собрании химического отделения Русского физико-химического общества (РФХО) в 1930 г. Он, в частности, отмечал: экспериментально вполне четко установлено на примерах «радиево-бариевых, радиево-свинцовых солей и двойных солей цезия и лития, висмута и магния», что «нет никаких оснований делать принципиальное различие между твердыми растворами и смешанными кристаллами и

что подбором надлежащих условий чрезвычайно медленно протекающий процесс диффузии в кристаллах может быть в целях выравнивания концентрации заменен ... явлением перекристаллизации при постоянной температуре» [II, 149, т. 1, с. 158]. Причем этот процесс перекристаллизации в ряде случаев «...может быть очень наглядно прослежен фотографически и кинематографически» [II, 149, т. 1, с. 161].

Критерием установления истинного равновесия служит получение одного и того же значения коэффициента распределения микрокомпонента между твердой фазой и раствором, при достижении этого равновесия сверху и снизу, т. е. «в одном случае выкристаллизовывая смешанные кристаллы, а в другом случае растворяя их» [II, 149, т. 1, с. 158].

Хлопин приводит четыре пути достижения истинного равновесия, особенно рекомендуя тот, который считал «общим, быстро ведущим к цели» [II, 149, т. 1, с. 164]. Этот путь заключался в следующем. В насыщенный раствор соли *A*, где присутствует в малом количестве изоморфная с ней соль *B*, добавляется некоторое дополнительное количество тонко растертой соли *A*. Повышая температуру системы, растворяют избыток введенной соли, а затем охлаждают раствор и проводят кристаллизацию при энергичном перемешивании в термостате. «При этом, — писал Хлопин, — выделяется тонкая кристаллическая мука, состоящая из крошечных гомогенных смешанных кристаллов» [II, 149, т. 1, с. 160].

Что же касается второго условия подчиняемости систем закону распределения — отсутствие воздействия распределяющегося вещества на состав фаз, оно как раз всегда выполняется, если в качестве распределяющегося вещества служат микроколичества радиоактивного вещества.

В итоге большого цикла работ закон Хлопина получил следующую формулировку: при достижении истинного равновесия между кристаллами и раствором коэффициент распределения присутствующего в системе изоморфного с твердой фазой микрокомпонента остается величиной постоянной, не зависящей от пути достижения равновесия между твердой и жидкой фазами.

В 1927 г. Хлопин и Никитин несколько видоизменили формулу 1924 г., перейдя от объемного выраже-

ния к весовому:

$$\frac{xS_1}{m} = K_N \frac{(1-x)S_0}{q}, \quad (2)$$

где m и q — вес твердой и жидкой фаз соответственно; S_1 и S_0 — удельные веса твердой и жидкой фазы соответственно; x и $(1-x)$ — количество радия в твердой и жидкой фазах соответственно; K_N — константа распределения. Это было сделано с целью возможности непосредственного сравнения константы распределения микрокомпонента между твердой и жидкими фазами с константой распределения растворенного вещества между двумя несмешивающимися растворителями Нернста, так как $\frac{xS_1}{m} = C_k$, т. е. концентрация радия в твердой фазе, а $\frac{(1-x)S_0}{q}$ — концентрация радия в растворе, отсюда $C_k/C_a = K_N$.

Для дробной кристаллизации, при условии истинного равновесия, правильный бесперебойный ход дробления требует соблюдения следующего условия:

$$\frac{x}{y} = D \frac{1-x}{1-y}, \quad (3),$$

причем $\frac{x}{y} = \frac{1-y}{1-x}$, т. е.

$$D = \left(\frac{x}{y}\right)^2,$$

где x — доля радиевой соли, а y — доля бариевой соли, выделяющейся в осадок в процессе кристаллизации соответственно, D — коэффициент кристаллизации, характерной для данной пары солей. Например, в случае хлоридов радия и бария $D=4$, а x/y — коэффициент обогащения — равен 2.

Из сравнения формул (3) и (2) очевидна связь между коэффициентом кристаллизации D и постоянной Нернста K_N :

$$D = \frac{K_N C_1}{S_1}, \text{ где } C_1 = \frac{(1-m)S_0}{q}$$

содержание бариевой соли в граммах в 1 мл раствора в случае упаривания насыщенных растворов — величина постоянная. Отсюда Хлопин делает логический вывод: «...следовательно, постоянство коэффициента

кристаллизации D в этом случае одновременно является доказательством постоянства K_N , т. е. применительно к случаю распределения радия, при дробной кристаллизации закона Бергло—Нернста» [II, 149, т. 1, с. 180].

Иногда закон Хлопина используют и еще в одном формульном выражении:

$$\frac{x}{a-x} = D \frac{y}{b-y} \quad (4),$$

где x и y — количество перешедшего в твердую фазу микро- и макрокомпонента соответственно; a и b — общее количество микро- и макрокомпонента соответственно; D — постоянная для данной пары элементов, не зависящая от объемов фаз и концентрации микрокомпонента.

Очевидно, что все формулы (1—4) выражают один и тот же закон Хлопина.

Если D — коэффициент кристаллизации — сохранял свое значение при разных концентрациях, система подчинялась закону изоморфной сокристаллизации Хлопина. Этот коэффициент является важной характеристикой системы: он определяет степень разделения микро- и макрокомпонента, а в практике радиохимических разделений — степень разделения радиоэлемента и носителя. При $D > 1$ радиоактивный элемент концентрируется в кристаллах, при $D < 1$ — в растворе. Разделение микро- и макрокомпонента происходит тем полнее, чем значительнее D отличается от единицы. Эта закономерность используется в технологии разделения и очистки солей с использованием процесса кристаллизации.

Исследования, проведенные под руководством Хлопина, позволили накопить обширный экспериментальный материал, вывести на его основе ряд закономерностей, что, в свою очередь, заставило, по словам ученого, «еще раз с теоретической точки зрения пересмотреть вопрос о распределении растворенного электролита между твердой кристаллической фазой и раствором. Эту задачу взял на себя Ратнер, который, пользуясь учением о химическом потенциале и активностях, вывел термодинамическое уравнение, дающее зависимость коэффициента распределения от концентрации электролита в обеих фазах и от свойств чистых компонентов. Это уравнение находится в полном со-

гласии с опытными данными, подтверждает все сделанные на основании этих данных выводы» [II, 131, с. 32].

Закон Хлопина позволял сделать очень важные для теории и практики выводы. Прежде всего полученные данные показали, что учение о разбавленных растворах можно распространить и на изоморфные смеси, рассматривая их как один из случаев образования твердых растворов. Далее, выявив особую роль изоморфизма в дробной кристаллизации солей, Хлопин с сотрудниками установил, что применимость закона распределения к данной равновесной системе служит доказательством изоморфизма кристаллизующихся солей и позволяет в ряде случаев установить состав и формулу неизвестного соединения. Немногие из радиоактивных элементов могли быть получены в то время в весовых количествах, кроме того, для ряда элементов вообще не существуют стабильные или долгоживущие изотопы,— во всех этих случаях изучение химической природы радиоактивных элементов возможно на основании их поведения в смеси с другими обычными элементами при совместной кристаллизации, соосаждении или адсорбции.

Именно таким путем — сокристаллизацией с различного рода осадками известного состава был установлен состав соединений двух- и шестивалентного полония [II, 149, т. 1, с. 321—324].

Интересные результаты дали исследования по распределению комплексных соединений. Вообще, если закон распределения применим к системе, это означает, что распределяющийся электролит находится в одинаковом ионном или молекулярном состоянии и в растворе и в кристалле. «Исключения не составляет и случай, когда распределяется электролит, образующий в растворе комплексные ионы,— заключал Хлопин.— Это обстоятельство позволяет сделать вывод, что кристаллы бинарных солей построены из ионов, а в построении кристаллов комплексных солей принимают участие комплексные ионы,— вывод, который, как известно, находится в прекрасном согласии с данными рентгеноскопического изучения структуры кристаллов» [II, 149, т. 1, с. 198].

Изучение процесса сокристаллизации радиоактивных элементов с комплексными соединениями с образованием аномальных смешанных кристаллов впослед-

ствии получило свое развитие применительно к трансураниевым элементам.

Следует сказать, что изучение распределения микрокомпонента между кристаллической твердой фазой и раствором оказалось плодотворным при разного рода исследованиях. В одной из последних работ Хлопин даже писал, что «в настоящее время, когда химия носителей получила такое развитие и значение», необходима публикация, хотя и с опозданием, давно сформулированного правила: «Если распределение микрокомпонента (радиоэлемента) между твердой кристаллической фазой и раствором происходит строго по закону распределения вещества между двумя несмешивающимися растворителями и коэффициент кристаллизации $K_f(D)$ остается величиной постоянной при изменении в широких пределах (несколько порядков) концентрации распределяющегося вещества, то это может служить доказательством, что на данную пару веществ (солей) можно распространять закон Митчеллиха, т. е. делать заключение о сходстве химического состава и молекулярной структуры макро- и микрокомпонента» [II, 149, т. 1, с. 273—274].

Наконец, закон Хлопина лежал и в основе заводского процесса разделения радия и бария. «Наблюдения за ходом дробной кристаллизации радиево-бариевых солей в заводском масштабе,— писал Хлопин в обобщающей работе 1938 г.,— показывает, что предложенная мною формула передает ближе, чем какая-либо другая, процесс дробной кристаллизации... К этому заключению единодушно приходят все специалисты, которым приходилось иметь дело с дробной кристаллизацией радиево-бариевых солей в заводских условиях. Этот вывод подтверждается как моими личными наблюдениями за ходом дробной кристаллизации хлоридов во время моей работы на пробном радиевом заводе в 1921 г., так и всем огромным материалом, накопленным за последние 6 лет на Государственном радиевом заводе Главредмета в Москве» [II, 149, т. 1, с. 181].

Смешанные кристаллы. Теория дробной кристаллизации развивалась первоначально на практическом материале, полученном при разработке методов разделения радия и бария с помощью дробной кристаллизации (дробного осаждения). В заводских условиях изоморфная сокристаллизация солей проводилась из

пересыщенных растворов. Применительно к таким системам и были развиты теоретические представления о механизме этого процесса и даны его количественные характеристики.

Если же проводить кристаллизацию очень медленно, не из пересыщенных систем, а из насыщенных (например, путем медленного испарения), результаты получаются другие. Выявляется «принципиальное различие в механизме образования (роста) смешанных кристаллов, а следовательно, и кристаллов вообще из насыщенных и пересыщенных растворов» [II, 149, т. 1, с. 201].

В случае медленной кристаллизации число образующихся центров кристаллизации близко к числу выросших впоследствии кристаллов и механизм их образования «сводится к кинетическому обмену ионами между раствором и поверхностью растущего кристалла и отчасти к последующему срастанию образовавшихся таким образом неоднородных субмикрон» [II, 149, т. 1, с. 201].

При быстрой кристаллизации число первоначально образовавшихся центров кристаллизации во много раз больше числа выросших впоследствии кристаллов. В этом случае «нарастанию кристаллов... предшествует образование большого числа субмикрон, которые еще в стадии субмикрон поспевают многократно перекристаллизовываться и таким путем гомогенизоваться» [II, 149, т. 1, с. 201].

Второй путь кристаллизации приводит к образованию однородных смешанных кристаллов, находящихся в истинном равновесии с раствором, а распределение микрокомпонента в системе подчиняется закону Хлопина.

Первый путь кристаллизации дает неоднородные смешанные кристаллы, не находящиеся в истинном равновесии с раствором; при этом микрокомпонент распределяется в твердой фазе не равномерно, а послойно и выражается логарифмической формулой Дёрнера—Хоскинса:

$$\ln \frac{a}{a-x} = \lambda \ln \frac{b}{b-y},$$

где a и b — общее количество микро- и макрокомпонента соответственно; x и y — количество микро- и макрокомпонента в твердой фазе соответственно; λ — посто-

янная, характерная для данной пары веществ и зависящая в отличие от K_N и D от скорости кристаллизации. И в этом последнем случае, когда распределение микрокомпонента в системе подчиняется логарифмическому закону, это также служит доказательством изоморфизма сокристаллизующихся веществ.

Известно, однако, большое число чрезвычайно различных по составу смешанных кристаллов, в том числе и не отвечающих условиям истинного изоморфизма. По Э. Митчерлиху (1794—1863), способностью к образованию изоморфных систем обладают химически аналогичные вещества с одинаковой формулой и одинаковой кристаллической формой. В этом случае замещение одного из компонентов в кристаллической решетке на другой (в том числе и микрокомпонент) происходит ион на ион, атом на атом, молекула на молекулу в зависимости от типа решетки.

В дальнейшем неоднократно наблюдалось образование смешанных кристаллов веществами, химически различными, как, например $BaSO_4$ и $KMnO_4$. Такие кристаллы получили название гриммовских смешанных кристаллов нового рода. По новым воззрениям на смешанные кристаллы (в том числе и гриммовские), для их образования должны соблюдаться три условия: одинаковый химический тип строения, одинаковый тип кристаллической решетки, близость констант решетки.

Наряду с большим опытным материалом в пользу смешанных кристаллов нового рода в литературе появлялись высказывания и против их существования. В дальнейшем были сделаны попытки объединить представления Митчерлиха и Гримма на изоморфизм и подразделить все истинно изоморфные соединения на три класса, соответствующие трем видам изоморфизма:

1) изоморфизм I рода имеет место для соединений, у которых сумма зарядов составляющих их ионов и их распределение между ионами одинакова ($BaSO_4-PbSO_4$);

2) изоморфизм II рода присущ соединениям, у которых сумма зарядов ионов одинакова, но распределение зарядов различно ($BaSO_4-KClO_4$);

3) изоморфизм III рода наблюдается у соединений с одинаковым числом атомов, но разной суммой зарядов ($SrSO_4-KBF_4$).

Но не все ученые разделяли такую точку зрения, тем более химики, в том числе и Хлопин. «С чисто химической точки зрения,— писал он,— трудно представить, чтобы между указанными выше тремя классами изоморфных соединений не существовало принципиального различия. Это различие прежде всего должно было сказаться в способах изоморфного замещения в каждом из перечисленных классов изоморфных соединений, а следовательно, и в строении образующихся при этом смешанных кристаллов» [II, 149, т. 1, с. 254].

Особенно резким, считал Хлопин, должно быть различие между I и II видами изоморфных соединений и сравнительно небольшим между II и III видами. Поэтому изучение механизма и закономерностей образования смешанных кристаллов имело особое значение. Хлопин с сотрудниками задался задачей «однозначно установить, действительно ли существуют такие смешанные кристаллы нового рода, и если они существуют, то не отличаются ли они принципиально от истинных смешанных кристаллов» [II, 149, т. 1, с. 241—242]. Тем более что в лаборатории Хлопина был разработан уже опробованный «принципиально новый метод... а именно метод радиоактивных индикаторов» [II, 149, т. 1, с. 243]. Радиоактивные элементы Ra, ThX и RaD в качестве микрокомпонентов соосаждаются с кристаллическими осадками лишь в том случае, если образуют с ними смешанные кристаллы. Распределение радиоактивного элемента между кристаллами и раствором строго подчиняется закону распределения и происходит либо обогащение кристаллов радиоактивным элементом (когда соответствующее его соединение менее растворимо, чем кристаллизующееся соединение макрокомпонента), либо раствора, когда соответствующее соединение радиоактивного элемента более растворимо, чем макрокомпонента. Строгая применимость закона распределения многократно подтверждалась на таких парах истинно изоморфных веществ, как $\text{BaBr}_2\text{—RaBr}_2$; $\text{BaCl}_2\text{—RaCl}_2$; $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2\text{—Ra}(\text{NO}_3)_2$; $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2\text{—Ra}(\text{NO}_3)_2$ и др.

Чтобы использовать эту закономерность для решения вопроса о существовании смешанных кристаллов нового рода $\text{BaSO}_4\text{—KMnO}_4$, следовало BaSO_4 заменить на такое же малорастворимое и изоморфное соединение радиоактивного элемента (Ra, RaD) с из-

вестной постоянной его решетки, а KMnO_4 — на изоморфное с ним такого же химического типа соединение с такой же кристаллической решеткой, причем постоянные этой решетки должны быть идентичны с таковыми RaSO_4 или $(\text{RaD})\text{SO}_4$. Указанным требованиям отвечали следующие пары: $(\text{RaD})\text{SO}_4\text{—KClO}_4$; $\text{RaSO}_4\text{—KClO}_4$; $\text{RaSO}_4\text{—RbClO}_4$; $\text{RaSO}_4\text{—CsClO}_4$. «В случае, если смешанные кристаллы нового рода действительно существуют,— предполагали исследователи,— радий и RaD при кристаллизации перхлоратов в присутствии ионов SO_4^{2-} — должны переходить из раствора в кристаллы, и при этом распределение их между кристаллами и раствором должно происходить по закону Бертло—Нернста» [II, 149, т. 1, с. 244].

Исследования показали, что смешанные кристаллы у этих пар солей действительно образуются, но «существует нижняя граница смешиваемости,— принципиально новое явление, которое не наблюдается в случае истинных смешанных кристаллов» [II, 149, т. 1, с. 249]. Это важное наблюдение поставило вопрос о строении смешанных кристаллов нового рода. Хлопин сделал предположение, что в отличие от кристаллов истинно изоморфных веществ «в смешанных кристаллах нового рода замещение происходит готовыми участками кристаллической решетки каждого из компонентов» [II, 149, т. 1, с. 253]. Именно поэтому и существует граница концентраций каждого из компонентов, ниже которой их совместная кристаллизация невозможна.

Затем была исследована сокристаллизация псевдо-смешанных кристаллов $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ — метиленовая синь и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ — метиленовая синь, которые, как считал Хлопин, подходят по своему строению к изоморфным смесям II рода по Гольдшмидту. Поскольку и здесь «изоморфная компенсация» мало вероятна, они не могут быть отнесены «к истинно смешанным кристаллам». Эти системы к тому же позволяли использовать для выяснения их строения радиоэлементы, аналоги или изотопы, в качестве индикаторов.

Изучение сокристаллизации указанных веществ показало также наличие границы смешиваемости, ниже которой не происходит совместная кристаллизация. «В этом случае,— писал Хлопин,— сокристаллизующийся компонент входит в решетку кристалла—хозяина уже готовыми участками своей кристалличе-

ской решетки. При этом для случая метиленовой сини и азотнокислого бария... замещение должно происходить относительно большими участками кристаллической решетки, так как решетка метиленовой сини имеет лишь плоскостное сходство с решеткой азотнокислого бария, а не объемное, то внутренняя неоднородность в строении таких псевдосмешанных кристаллов должна выступить гораздо ярче» [II, 149, т. 1, с. 263].

Внутренняя структура этих смешанных кристаллов изучалась методами оптического и электронографического анализа.

Изоморфизмом II рода должна была бы обладать и система YF_3-CaF_2 и подобная ей $UX_1(Th)F_4-LaF_3$, однако, как показали работы Хлопина, у них также наблюдалась нижняя граница смешиваемости, а следовательно, продукт сокристаллизации представлял собой не истинные смешанные кристаллы, а псевдоили аномально-смешанные кристаллы. «Теперь мы имеем право утверждать,— заключал Хлопин,— что изоморфизм III рода, так же как и изоморфизм II рода, принципиально отличается от изоморфизма I рода» [II, 149, т. 1, с. 271].

Это отличие удалось обнаружить, только перейдя от изучения готовых смешанных кристаллов в статическом состоянии, как это делалось ранее, к изучению их по способу замещения «в динамике, при изучении способа или механизма образования смешанных кристаллов при совместной кристаллизации двух веществ из раствора» [II, 149, т. 1, с. 273].

Обстоятельное изучение многочисленных систем, относящихся, по Гольдшмидту, к трем различным родам изоморфизма, показало, что закон распределения строго приложим только к случаю распределения между твердой и жидкой фазами истинно изоморфных веществ. При этом коэффициент кристаллизации, или константа распределения, сохраняет постоянное значение в широком интервале концентрации микрокомпонента.

В случае изоморфизма II и III рода закон распределения формально приложим лишь в узком интервале концентраций распределяющегося компонента и всегда наблюдается нижняя граница смешиваемости, после которой константа распределения уменьшается с уменьшением концентрации микрокомпонента и обра-

зования смешанных кристаллов не происходит. Эта нижняя граница смешиваемости зависит от степени сложности элементарной кристаллической ячейки кристаллизующегося вещества.

На основании полученных результатов Хлопин сформулировал правило: «Если распределение микрокомпонента (радиоэлемента) между твердой кристаллической фазой и раствором происходит строго по закону распределения вещества между двумя несмешивающимися растворителями и коэффициент кристаллизации $K_f(D)$ остается величиной постоянной при изменении в широких пределах (несколько порядков) концентрации распределяющегося вещества, то это может служить доказательством, что на данную пару веществ (солей) можно распространять закон Митчерлиха, т. е. делать заключение о сходстве химического состава и молекулярной структуры макро- и микрокомпонента» [II, 149, т. 1, с. 274]. Это правило оказалось исключительно полезным «в химии радиоэлементов, т. е. во всей области химии носителей, для установления химического состава соединений и их молекулярной структуры у радиоэлементов естественных или искусственных» [II, 149, т. 1, с. 274].

Найденные закономерности изоморфного замещения позволяли разрабатывать методы фиксации в твердой фазе нестойких химических соединений, определять их химический тип и степень окисления элемента, входящего в состав этого соединения. Выше упоминались работы Хлопина и Самарцевой по установлению валентности полония путем изоморфной сокристаллизации с носителем. Б. А. Никитин использовал сокристаллизацию микрокомпонента с макрокомпонентом из газовой фазы и впервые выделил и установил природу гидратов и других молекулярных соединений радона.

Большое значение придавал Хлопин и изучению столь важного вопроса, как состояние микроэлементов в растворах. Очень ценные результаты были получены В. И. Гребенщиковой при исследовании химических свойств трансурановых элементов (плутония, америция, кюрия) путем сокристаллизации с различного рода осадками. Было установлено, что при соосаждении указанных радиоэлементов с некоторыми комплексными солями образуются аномальные смешанные кристаллы. При этом коэффициент распределения за-

висел от состояния элемента в растворе: он принимал максимальное значение в том случае, когда стехиометрическая формула макрокомпонента в осадке была одинаковой с формулой микрокомпонента в растворе вне зависимости от величины заряда иона. Состояние элемента в растворе зависело, конечно, от концентрации лиганда, а следовательно, комплексообразующего агента. Поэтому, устанавливая зависимость коэффициента распределения от концентрации комплексообразующих анионов в растворе, удалось определить «границы образования комплексных ионов в растворе для импульсных количеств плутония, америция и кюрия» [III, 40, с. 24], а затем и разработать методику определения константы устойчивости комплексных ионов. Закономерности распределения микрокомпонента в гетерогенной системе изучались под руководством Хлопина не только в системе раствор—осадок, но и в системах газ—осадок и расплав—осадок.

Закономерности, найденные сначала применительно к распределению микрокомпонента между раствором и кристаллическим осадком, в дальнейшем были распространены и на другие гетерогенные равновесия.

Расплавы. Особое внимание исследователей привлекали системы расплав—осадок. Они имели и чисто научный интерес, поскольку позволяли изучать поведение радиоактивного микрокомпонента в расплавах, его ионное состояние, механизм выделения в твердую фазу, а также и физико-химические свойства расплавов — безводных неорганических растворителей. В то же время эти системы находили и практическое применение — в стекольной, керамической, металлургической промышленности. Хлопин видел и другой аспект проблемы, предполагая, что на основе исследований поведения радиоактивных элементов в расплавах возможно создание высокотемпературного разделения и выделения радиоактивных элементов. Это было одно из последних научных направлений, в разработке которого Хлопин принимал непосредственное участие. Исследования были начаты им совместно с В. Р. Клокман. Как всегда, работа была хорошо продумана, задача четко поставлена, возможные осложняющие обстоятельства исключены.

Исследовались системы $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2\text{—Ra}(\text{NO}_3)_2\text{—NaNO}_3$; $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2\text{—Ra}(\text{NO}_3)_2\text{—NaNO}_3$; $\text{PbSO}_4\text{—RaSO}_4\text{—}$

Li_2SO_4 ; $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ — $\text{Ra}(\text{NO}_3)_2$ — KNO_3 . Распределение радия изучалось в двойных системах, имеющих простую эвтектику: «...вдоль кривых диаграммы плавкости происходила кристаллизация чистых компонентов системы. Это давало нам возможность,— писали авторы,— простым регулированием температуры выкристаллизовывать желаемое количество твердой фазы и удерживать последнюю в равновесии с жидкой фазой нужное количество времени» [II, 149, т. 1, с. 218—219].

Для каждой системы предварительно снималась кривая плавкости; по ней устанавливалась удобная для работы конечная температура и соответственно состав конечного расплава. Затем в зависимости от того, какое количество соли нужно выделить в виде твердой фазы, рассчитывался состав начального расплава. Выкристаллизовывали соли обычно в пределах 40—80%. Пробы начального и конечного расплава взвешивались, а затем в них определялся радий в электроскопе по накопившейся эманации. По полученным экспериментальным данным рассчитывался коэффициент D в формуле Хлопина и постоянная λ в формуле Дернера и Хоскинса. Для всех четырех систем D сохранял свое постоянное значение независимо от количества выделенной в твердую фазу соли, в то время как λ менялась, возрастая с увеличением количества выделенной твердой фазы. Таким образом, исследователи установили, что распределение радия в изученных системах происходило по закону распределения, находящему все более широкую область применения. Равновесие устанавливалось быстро — как при перемешивании систем, так и без него.

Некоторые сомнения оставались по механизму процесса распределения микрокомпонента в расплавах. «Быстрое выравнивание концентрации микрокомпонента в твердой фазе,— рассуждали авторы,— может быть объяснено в данном случае влиянием двух факторов: перекристаллизации и диффузии» [II, 149, т. 1, с. 224]. Роль диффузии как будто бы подтверждали опыты по достижению равновесия без перемешивания и повышенная подвижность ионов в решетке при «температуре разрыхления» (составляющей примерно 0,5—0,6 абсолютной температуры плавления), а именно в этой области температур и ставились опыты. Различие в распределении радия между расплавом и изоморфными кристаллами макрокомпонента и распределением

радия в системе раствор—осадок наблюдалось, по мнению исследователей, «не только в быстроте достижения равновесия в отношении радия с обеих сторон, но и в самом характере распределения. В то время как при быстрой кристаллизации из растворов в отсутствие перемешивания распределение радия между изоморфными кристаллами макрокомпонента и раствором всегда происходит по логарифмическому закону Дёрнера и Хоскинса, распределение радия между изоморфными кристаллами макрокомпонента и расплавом... как при перемешивании, так и в отсутствие перемешивания остается постоянным и соответствует закону Бергло—Нернста—Хлопина» [II, 149, т. 1, с. 227].

В следующей работе была предпринята попытка оценить скорость диффузии микрокомпонента в кристаллах макрокомпонента и тем самым решить вопрос о механизме распределения микрокомпонента в системе расплав—твердая фаза. Для этой цели выбрали уже изученную систему $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ — $\text{Ra}(\text{NO}_3)_2$ — NaNO_3 .

Коэффициент диффузии определялся экспериментально радиологическим методом с помощью метода «ядер α -отдачи». Оказалось, что «..диффузия ионов бария в кристаллах бариевой соли даже при температуре 300° настолько мала... что этим процессом можно полностью пренебречь при рассмотрении механизма достижения равновесия в отношении микрокомпонента при кристаллизации из расплавов ... механизм достижения равновесия... одинаков с тем, который мы установили для кристаллизации из растворов, и сводится к процессу перекристаллизации твердой фазы» [II, 149, т. 1, с. 236].

Интересным отличием распределения микрокомпонента между расплавом и твердой фазой от распределения его между растворами и твердой фазой оказался тот факт, что в подавляющем большинстве случаев происходит обогащение микрокомпонентом жидкой, а не твердой фазы и, следовательно, коэффициент кристаллизации имеет значение, меньшее единицы.

Дальнейшее развитие исследований в этой области вели ученики и сотрудники Хлопина. Так же как и в системах раствор—твердая фаза, здесь обнаружилась зависимость коэффициента кристаллизации от изменения отношения активности ионов микро- и макрокомпонента, происходящая при замене плавня или повы-

шении (понижении) температуры, поскольку при этом меняется ионное состояние элементов в расплаве.

Выяснение связи между физико-химическими свойствами расплавов и природой образующих их ионов представляло не только научный, но и практический интерес. Достаточно сказать, что первое Хлопинское чтение было посвящено именно этой теме — развитию идей В. Г. Хлопина в области изучения поведения радиоактивных элементов в расплавах (1970 г., В. Р. Клокман). Докладчик тогда отметила, что расплавленные соли и их смеси — безводные неорганические растворители «в самое последнее время начинают приобретать особо важное значение в атомной промышленности. Здесь расплавленные соли могут быть использованы для разных целей... это показывает, как далеко вперед видел В. Г. Хлопин, приступая... к изучению поведения радиоактивных элементов в расплавах...» [III, 40, с. 84, 85].

Таким образом, работы Хлопина и его сотрудников касались многих аспектов химии и физики радиоактивных элементов; в книге затронуты лишь некоторые из них. В заключение следует сказать, что Хлопин большое значение придавали изучению процессов сорбции радиоактивных элементов на поверхности полярных кристаллов, которые предшествовали образованию смешанных кристаллов во всем объеме твердой фазы. Эти работы были начаты под руководством Хлопина, а затем их возглавил Ратнер.

Не менее важными считал Хлопин и исследования, касающиеся «принципиального вопроса физической химии» — способности радиоактивных элементов к коллоидообразованию. Эти работы впоследствии курировал И. Е. Старик.

Урановая проблема

Широкому и плодотворному использованию достижений ядерной физики и радиохимии в современной науке и технике предшествовал тяжелый, самоотверженный, часто героический труд ученых всего мира, в том числе передовых русских ученых, среди которых значительная роль принадлежит В. И. Вернадскому, В. Г. Хлопину, А. Ф. Иоффе, И. В. Курчатову и многим их сотрудникам. Рассматривая первые успехи русских ученых при изучении радиоактивности и ра-

диоактивных элементов, мы уже отмечали, что в России большим тормозом в радиохимических исследованиях было отсутствие специальных лабораторий, оборудования, а главное — радия. Решающим этапом в развитии радиохимии в нашей стране стало поэтому создание отечественного радиевого производства.

В результате изучения естественной радиоактивности, характера излучений радиоактивных элементов и радиоактивных превращений были открыты многие новые естественные радиоактивные элементы, которые систематизировались в радиоактивные семейства: урановое, ториевое и актиниевое. Установленный Содди закон смещения или сдвига позволил предсказать, что конечные устойчивые продукты распада всех трех семейств должны представлять собой три изотопа одного и того же элемента свинца.

Исследования, связанные с изучением естественной радиоактивности, с несомненностью доказали, что атомы — сложные образования, не всегда устойчивые, поскольку могут распадаться, превращаясь в атомы других элементов и испуская три вида излучения (α , β , γ). Эти предсказания легли в основу созданной Н. Бором модели атома.

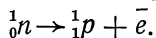
Следующим этапом в познании строения ядра атома стало искусственное расщепление атома под воздействием α -частиц (1919 г.): ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$, которое сопровождалось выделением протона. Вскоре аналогичные реакции удалось осуществить и с рядом других легких элементов. Когда были открыты новые элементарные частицы, входящие в состав ядра: нейтрон (1_0n) и протон (1_1p), возникла теория протонно-нейтронного строения ядра атома.

Ядерные реакции

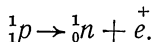
В легких элементах число нейтронов в ядре равно числу протонов; при переходе к более тяжелым элементам количество нейтронов в ядре начинает преобладать над количеством протонов и ядра атомов становятся все более неустойчивыми (у тяжелых элементов соотношение нейтронов и протонов приближается к 1,5), т. е. они обладают свойствами естественной радиоактивности. Для ядра каждого элемента существуют узкие границы в соотношениях протонов и нейтронов, при которых ядро этого элемента устойчиво.

Если искусственно изменить это соотношение, то ядро теряет свою устойчивость и стремится перейти в устойчивое состояние путем самопроизвольного изменения в соотношении нейтронов и протонов в нем, т. е. путем самопроизвольной ядерной реакции.

При этом, если ядро обладает избытком нейтронов, то для перехода в устойчивое состояние в ядре должно происходить превращение нейтрона в протон, вследствие чего ядро теряет β -частицу (электрон \bar{e}) и его положительный заряд увеличивается на единицу:



Если же в ядре недостаток нейтронов, то для перехода в устойчивое состояние необходимо превращение протона в нейтрон — ядро теряет позитрон и его заряд уменьшается на единицу:



Эти представления о строении ядра и условиях его стабильности открыли путь к искусственному превращению одних атомов в другие. «Для того, чтобы осуществить такой процесс, — говорил Хлопин, — нам нужно суметь проникнуть в ядро и нарушить устойчивое соотношение в нем между нейтронами и протонами. Для этого необходимо воспользоваться снарядами, обладающими атомными размерами и достаточно большой энергией, чтобы достичь ядра и нарушить связь между частицами в нем» [II, 149, т. 1, с. 357].

Таковыми естественными атомными снарядами могли служить α -частицы, выделяющиеся в результате естественного радиоактивного распада. Но их энергия оказалась достаточной лишь для разрушения ядер легких химических элементов, в случае же высоких зарядов ядер тяжелых элементов они вызвать ядерных реакций уже не могли — требовались либо частицы более высоких энергий, либо незаряженные частицы. В связи с этим ядерные реакции, сопровождавшиеся выделением нейтронов, привлекли внимание ученых и сыграли существенную роль в истории ядерной физики. Ядерные процессы с выделением нейтронов легли в основу изготовления нейтронных источников, которые, в свою очередь, позволили осуществить широкий фронт исследований новых ядерных превращений.

В качестве нейтронных источников использовались радон-бериллиевые, радий-бериллиевые и радий-то-

рий-бериллиевые источники. При изучении продуктов воздействия нейтронов на многие вещества выяснилось, что при облучении элементов нейтронами получают радиоактивные изотопы облучаемых элементов, а последние испускают β -частицы и, следовательно, по правилу сдвига образуют изотоп следующего за ним в периодической системе элемента.

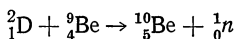
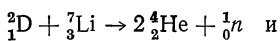
Естественно возникал вопрос, каков будет продукт облучения последнего известного в то время элемента периодической системы — урана.

Для осуществления реакций превращения тяжелых ядер, в том числе урана, требовались более высокие энергии, которые пытались обеспечить с помощью различных устройств — ускорителей частиц, взаимодействующих с ядрами. Сначала это были установки с электрическими полями очень высокого напряжения (несколько миллионов вольт), затем появились устройства, комбинирующие эти высокие электрические поля с замкнутыми вакуумными камерами малых размеров и, наконец, циклотроны, в которых сочеталось воздействие электрического и перпендикулярно направленного магнитного полей. В этом случае частица не проходит сразу одно электрическое поле с большой разностью потенциалов, а последовательно несколько полей, одинаково направленных. Если же при этом на частицу одновременно действует и перпендикулярно направленное магнитное поле, то она будет двигаться в электрическом поле уже не по прямой, а по окружности. При прохождении частицей полуокружности напряжения электрического поля между электродами изменяют — двигающаяся частица получает при этом толчок в направлении своего движения, скорость ее возрастает и она начинает двигаться по окружности большого радиуса. Многократное повторение этого приема заставляет частицу двигаться по спирали, причем с каждым витком скорость и энергия ее возрастают. Задав определенное число витков, можно получить частицу нужной энергии. Такая установка — синхронный ускоритель ионов в магнитном поле — получила название циклотрона.

«В настоящее время,— говорил Хлопин на первом Менделеевском чтении в 1941 г.,— циклотроны являются наиболее рациональными установками для получения ионных пучков большой энергии и мощности и интенсивных пучков нейтронов и служат как бы своего

рода фабриками для изготовления неустойчивых искусственно-радиоактивных изотопов любого химического элемента периодической системы» [II, 149, т. 1, с. 360].

Циклотроны позволяли получать потоки протонов и дейтронов с энергиями 5—16 МэВ и α -частиц 10—32 МэВ. Что касается нейтронов, то они не могли «разгоняться» в циклотроне самостоятельно, поскольку не имели заряда. По этой причине для получения нейтронного излучения нужной энергии и интенсивности пользовались нейтронным излучением, которое возникало вследствие ядерных реакций, осуществляемых в циклотроне под действием заряженных частиц большой энергии на ядра соответствующих элементов. Для этой цели использовали реакции дейтерия с литием, бериллием:



«Таким образом,— говорил Хлопин,— для получения искусственных радиоэлементов в количествах, представляющих не только теоретический, но и практический интерес, достаточно располагать источниками нейтронного и дейтронного излучения достаточной интенсивности и энергии» [I, 88, л. 3 (об)].

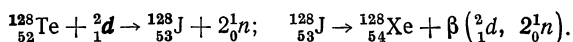
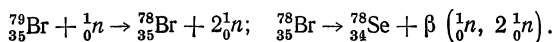
Такие излучения обеспечивал циклотрон Радиевого института. Напомним, в то время он был единственным в СССР. На циклотроне работали химики и физики не только этого учреждения, но и специалисты Ленинградского физико-технического института, института химической физики, медицинских институтов и др.

«Ядерная физика тех дней,— писал К. А. Петржак,— переживала необыкновенно бурное развитие, в ходе которого зарождались коренные радикальные представления теории. Именно тогда проявилась интуиция В. Г. Хлопина как крупного ученого, как организатора, критически оценивающего представления того времени и перспективы будущего. Радиевый институт... являлся единственным в стране научно-исследовательским учреждением, которое ставило своей задачей изучение явлений природной и искусственной радиоактивности. В связи с тем, что центральное место в науке того времени занимали явления радиоактивности и связанный с ними вопрос о строении ядра,

Радиевый институт АН СССР приобретает важное значение в мировой науке» [III, 40, с. 54].

Действительно, используя комплексную структуру института, Хлопин обеспечил всесторонний подход к решению центральных вопросов физики и радиохимии этого времени. В 1939 г. работа почти всего института сосредоточивалась вокруг решения одной большой проблемы — «проблемы атомного ядра и ее приложений». При этом Хлопин выделял шесть основных направлений: «1) изучение внутриядерных сил и свойств элементарных частиц; 2) изучение ядерных реакций и методов получения искусственных радиоэлементов; 3) конструирование и эксплуатация мощных установок для получения ионных пучков большой интенсивности и энергии; 4) изучение естественных и искусственных радиоэлементов; 5) изучение проявления ядерных процессов в природе; 6) применение радиоактивных элементарных частиц в народном хозяйстве» [III, 40, с. 38].

Как показали многочисленные работы с использованием ионных пучков большой энергии и мощности и интенсивных потоков нейтронов, характер их взаимодействия с ядрами элементов может быть различен, т. е. они вызывают разные ядерные реакции, в результате которых получаются неустойчивые изотопы обычных химических элементов, а эти последние уже переходят в устойчивые изотопы других элементов:



В 1934 г. Э. Ферми открыл явление замедления нейтронов водородсодержащими растворителями (вода, парафин), причем эти «медленные», или тепловые, нейтроны гораздо эффективнее вступали в ядерные реакции и позволяли, как впоследствии оказалось, осуществлять процесс деления ядер с освобождением очень большой энергии, особенно в случае урана.

На уране все больше сосредоточивалось внимание ученых — и физиков, и химиков. Уран стал ключом к решению таких важнейших вопросов того времени, как ядерные превращения тяжелых элементов, образование трансурановых элементов, использование внутриатомной энергии.

В 1938 г. О. Ган и Ф. Штрассман открыли принципиально новый тип ядерных реакций под действием нейтронов, когда ядра делились на две близкие по массе частицы: при действии медленных нейтронов на уран были получены искусственно-радиоактивный барий и лантан. Такое же явление наблюдалось в случае тория и протактиния. Огромная энергия, выделяющаяся при этой ядерной реакции, возбудила интерес физиков и химиков всех стран. Не остались в стороне и русские специалисты.

Циклотрон Радиевого института позволял проводить планомерные исследования взаимодействия нейтронов почти со всеми известными элементами. Большую роль в этих работах сыграли разработанные сотрудниками института методы регистрации продуктов радиоактивного распада и ядерных реакций: метод фотоядерной эмульсии, метод регистрации тяжелых частиц ионизационной камерой в сочетании с линейным ускорителем, магнитные γ - и β -спектрометры, камера Вильсона, счетчики Гейгера и др.

Физики во главе с И. В. Курчатовым и Л. В. Мысовским изучали особенности процесса деления ядер радиохимии под руководством Хлопина сосредоточили свое внимание на исследовании химической природы продуктов деления урана и тория.

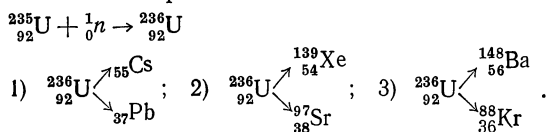
Изучение трансурановых элементов было начато Хлопиным в 1935 г. Как свидетельствует Г. В. Горшков, принимавший участие в этих работах, он по просьбе Хлопина проводил «измерения препаратов», которые Виталий Григорьевич совместно с М. А. Пасвик «приготовляли из облученного урана» [III, 40, с. 149].

После ввода в действие циклотрона, обеспечившего нейтронные пучки высокой интенсивности, Хлопин в исследовательской работе химического отдела отвел значительное место изучению деления тяжелых ядер. В отчете о работах Радиевого института за 1939 г. Хлопин отмечал, что открытие явления деления ядер урана и тория под действием нейтронов заставило обратить внимание на определение химической природы продуктов распада урана и выделить вопрос о существовании трансуранов.

Сам процесс деления ядра урана под действием нейтронного излучения объясняется следующим образом. Ядро урана содержит большой избыток нейтро-

нов над протонами и находится на пределе устойчивости. После улавливания еще одного нейтрона система становится неустойчивой и образовавшееся сложное ядро делится на два новых ядра более легких химических элементов, расположенных ближе к середине периодической таблицы. В момент образования они обладают огромным избытком нейтронов в ядре и избытком массы по сравнению с тем, которые соответствуют устойчивому состоянию ядра данного положения элемента в таблице Менделеева. В связи с этим новые ядра также неустойчивы и превращаются в новые элементы. Характер этих вторичных изменений не менее интересен. «Во-первых, — отмечал Хлопин, — в момент своего образования они теряют часть своих нейтронов; возникает нейтронное излучение... На каждой акт деления, вызываемый улавливанием одного нейтрона с небольшой энергией, освобождается от 2 до 3 нейтронов с гораздо большей энергией» [II, 149, т. 1, с. 365]. Затем начинается другой процесс — ядра, в которых идет замена нейтрона на протон, испускают β -лучи, превращаясь «постепенно в ядра элементов, расположенных в периодической таблице все дальше вправо от первоначально образовавшегося ядра, пока, наконец, не дойдут до элемента, для которого получившаяся комбинация протонов и нейтронов в ядре дает уже устойчивую систему» [II, 149, т. 1, с. 365].

Было предложено три схемы деления урана под действием нейтронов:



Образовавшиеся новые ядра претерпевают дальнейшие изменения с выделением β -частиц.



Однако ни в одну из этих схем не укладывались те продукты деления, наличие которых с несомненностью установил Хлопин и его сотрудники — радиоактивные изотопы брома, теллура и сурьмы [II, 109, 111—112]. Ни один из этих изотопов не мог получиться по предложенным ранее схемам. Оставалось допустить, что «существуют еще и другие схемы деления, либо надо было предположить, что ксенон и криптон

не являются первичными обломками, так же как стронций и барий, а находятся где-нибудь в середине цепи распада» [II, 118, с. 306].

Тщательное оригинальное исследование, проведенное в Радиевом институте под руководством Хлопина, показало, что деление ядер урана происходит мгновенно при его облучении, но продукты деления продолжают регистрироваться еще известный промежуток времени, хотя облучение уже прекращено. Это заставило сделать предположение, что либо «первоначально образующиеся транс-ураны затем сами претерпевают процесс деления», либо «наблюдаемое явление можно объяснить наличием промежуточного газообразного продукта превращения» [II, 118, с. 307]. Второе предположение подтвердилось: в качестве промежуточных продуктов были с несомненностью доказаны радиокриптон и радиоксенон. Анализ всех продуктов показал, что цепь превращений «начинается значительно левее инертных газов и можно считать, что мы имеем здесь дело не с тем типом деления, который был указан О. Ганом» [II, 118, с. 308]. Уже в 1939 г. Хлопин предложил свои схемы деления, в которых «радиоактивные благородные газы являются не первичными обломками, а образуются в процессе радиоактивного распада первичных обломков и стоят в середине цепи распада» [II, 149, т. 1, с. 366].

Изучая продукты деления урана, Хлопин с сотрудниками обратил внимание на тот факт, что не все они могут быть собраны по метсду отдач, и сделал из этого очень важный вывод о возможности синтеза новых элементов в результате реакции (n, γ): «...под действием нейтронов наряду с процессом деления ядер урана, по всей вероятности, происходит и другой процесс, приводящий к образованию искусственных радиоактивных элементов, которые в периодической системе занимают места за ураном, т. е. происходит искусственное образование трансурановых элементов» [II, 149, т. 1, с. 366—367]. Для Хлопина доказательство этого «синтеза» трансурановых элементов было лишь вопросом времени и аппаратуры. «Опыты, которые удалось пока поставить, использовав циклотрон, делают весьма вероятным, что трансураны все же существуют, т. е. что распад урана под действием нейтронов течет различными путями», — писал он в апреле 1939 г. В. И. Вернадскому [I, 38, с. 54].

Предсказанное Хлопиным существование транс-урановых элементов оправдалось буквально через год, когда появились первые результаты работ американских ученых Мак-Миллона, затем Т. Г. Сиборга, проведенных на мощных циклотронах.

Внутриатомная энергия

Деление ядер урана под действием нейтронов привлекло особое внимание и в связи с тем обстоятельством, что этот процесс сопровождался выделением огромного количества энергии. Интенсивное изучение этих особенностей деления ядер урана проводилось начиная с 1939 г. в Радиевом институте (Л. В. Мысовский) и в Ленинградском физико-химическом институте (И. В. Курчатов). «В физическом отделе Радиевского института широко ставились исследования процесса деления,— писал один из авторов открытия спонтанного деления урана К. А. Петржак.— Были выполнены работы по изучению взаимодействия осколков с веществом, по определению пробегов, удельных потерь энергии на ионизацию, эффективного заряда и массового распределения осколков. Особый интерес представляли исследования, связанные с определением сечения деления в зависимости от кинетической энергии нейтронов» [III, 40, с. 56]. В результате всех этих наблюдений и измерений К. А. Петржак и Н. Г. Флеров открыли спонтанное деление урана — самопроизвольный процесс, протекающий без участия нейтронов, правда, с гораздо большим периодом полураспада, чем тот же процесс под действием нейтронов. «Таким образом, теперь можно утверждать,— подытожил Хлопин,— что процесс деления ядер такой же природный процесс, как и обычная радиоактивность, и что в ядре урана мы имеем дело с системой, действительно уже находящейся на пределе устойчивости» [II, 149, т. 1, с. 367]. Другим научным открытием, в котором приняли участие сотрудники Радиевского института, стало обнаружение изомерии ядер (И. В. Курчатов, Б. В. Курчатов, Л. В. Мысовский, С. Р. Русинов).

При делении ядер урана под действием нейтронов каждый акт деления сопровождался выделением большего, чем затрачивалось, числа нейтронов. «Мы встретились с атомной реакцией,— оценивал Хлопин

это замечательное явление, — которую при известных условиях мы можем превратить в цепную и таким образом использовать колоссальные количества энергии, которые при этом освобождаются... Работа в этом направлении идет» [II, 149, т. 1, с. 368].

В 1940 г. Вернадский, Ферсман и Хлопин обратились в Совнарком СССР с письмом, где, кратко изложив сущность открытия деления атомов урана с массой 235 и 234 под действием медленных нейтронов и возможности регулирования такого процесса, отмечали, что «эти работы ставят на очередь вопрос о возможности технического использования внутриатомной энергии. Конечно, на этом пути стоит еще ряд очень больших трудностей и потребуется проведение большой научно-исследовательской работы, однако, как нам кажется, трудности эти не носят принципиального характера. Нетрудно видеть, что если вопрос о техническом использовании внутриатомной энергии будет решен в положительном смысле, то это должно в корне изменить всю прикладную энергетику... Мы полагаем, что уже сейчас назрело время, чтобы правительство, учитывая важность решения вопроса ∴ приняло ряд мер, которые обеспечили бы Советскому Союзу возможность не отстать в решении этого вопроса от зарубежных стран» [III, 36, с. 65—66]. В этой связи академики предлагали: 1) поручить Академии наук срочно приступить к выработке методов разделения изотопов урана и конструированию соответствующих установок; 2) предложить Академии наук форсировать работы по проектированию сверхмощного циклотрона Физического института Академии наук; 3) создать Государственный фонд урана.

Одновременно Вернадский и Хлопин направили письмо в Президиум Академии наук с предложением ряда мероприятий для проверки возможности практического использования внутриатомной энергии. В их число вошли: а) разработка методов разделения изотопов урана и конструкции соответствующих установок; б) форсирование работ по проектированию циклотрона Физического института АН СССР, окончанию строительства циклотрона Физико-технического института и усовершенствованию действующего циклотрона Радиевого института; в) организация бригады из крупных специалистов для проверки

урановых месторождений и обеспечение работающих по урану институтов солями урана.

После обращения ведущих специалистов в Академию наук и в правительство был принят ряд действенных мер. Созданная первоначально (16 июля 1940 г.) временная Комиссия по разработке мероприятий для дальнейшего развития исследований по внутриатомной энергии в составе Вернадского, Ферсмана и Вольфковича, только начав работу, пришла к выводу о необходимости образования постоянной специальной Комиссии по урановой проблеме. Обсуждение этого вопроса вынесли на заседание президиума Академии наук 30 июня 1941 г. На этом заседании и было принято одно из важнейших в истории атомной энергетики постановлений — создать при Президиуме АН СССР Комиссию по проблеме урана. В состав Комиссии вошли виднейшие ученые-радиологи, физики, химики, геологи, энергетики: В. Г. Хлопин (председатель), В. И. Вернадский (зам. председателя), А. Ф. Иоффе (зам. председателя), И. В. Курчатов, С. И. Вавилов, Д. И. Щербаков, А. П. Виноградов, Г. М. Кржижановский, П. Л. Капица, А. Е. Ферсман, П. П. Лазарев, А. Н. Фрумкин, Л. И. Мандельштам, Ю. Б. Харитон. На Комиссию возлагался широкий круг обязанностей и прежде всего разработка плана дальнейших исследований и их координация.

Исследования атомного ядра вели, конечно, и физики. В 1938 г. на Президиуме Академии наук С. И. Вавилов делал информативный доклад о положении дел в науке об атомном ядре. Отметив определенные успехи советских физиков в этой области, президиум принял решение о необходимости объединения технических средств и квалифицированных научных кадров для дальнейшей работы над столь сложной проблемой. С этой целью была создана Комиссия по атомному ядру. В нее вошли: С. И. Вавилов (председатель), А. Ф. Иоффе, А. И. Алиханов, И. В. Курчатов, И. М. Франк, В. И. Векслер, А. И. Шпетный.

В дальнейшем ученые, входившие в эти две комиссии — по проблеме урана и по атомному ядру, плодотворно сотрудничали в деле создания основ советской атомной промышленности, но в 1940 г. первой задачей стало получение достаточного количества чистых урановых соединений и металлического урана. В те годы в стране не только почти не было пре-

паратов урана, но даже не существовало достоверных данных о сырьевых ресурсах по урану. Следовало принять срочные меры по выяснению запасов руд урана, организации их добычи и разработке технологии переработки.

Для этой цели была создана специальная сырьевая бригада под руководством Ферсмана. Бригада была комплексной; в нее входили специалисты разного профиля: геологи, минералоги, геохимики, гидрогеологи, технологи, радиохимики. Радиевый институт в бригаде представляли Хлопин и Комлев, как специалист по геохимии урановых месторождений. Работа сырьевой бригады началась сразу же, до официального ее утверждения. Уже зимой 1940 г. ученые выезжали на Север.

В. Н. Васильев, в те годы — ученый секретарь и член президиума Совета по изучению производительных сил Академии наук СССР, позднее вспоминал: «Это было ответственное задание: бригада Президиума АН СССР под руководством академика А. Е. Ферсмана в составе академика В. Г. Хлопина, профессоров И. Н. Славянова и А. А. Чернова, научных сотрудников Е. М. Ферсман, Л. В. Комлева и автора этих строк направлялась на Крайний европейский Север ... Все подчинялось одной задаче — квалифицированно выполнить порученное задание ...предстояло решить сложнейшую геохимическую проблему, имеющую большое государственное значение» [I, 89, с. 374]. Поездка — тяжелое многодневное путешествие по бездорожью в небольшом автобусе, даже для молодых участников была физически утомительной. Трескучие морозы и снежные бураны, вспоминает Васильев, неожиданно сменялись теплом и дороги превращались в топкие лужи. К тому же «шла война с Финляндией Маннергейма и кто знает, какие неожиданные сюрпризы могут встретить нас в глухих безлюдных местах Севера» [I, 89, с. 373].

Но все обошлось благополучно. Вскоре на расширенном заседании Комиссии по проблеме урана в Москве Ферсман сделал доклад — отчет о деятельности сырьевой бригады — и внес на рассмотрение собравшихся обширный план дальнейшей деятельности. В частности, на 1941 г. планировались поездки в Среднюю Азию, с тем чтобы уже к концу года выявить и установить ориентировочные запасы урана и масшта-

бы последующих экспедиционных работ. В сентябре 1941 г. предполагалось созвать совещание по урану в Ташкенте.

В свою очередь, активно работали комиссии, возглавляемые Курчатовым и Хлопиным. Их тесное сотрудничество отразилось в деловой переписке Курчатова с Хлопиным, частично сохранившейся в архиве Радиевского института [1, 90, 91].

Работу в Комиссии по проблеме урана Хлопин начал с составления общего комплексного плана исследований и соответственно координации деятельности научных институтов и лабораторий, занимавшихся решением отдельных вопросов общей проблемы. В 1940 г. И. В. Курчатов, например, сообщал Хлопину о научных планах ЛФТИ по проблеме урана. Работа предполагалась в трех направлениях: 1) исследование явления самопроизвольного распада урана; 2) исследование условий развития ядерной цепной реакции с изотопом урана-238; 3) определение сечения захвата медленных нейтронов ядрами тяжелого водорода, гелия, углерода и кислорода. Все эти работы уже были закреплены за определенными людьми в ЛФТИ и РИАН'е, установлены потребности для их проведения в металлическом уране и соответствующей аппаратуре. До пуска почти уже готового циклотрона в ЛФТИ там предполагали использовать Rn—Ве-источник.

В сентябре 1940 г. план работ на 1941 г. обсуждался на заседаниях Ядерной комиссии и затем Комиссии по проблеме урана. Протокол последнего заседания хранится в архиве Радиевского института [1, 92]. На этом заседании было принято решение поручить академику АН СССР В. Г. Хлопину и академику АН УССР А. И. Лейпунскому подготовить окончательный план работ по проблеме урана с конкретным указанием, какие работы какими институтами будут выполняться. Такой план работ на 1941 г. был составлен и охватывал деятельность многих институтов Ленинграда, Москвы, Харькова, Днепропетровска по следующим пяти основным направлениям:

«1. Выяснение механизма деления урана и тория — Радиевый институт АН СССР (РИАН), Ленинградский физико-технический институт (ЛФТИ), Украинский физико-технический институт (УФТИ).

2. Выяснение возможности развития цепной реакции в нормальной смеси изотопов урана — Институт химической физики АН СССР (ИХФ АН), ЛФТИ.

3. Разработка методов разделения изотопов урана — РИАН, УФТИ, биогеохимическая лаборатория АН СССР, Днепропетровский институт физической химии.

4. Разработка методов получения и изучения летучих соединений металлического урана — РИАН, Институт органической химии АН СССР, Государственный институт редких металлов, Институт металлургии АН СССР.

5. Поиски богатых источников урановых руд в СССР и разработка методов их переработки — РИАН, Физический институт АН СССР, Геологический институт АН СССР, бригада академика А. Е. Ферсмана совместно с представителями Главредмета, Среднеазиатского треста редких металлов и Комитета по делам геологии СНК СССР» [III, 36, с. 69].

В постановлении Президиума АН СССР, утвердившего этот план работ и выделившего на них дополнительные ассигнования, отмечалась необходимость «возбудить ходатайство перед правительством Союза ССР о создании государственного фонда урана ... Просить правительство Союза ССР в 1941 г. обеспечить производство урановых соединений в количестве 1,5 тонны в год...» [III, 36, с. 69—70]. Кроме того, Президиум АН СССР постановил: «Считать необходимым ввиду специфичности вопроса обеспечить полное научное руководство со стороны Урановой комиссии всеми работами по поискам, разведке и эксплуатации урановых месторождений, для чего образовать постоянную сырьевую подкомиссию под председательством академика А. Е. Ферсмана в составе: академик Хлопин В. Г., профессор Щербаков Д. И., Старик И. Е., Ненадкевич К. А., Комлев Л. В. и представителей наркоматов. Обратить внимание Главгеологии, Наркомцветмета, Главредмета, Среднеазиатского треста редких металлов и Комитета по делам геологии при СНК СССР на важность поисковых и разведочных работ по урану и своевременного создания значительных запасов урана, разведанных по высоким категориям...» [III, 36, с. 70].

Таким образом, в 1941 г. предполагалось широким фронтом развернуть исследования по проблеме урана

на; сюда относились теоретические изыскания по изучению механизма деления урана и разработке методов разделения изотопов урана, создание отечественной сырьевой базы урана и технологии переработки сырья на чистые препараты соединений урана и металлического урана. Советская наука находилась на пороге освоения атомной энергии. Однако 1941 г. поставил перед учеными не только намеченные ранее, но и неотложные задачи по обороне нашей страны и налаживанию новых производств на новых местах в условиях военного времени и с крайне ограниченными ассигнованиями.

Множество неотложных текущих дел в Казани, куда институт выехал в 1941 г., не заслоняли урановой проблемы — слишком она была серьезной. К сожалению, актуальность ее решения подтвердилась очень скоро — появились сведения о разработке «сверхоружия» в фашистской Германии. Промедление с нашей стороны могло обернуться большими потерями и становилось преступным. Между тем, несмотря на многочисленные обращения по инстанциям со стороны некоторых ученых, такие работы не получали поддержки и ассигнований. Наконец, в 1942 г., когда в США уже был пущен ядерный реактор, мотивированное обоснование необходимости возобновления исследований по ядерной физике Г. Н. Флерова, с которым он обратился в Государственный комитет Обороны (ГКО), произвело впечатление и возымело действие. Был принят ряд обнадеживающих решений. Однако упущенное время заставляло теперь, в условиях войны, нагонять зарубежных ученых, хотя в предвоенные годы наши ученые в проблеме освоения атомной энергии занимали передовые рубежи.

Узнав о принятом Постановлении по исследованиям в области атомной энергии, Хлопин обратился с развернутым письмом к вице-президенту АН СССР академику А. Ф. Иоффе и к уполномоченному Госкомитета обороны С. В. Кафтанову. Этот документ, сохранившийся в архиве Радиевого института, помеченный 15 января 1943 г., представляет огромный интерес.

«Зная... о состоявшемся около месяца назад Постановлении Госкомитета обороны, по которому на Академию наук возложено проведение работ, имеющих своей задачей в весьма сжатые сроки дать ответ

на вопрос о возможности или невозможности использования проявляющейся при делении атомов урана внутриядерной энергии для практических, и в частности военных, целей, не получая до настоящего времени ни от Вас лично, — писал он академику Иоффе, — ни непосредственно от ГКО никаких определенных указаний по этому вопросу, а также ясно сознавая, что решение поставленной ГКО перед Академией наук задачи не может быть дано без основного участия в этой работе вверенного мне Радиевого института АН СССР и меня лично, я считаю необходимым обратить Ваше внимание на нижеследующее ... Считаю своим долгом как лица, хорошо знакомого с интересующим ГКО вопросом, изложить «свою точку зрения» [III, 36, с. 72]. Далее Хлопин приводил обстоятельный, четкий, хорошо продуманный план исследований и указывал, «какую часть необходимой работы конкретно может взять на себя под моим общим руководством Радиевый институт, каких лиц для этого выделяю и какие меры необходимо принять, чтобы я мог ее развернуть и вести надлежащими темпами» [III, 36, с. 72].

Прежде всего, по мнению Хлопина, следовало решить вопрос о самой возможности использования энергии ядерного деления для практических целей. Для этого, считал ученый, необходимо установить: 1) может ли протекать незатухающая цепная реакция деления ядер тяжелых элементов на быстрых или медленных нейтронах и пригодна ли для этого природная смесь изотопов этих элементов или требуется предварительное их разделение; 2) если протекание такой цепной реакции окажется возможным, то установить критическую массу, необходимую для ее осуществления.

Дело в том, что в цепных реакциях, в том числе и при радиоактивном распаде урана, решающую роль играют явления обрыва цепей, «выводящие нейтроны из игры. Для подавления вылета нейтронов наружу, требуется создание большой массы» [I, 93, с. 102—103]. Расчеты Ю. Б. Харитона и Я. Б. Зельдовича, проведенные на основании полученных к тому времени данных, показали, что осуществление незатухающей цепной реакции деления ядер возможно на медленных и отчасти быстрых нейтронах с чистым изотопом урана с массой 235, который составляет около

0,7% в природной смеси изотопов урана, и со значительно обогащенной изотопом 235 смесью. Расчеты давали возможность приблизительно оценить и критическую массу для чистого изотопа урана-235 и изменение ее в случае примеси изотопа урана-238. В то же время расчеты Харитона и Зельдовича показывали, что осуществление незатухающей цепной реакции на медленных и быстрых нейтронах на неразделенной природной смеси изотопов урана мало вероятно. В связи с результатами, полученными Харитоном и Зельдовичем, Хлопин считал необходимым экспериментально установить: 1) возможно ли выделение изотопа урана-235 в практических количествах, исходя из известных соединений урана, или осуществление значительного обогащения этим изотопом природной смеси изотопов и 2) действительно ли невозможно осуществление незатухающей цепной реакции деления на природной смеси изотопов урана.

Далее Хлопин приводил составленный им общий план работ. В него входили:

1) Опытная проверка метода центрифугирования для разделения изотопов урана и выяснение оптимальной конструкции, габаритов установки и т. д.

2) Получение на этой установке чистого изотопа урана-235 в количестве, достаточном для точного определения основных характеристик процессов деления.

3) Проверка возможности разделения изотопов урана методом термодиффузии в газах и жидкостях.

4) Подбор соответствующей конструкции и габаритов установки и снятие основных показателей, если метод термодиффузии окажется пригодным.

5) Получение сильно обогащенной смеси изотопов урана в количестве, достаточном для установления более точных значений основных характеристик процесса деления.

6) Критический разбор и оценка возможности применения ионных методов разделения изотопов урана.

7) Просчет и экспериментальная проверка возможности разделения изотопов урана методом диффузии.

8) Получение для всех указанных работ соединений урана UF_6 и UCl_6 в надлежащих количествах (1—2 кг).

9) Поиски других соединений урана, которые могли бы быть использованы для экспериментальных работ по разделению изотопов урана.

10) Окончательная экспериментальная проверка невозможности течения незатухающей цепной реакции деления урана для природной смеси изотопов на металлическом уране высокой чистоты.

11) Окончательная экспериментальная проверка невозможности той же реакции на медленных нейтронах.

12) Получение металлического урана высокой чистоты в количестве 3 кг для выполнения работы по пункту 10.

13) Разработка удобного способа получения UF_6 в больших количествах.

Для выполнения этой обширной, но четкой программы исследований Хлопин выдвигал надежных исполнителей. «Из указанных выше работ Радиевый институт под моим общим руководством мог бы взять на себя работы, перечисленные в пунктах 3, 4, 5, 8 (совместно с ИОНХом), 9, 10 (совместно с ЛФТИ), 11, 12 и 13.

По работам, предусмотренным в пунктах 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12 и 13, намечена конкретная программа работ, к выполнению которой я привлекаю следующих сотрудников Радиевского института:

По пунктам 3, 4 и 5 — Д. Г. Алхазова, Э. К. Герлинга, В. И. Кузнецову, М. Г. Мещерякова, А. Е. Полесичского, и я считал бы крайне важным привлечь А. П. Ратнера, находящегося сейчас в рядах РККА. По пункту 6 — Д. Г. Алхазова и И. И. Гуревича. По пункту 8 и 13 — Г. М. Толмачева, М. Л. Ященко-Ковалевскую и А. А. Гринберга. По пункту 9 — А. А. Гринберга, Б. А. Никитина, А. М. Гуревич и, наконец, по пунктам 10 и 11 — К. А. Петржака, И. И. Гуревича, М. Л. Орбели, в случае необходимости, Г. Р. Рика» [III, 36, с. 72—74].

Это был хорошо продуманный во всех деталях, давно выношенный план широких исследований ученого, глубоко знающего проблему. Условия и средства для постановки даже таких первостепенной важности работ приходилось соотносить с трудностями военного времени. Поэтому в первую очередь Хлопин указывал самое необходимое: выделение и оборудование изолированного помещения в первом или полу-

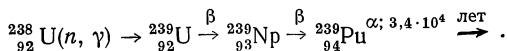
подвальном этаже для работ по термодиффузии и получению металлического урана и его соединений; получение дефицитных материалов; удовлетворение ходатайства о возвращении из армии Ратнера и, конечно, «особые суммы» при окончательном утверждении плана исследований.

В 1943 г. ГКО принял решение о создании в кратчайшие сроки отечественной атомной промышленности. Осуществление атомного проекта было возложено на И. В. Курчатова. Он возглавил огромный коллектив ученых, конструкторов, техников. Лаборатория № 2, которой руководил Курчатов, координировала работу ученых всей страны в области атомной физики, химии, энергетики и в дальнейшем выросла в Институт атомной энергии, носящий теперь имя И. В. Курчатова.

К моменту создания лаборатории Курчатова в изучении процесса деления урана были достигнуты уже значительные успехи, причем за время 1940—1943 гг. зарубежные ученые в своих исследованиях ушли вперед по сравнению с советскими, которые основные силы вынуждены были тратить на решение военных задач. Было установлено, что цепной процесс деления ядер под действием нейтронов характерен для урана-235 и плутония-239. Для практической реализации этого процесса следует использовать «делящийся материал» (уран-235 или плутоний-239) большой изотопной и химической чистоты и в значительном количестве. Иначе нейтроны поглощаются ядрами атомов примесей либо (при малой массе) выходят за пределы делящегося материала — цепная реакция прекращается. Для проведения управляемой цепной реакции требовалось особое конструкторское решение, приведшее в итоге к созданию ядерного реактора. Первый ядерный реактор построен в США в 1942 г., и Э. Ферми осуществил в нем цепную реакцию деления. В активной зоне реактора находится ядерное топливо (ядерное горючее) и происходит деление ядер, что сопровождается выделением большого количества энергии. Для цепной реакции в основном использовались медленные нейтроны, в качестве замедлителей нейтронов применялся графит или тяжелая вода.

В первом ядерном реакторе Ферми делящимся материалом служил уран-235, естественный изотоп урана-238, а замедлителем нейтронов — графит. В таком реакторе параллельно осуществляются два процесса:

ядра урана-235 захватывают медленные нейтроны, в результате чего идет процесс их деления, а быстрые нейтроны реагируют с ураном-238, образуя плутоний-239 по реакции:



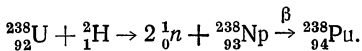
По мере работы такого реактора в нем расходовался уран-235 и шло накопление плутония-239, тоже делящегося материала. Однако содержание урана-235 в естественной изотопной смеси составляет лишь 0,7%, и количество образующегося плутония-239 было мало. Поэтому основной задачей в то время стало получение ядерного горючего — урана-235 или плутония-239 в достаточном количестве. Именно эта часть осуществления общего «атомного проекта» была возложена на коллектив Радиевого института во главе с Хлопиным; задание считалось (и действительно было) крайне ответственным, правительственным.

Искали решения двумя путями: 1) создание методов получения химически и изотопно чистого урана-235; 2) получение столь же чистого плутония-239. Путь получения урана-235 на первый взгляд казался проще, так как уран был более изучен, но получение урана в виде металла или термически устойчивых соединений высокой степени чистоты из руд оказалось задачей крайне сложной; еще больше трудностей представляла проблема разделения изотопов урана с целью обогащения изотопной смеси ураном-235 или выделения чистого урана-235. В США для этой цели использовали газовую диффузию и магнитную сепарацию ионов. Второй путь следовало начинать практически с нуля, зная лишь конечную цель, поскольку приходилось искать метод получения изотопа элемента, химические свойства которого еще не были достаточно изучены.

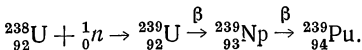
Получив задание разработать не просто метод получения ядерного горючего, а технологическую схему его производства в заводском масштабе в условиях военного времени, Хлопин решил идти по второму пути, выбрав в качестве делящегося материала плутоний-239. Такой выбор диктовался срочностью выполнения поставленной задачи, а первый путь потребовал бы поисков и создания методов разработки урановых руд и уж только после этого — получения урана-235.

Технология получения плутония-239, конечно, тоже связана с использованием урана, но урана-238, и требовалось его гораздо меньше. Накопившийся плутоний-239 в дальнейшем сам мог употребляться в реакторе в качестве делящегося материала. Теоретические расчеты также показывали, что плутоний должен быть не менее перспективным ядерным горючим, чем уран-235. Итак, выбор был сделан. Работы начались еще в Казани, но в основном развернулись после возвращения института в Ленинград, так как первостепенное значение имели исследования с использованием циклотрона.

Первые работы были поставлены на имитаторах плутония — лантане, тории и нептунии, которые получали при облучении урана нейтронами на циклотроне, затем уже перешли на невесомые, «импульсные» количества самого плутония. Плутоний-238 получился при облучении урана на циклотроне дейтронами (${}^2_1\text{H}$ или D)



Плутоний из облученного урана пытались выделить разными методами, отыскивая наиболее эффективные. Изучение свойств плутония-238 дало много ценных сведений, которые в дальнейшем использовались для создания технической разработки процесса получения плутония-239.



Радиевый институт вернулся из Казани, как уже говорилось, в январе 1945 г. и приступил к интенсивной работе, план которой был уже продуман, обсужден и утвержден. «Было создано несколько групп, — вспоминала М. Л. Яценко-Ковалевская, — работавших в различных направлениях по определенной тематике. Это было необходимо для быстреего решения поставленной перед РИАН'ом проблемы» [III, 40, с. 158]. Мобилизовав все научные и технические силы института на решение одной первостепенной тогда проблемы, Хлопин добился исключительного результата — технология выделения плутония из облученного урана была разработана менее чем за полгода.

В первой половине 1946 г. Радиевый институт выдал данные для проектирования завода. Созданная

технологическая схема, проверенная на укрупненной опытной установке, послужила основой для проектирования и строительства радиохимического завода. Производство плутония становилось на промышленную основу. В этом же, 1946 г., в СССР был пущен в работу первый в Европе ядерный реактор.

Первый этап атомного проекта был осуществлен и немаловажная часть этой грандиозной работы принадлежала Радиевому институту, возглавляемому В. Г. Хлопиным.

Геохимические исследования

Геохимические исследования занимали значительное место в научном творчестве В. Г. Хлопина. Многие из его работ, самого разного профиля, были так или иначе связаны с вопросами геохимии. По подсчетам Л. В. Комлева, близкого сотрудника ученого по исследованиям в области геохимии радиоактивных элементов, из 200 опубликованных работ Хлопина 74 посвящены изучению геохимических проблем [III, 40, с. 59]. Начатые еще в минералогической лаборатории В. И. Вернадского, эти работы проводились Хлопиным на протяжении всей жизни.

В Радиевом институте он развернул систематические геохимические исследования, охватившие все главные аспекты геохимии радиоактивных элементов и радиологических проблем: выяснение распределения и миграции радиоактивных элементов, изучение природных вод и газов, разработка методов ядерной геохронологии, выявление роли радиогенной энергии в энергетике Земли. Этими вопросами на разных этапах занимались практически все отделы института: химический, физический и, конечно, геохимический. Комплексная структура института, разработанная по проекту Вернадского, и здесь позволила обеспечить всестороннее изучение указанных проблем и нашла «в лице Хлопина замечательного руководителя, широта интересов которого гармонировала с основной идеей института» [III, 40, с. 60].

На первом этапе основное внимание уделялось созданию сводок по сырьевым источникам России таких дефицитных элементов, как бор, литий, рубидий, цезий, цирконий [II, 12, 16, 17, 21–24, 26, 38–40, 54, 64]. Работы по изучению и освоению рудносырьевой базы

страны стимулировались постоянными заинтересованными консультациями В. И. Вернадского, а также участием таких крупнейших специалистов, как А. Е. Ферсман, Д. И. Щербаков, К. А. Ненадкевич. С расширением экспедиционной деятельности института изучаются и осваиваются горные богатства Средней Азии, открываются новые рудные районы, особенно обстоятельно исследуются месторождения радиоактивных элементов. Возглавляемые передовыми учеными своего времени, специалистами высшей квалификации, эти работы привели не только к получению новых практически весьма ценных данных, но и к выявлению, а затем и решению принципиальных теоретических проблем в области геохимии. Одной из таких проблем стало изучение миграции радиоактивных элементов.

Миграция радиоактивных элементов

Распределение радиоактивных элементов в земной коре обуславливается, во-первых, их принадлежностью к урановому или ториевому семейству, а следовательно, генетической связью с родоначальниками этих рядов — ураном и торием, а во-вторых, их химической природой. «До начала наших работ в этой области, — писал Хлопин, — мировая наука занималась по преимуществу лишь геохимией начальных и конечных членов радиоактивных рядов распада как достаточно долго живущих и способных поэтому давать самостоятельные природные образования — минералы» [II, 131, с. 55].

Короткоживущие радиоактивные элементы долгое время не привлекали особого внимания. Хлопин в 1926 г. выдвинул идею о необходимости изучения законов перемещения (миграции) в земной коре таких относительно короткоживущих радиоактивных элементов, как радий, мезоторий, торий X, радиоторий, радон, торон и др. Термином «миграция» Хлопин обозначал «происходящие под влиянием геохимических процессов перемещения радиоэлементов, приводящие к обособлению их от других членов того же ряда распада» [II, 149, т. 2, с. 147]. Теоретически такая миграция должна приводить к образованию минеральных тел, в состав которых будет входить мигрирующий элемент, т. е. к образованию вторичных радиоактивных минералов. В случае короткоживущих радиоэлементов нако-

пившиеся абсолютные количества их ничтожны и вторичные радиоактивные минералы не образуются. Исключение могут составить лишь уран, торий и конечные продукты распада. Это обстоятельство, по-видимому, и снижало интерес к изучению процессов их миграции. «Между тем,— предсказывал Хлопин еще в 1926 г.,— более детальное изучение явления миграции радиоэлементов, сопряженное, правда, со значительными трудностями, может представить, как нам кажется, значительный интерес как с точки зрения чистой химии радиоэлементов, так и при решении отдельных геохимических вопросов» [II, 149, т. 2, с. 147—148].

Так и случилось. Среди радиоэлементов, продолжительность жизни которых составляет несколько лет, существует несколько изотопов обычных элементов. Это позволяет использовать такие изотопы в качестве индикаторов при изучении поведения и путей миграции соответствующего элемента. Можно, правда, как писал Хлопин, «с известной осторожностью применять в качестве радиоактивного индикатора не только изотоп, но и ближайший химический аналог того элемента, за судьбой которого мы желаем следить. Это последнее обстоятельство сильно расширяет сферу применения радиоактивных элементов в качестве индикаторов при рассмотрении геохимических процессов» [II, 149, т. 2, с. 148]. На этой основе представлялось возможным не просто изучать перемещения целого ряда элементов, но и устанавливать последовательность происходящих в земной коре процессов, а в некоторых случаях даже определять тот момент, когда этот процесс имел место.

Через два десятилетия после начала исследований Хлопин уже с уверенностью говорил, что знание путей перемещения в земной коре таких радиоактивных элементов, как радий, мезоторий, радиоторий, радон, торон и др., и определение соотношений между отдельными членами одного и того же ряда распада или между двумя изотопами с различной продолжительностью жизни разных рядов позволяют решать столь важные геологические и геохимические задачи, как определение последовательности геологических и геохимических процессов, установление абсолютного возраста сравнительно молодых и очень молодых образований. Такого рода исследования, по словам Хлопина, пред-

ставляют «принципиальный интерес» и вносят «существенно новое в общепринятые представления» [II, 131, с. 55].

Действительно, изучение миграции радиоактивных элементов, начатое Хлопиным в 20-х годах XX в., вылилось в обширный цикл исследований, в которых принимали участие И. Е. Старик, В. И. Баранов, Л. В. Комлев, Д. С. Николаев, Ю. В. Кузнецов. Были установлены общие закономерности миграционных процессов урана, радия и его изотопов, радиоактивных эманаций и их продуктов распада. «Это важное направление геохимических исследований,— писал впоследствии Л. В. Комлев,— нашло свое классическое выражение именно в работах школы Радиевого института и не имеет себе равных в исследованиях зарубежных ученых» [III, 40, с. 62].

Одновременно с решением больших теоретических проблем работы по миграции элементов давали материал для решения ряда конкретных практических вопросов, поскольку позволяли прогнозировать месторождения того или иного элемента, его происхождение и возможные запасы.

Особенно широко развернулись работы по геохимии урана, радия, благородных газов. Во многих из них В. Г. Хлопин принимал непосредственное участие.

Геохимия урана и радия

Изучение радиоактивности горных пород и процессов, ведущих к формированию месторождений давало материал для ориентации при поисках месторождений радиоактивного сырья и оценки перспектив металлоносности отдельных районов страны. В дальнейшем эти работы «позволили вскрыть общие закономерности распределения радиоактивных элементов в ходе формирования сложных магматических комплексов и подвижных зон земной коры. Были получены геохимические характеристики для ряда важнейших горнорудных провинций и средние кларковые значения урана и тория в земной коре по материалам Советского Союза» [III, 40, с. 64].

В. И. Вернадский рассматривал такие исследования еще шире — как этап на пути к созданию радиоактивной карты поверхности нашей планеты, предполагая международное сотрудничество ученых.

В геохимии радия важную роль сыграло изучение природных пластовых вод.

В 1927 г. Л. Н. Богоявленский и А. А. Черепенников установили необычайно высокое содержание радия в водах Ухтинского нефтяного месторождения. Повышенная радиоактивность природных вод, особенно вод минеральных источников, была известна и ранее, но она обуславливалась наличием растворенной в таких водах эманации радия, содержание же самого радия обнаруживалось редко и в незначительных количествах. Поэтому сообщение Богоявленского и Черепенникова возбудило всеобщий интерес, в том числе, конечно, и со стороны Хлопина. Если предположить возможность присутствия повышенного количества радия в буровых водах других нефтеносных районов, то, по мысли Хлопина, «мы имели бы дело со сравнительно широко распространенной, до последнего времени пропущенной новой формой концентрации радия на земной поверхности, представляющей не только огромный научный, но и, возможно, практический интерес» [II, 149, т. 2, с. 151].

Вскоре после работы по ухтинским пластовым водам появилось сообщение о довольно высокой радиоактивности буровых вод в районе Грозного. Эти данные подтвердились исследованиями сотрудника Радиевого института Б. А. Никитина. Оказалось, что концентрация радия в буровых водах новогрозненских промыслов «превосходит все известные до сих пор концентрации радия в природных водах и может при условии достаточного дебита¹ иметь промышленное значение» [II, 149, т. 2, с. 154]. И Хлопин, понимая важность проблемы, формулирует задачи, вставшие перед учеными, в государственном масштабе: немедленно (подчеркивает он) предпринять детальное обследование нефтяных вод и нефти на радий и другие радиоэлементы всего Грозненского района; срочно поставить опыты по выработке наиболее экономичного метода извлечения радия из буровых вод; параллельно с изучением буровых вод и нефтей провести исследование на радиоактивность горных пород, из которых выходят эти воды, и атмосферного и почвенного воздуха этих районов. «Наряду с обследованием на ра-

¹ Дебит — объем буровых вод, поступающих из скважин в единицу времени.

диоактивность нефтяных вод Грозненского района следует организовать систематическое изучение с этой точки зрения буровых вод, сточных вод и нефтей других нефтеносных районов Союза» [II, 149, т. 2, с. 154]. Руководящую роль во всем комплексе этих исследований Хлопин отводил Радиевому институту с привлечением геолого-разведочного нефтяного института и НИИ Грознефти.

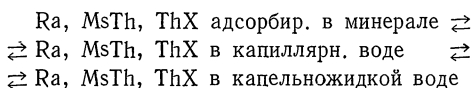
В последующие полтора года хотя и выяснилось, что данные по Новогрозненскому месторождению завышены, были детально изучены нефтяные воды Грозненского, Дагестанского, Бакинского, о-ва Челекен, Нефтедага, Ферганского, Майкопского, Ухтинского районов; начато исследование нефтей Чусовского, Эмбинского, Бакинского и Керченско-Таманского промыслов. Так широко поставить работы помогла четкая организация и общее руководство со стороны Радиевого института. Были привлечены к исследованиям такие специалисты, как В. И. Баранов (Московский институт нефтехимической и газовой промышленности), Е. С. Бурксер (Украинская радиологическая лаборатория в Одессе), А. А. Черепенников (Главное геологоразведочное управление). Среди научных сотрудников Радиевого института, занимавшихся этой проблемой в 20—30-х годах, следует назвать Б. А. Никитина, Б. К. Бруновского, Л. В. Комлева, Ф. Е. Старик, позднее И. Е. Старик. В те годы в контакте с ними работала и специалист по геохимии нефтяных вод — Н. В. Тагеева.

Детальное изучение пластовых вод различных нефтяных месторождений позволило установить, что резко повышенное содержание радия и его изотопов характерно для вполне определенного типа хлорнатрокальциевых бессульфатных вод, присущих некоторым горизонтам нефтяных месторождений.

Дальнейшее развитие исследований шло в направлении изучения механизма перехода радия и его изотопов из минералов и пород в пластовые воды. Оказалось, что существует принципиальное различие в механизмах перехода в растворы радия и урана.

В случае радия и любого другого рассеянного химического элемента, не входящего в кристаллическую решетку минерала, устанавливается подвижное равновесие «между радием, адсорбированным на внутренних поверхностях минерала или породы, радием, за-

ключенным в капиллярной воде, заполняющей все капилляры и трещины минерала или породы, и радием в капельножидкой воде, их омывающей. Таким образом,— заключал Хлопин,— было показано наличие равновесия



и в сущности выяснен в основных чертах механизм образования радийсодержащих природных вод» [II, 131, с. 56]. Этот процесс получил название выщелачивания, впервые введенного в науку русскими радиохимиками. Выщелачивание горных пород водоносных горизонтов происходило под воздействием вод определенного химического состава, в результате чего шло образование природных растворов радия.

В то же время для урана переход в раствор связан не с явлением выщелачивания, а с частичным разрушением целостности решетки минерала, т. е. растворением.

Наблюдения над миграцией радона показали, что обогащение природных вод радоном связано не столько с обогащением местных пород радием, сколько со степенью их сохранности, так как при одинаковом содержании радия количество выделяемой минералами или породами эманации может отличаться на несколько порядков в зависимости от их раздробленности.

Все эти исследования имели важные практические применения. Особо следует отметить «уникальное предприятие по извлечению радия и мезотория из буровых вод, возникшее на базе ухтинского водного промысла» [III, 40, с. 64]. Более двадцати лет оно служило основным источником получения отечественного радия. Сначала на Ухтинском месторождении получали радиевые концентраты, из которых в радиевом цехе московского завода редких элементов производились радиевые препараты. Затем начиная с 1936 г. все производство радия было переведено на Ухту, и вновь Радиевый институт посылает для налаживания работ своего специалиста — П. И. Толмачева, ранее командированного Хлопиным в Москву на завод редких элементов.

Поиски и исследования природных газов входили в общую программу изучения природных богатств страны. В числе природных газов особое внимание, начиная с первой мировой войны, привлекал гелий, который использовали для наполнения дирижаблей. В России был создан даже специальный Гелиевый комитет при ВСНХ, а при КЕПС — газовый отдел. В деятельности этих организаций принимал активное участие Хлопин. Начатые в 1924 г. под воздействием конкретных практических задач работы по геохимии природных газов, особенно гелия и других благородных газов, приобрели характер систематических научных исследований. В Радиевом институте была создана газовая лаборатория, разработаны новые специальные методы анализа благородных газов, создана оригинальная аппаратура.

Глубокое планомерное изучение благородных газов давало не только ценнейшие сведения об их свойствах, происхождении, геохимии, но и позволяло решать вопросы ядерной геохронологии, земной и подземной атмосферы и т. д. Конечно, неоценимый вклад все эти исследования внесли и в развивающуюся отечественную газовую промышленность, — недаром Хлопин был постоянным консультантом объединения Союзгаз и треста Гелиогазразведка.

Первые работы Хлопина по благородным газам относятся к 20—30-м годам [II, 51, 84] и связаны с разработкой аналитических методов их определения. В 1931 г. Хлопин уже делал большой доклад по геохимии благородных газов на II Всесоюзной конференции по газам. Доклад показал, какой большой материал к этому времени был накоплен учеными и во многом уже обобщен и осмыслен. «До настоящего времени наши сведения по геохимии благородных газов крайне ограничены... — говорил Хлопин. — Нам представляется, однако, что уже на основании имеющегося опытного материала, учитывая физико-химические свойства отдельных представителей семейства благородных газов, можно попытаться дать... картину геохимии благородных газов» [II, 149, т. 2, с. 164].

В то время в науке получило распространение высказанное французским ученым Ш. Муре положение о том, что состав газовых выделений земной коры в

отношении благородных газов отражает состав той древней атмосферы, в которой происходило образование нашей планеты. Исключение составляли лишь гелий и радон, количество которых пополнялось за счет радиоактивных процессов. По представлениям Хлопина, такая картина отражала лишь первый этап; в дальнейшем шел непрерывный обмен газами между подземными и надземными атмосферами. Благородные газы, захваченные при формировании нашей планеты извне, находятся в ней в трех главнейших формах: в форме подземных газовых атмосфер, газовых водных растворов и окклюдированных в минералах и горных породах газов. «Между всеми тремя формами нахождения благородных газов в земной коре,— говорил Хлопин,— следует допустить существование состояния подвижного равновесия, зависящего от температуры, давления и свойства газа. Первоначальный состав подземных газовых атмосфер в отношении благородных газов должен был быть близок к составу окружающей землю атмосферы. С течением времени, однако, между благородными газами подземных атмосфер, благородными газами, растворенными в природных водах, и благородными газами в атмосфере, окружающей Землю, должен был установиться определенный обмен, который вследствие различий в физико-химических свойствах различных представителей благородных газов должен был привести к нарушению первоначального постоянства в их взаимных соотношениях» [11, 149, т. 2, с. 164—165].

В чем же это выразилось? В силу большей скорости диффузии и меньшей растворимости легкие благородные газы — гелий и неон — легче выделяются в наружную атмосферу и поэтому природные газы обогащаются ими. В то же время из наружной атмосферы идет пополнение благородными газами подземных газовых атмосфер путем «засасывания» атмосферного воздуха (об этом свидетельствует существование в некоторых районах особых «воздушных струй») и путем поглощения благородных газов из воздуха большими водоемами, откуда уже растворенные газы поступают в подземные газовые атмосферы. В связи с тем, что в наружной атмосфере благородные газы распределены зонально, легкими газами обогащаются верхние слои атмосферы, а тяжелыми — нижние. Тяжелые благородные газы значительно более раствори-

мы в воде, чем легкие, поэтому при растворении воздуха в водах морей и океанов происходит преимущественное поглощение тяжелых благородных газов. Все эти процессы в совокупности приводят, по Хлопину, к следующему: «1) подземные газовые атмосферы должны обогащаться тяжелыми благородными газами — аргоном, криптоном и ксеноном; 2) подземные газовые атмосферы должны обедняться легкими благородными газами; 3) растворенные в природных водах газы должны быть в среднем богаче тяжелыми благородными газами, чем свободно выделяющиеся». Эти положения справедливы по отношению ко всем благородным газам кроме гелия и радона.

Правда, теперь известно, что аргон с массой 40 образуется в результате распада ядра калия с массой 40, ксенон и криптон возникают при спонтанном делении урана и его делении под действием нейтронов. Однако «влияние этих факторов обычно не столь значительно, — считают специалисты, — чтобы изменить основные положения о роли нашей атмосферы при формировании подземных газовых струй, а поэтому основные выводы, сделанные в работе В. Г. Хлопина, сохранили актуальность до нашего времени» [III, 40, с. 69].

Относительные количества благородных газов в подземной газовой атмосфере, по мнению Хлопина, близки к таковым в надземной атмосфере, а некоторые отличия обусловлены различием их физических свойств, в первую очередь растворимости в воде. Поскольку растворимость в ряду благородных газов увеличивается при переходе от наиболее легкого — гелия — к самому тяжелому — ксенону, то, имея в виду, что растворимость легких благородных газов меньше, а тяжелых — больше, чем у азота, можно ожидать выполнения следующего соотношения:

$$\frac{\text{Xe}/\text{N}_2 \text{ в струях}}{\text{Xe}/\text{N}_2 \text{ в воздухе}} > \frac{\text{Kr}/\text{N}_2 \text{ в струях}}{\text{Kr}/\text{N}_2 \text{ в воздухе}} > \\ > \frac{\text{Ar}/\text{N}_2 \text{ в струях}}{\text{Ar}/\text{N}_2 \text{ в воздухе}} > 1.$$

Для подтверждения выдвинутых положений требовалось провести гигантскую работу по отбору и анализу многочисленных проб. К тому же параллельно выяснялись недостатки имевшихся методов анализа, разрабатывались новые приемы, методы, приборы.

«Весь имевшийся фактический экспериментальный материал целиком подтвердил вывод В. Г. Хлопина о газовом обмене между подземной и надземной атмосферами, и справедливость вышеприведенных соотношений» [III, 40, с. 70],— писал крупный специалист в этой области Э. К. Герлинг.

Совершенно особое место в геохимических исследованиях занимал гелий. Он является продуктом радиоактивного распада и, как устойчивый инертный газ, накапливается внутри минеральных и горных пород. При перекристаллизации горных пород гелий выделяется в подземные газовые атмосферы. В отличие от всех благородных газов он содержится в этих газовых атмосферах в концентрациях, значительно превышающих его концентрацию в воздухе, причем в разных газовых выделениях концентрация гелия может колебаться в широких пределах.

«Такое аномальное поведение гелия,— писал Хлопин,— находит без труда себе объяснение, если мы примем во внимание двойное происхождение гелия, заключенного в нашей земной коре. Часть его была захвачена при образовании нашей планеты, наравне с другими благородными газами из наружной атмосферы, а часть, и весьма значительная... образовалась и продолжает образовываться за счет распада радиоактивных элементов, в земной коре содержащихся. Наряду с этим, конечно, и в отношении гелия существует непрерывный обмен им между подземными атмосферами и наружной атмосферой» [II, 149, т. 2, с. 171—172].

Имея в виду радиоактивное происхождение гелия, можно было предположить, что газовые струи, особенно богатые гелием, должны быть связаны с геологически достаточно древними отложениями; действительно, гелием обычно обогащены глубинные азотные или метановые струи. «Особенно резко подтверждается это положение,— указывал Хлопин,— на газах нефтяных месторождений, где газы североамериканских нефтяных месторождений, достаточно древнего происхождения, приуроченных к нижнекаменноугольным пенсильванским пластам, богаты гелием, и, наоборот, газы относительно молодых нефтяных образований Европы или совсем лишены гелия, или им очень бедны» [II, 149, т. 2, 174]. Но почему крупные месторождения гелия связаны именно с мес-

торождениями углеводородных газов нефтяных месторождений, оставалось, по словам Хлопина, «загадочным явлением в геохимии гелия». Чтобы решить этот вопрос, следовало уделить внимание не только гелию в природных газах, но и механизму выделения гелия из горных пород и минералов.

Рассматривая различные гипотезы на этот счет, Хлопин пришел к выводу, что «ни одно из даваемых объяснений не представляется... достаточно убедительным», поскольку «совершенно не может объяснить наблюдающуюся обычно связь гелиевых месторождений с углеводородными газами нефтяных районов» [II, 149, т. 2, с. 178]. В 1932 г. ученый высказал свое предположение по этому вопросу. Он считал возможным найти непонятному явлению объяснение в том факте, что «потеря гелия минералами и горными породами при прочих равных условиях зависит от характера газовой фазы, их окружающей или над ними находящейся, и что в атмосфере углеводородов такая потеря будет значительно выше, чем в атмосфере других газов или в пустоте» [II, 149, т. 2, с. 179]. Предложенное толкование интересному и практически важному факту положило начало серии работ по изучению механизма выделения гелия из минералов и пород, влиянию различных факторов, особенно состава газовой фазы, на этот процесс. Это, считал Хлопин, «представляет исключительный интерес и значение, так как это выделение является первым и основным процессом, с которого начинается миграция этого элемента в земной коре» [II, 149, т. 2, с. 182]. В исследованиях принимали участие также Э. К. Герлинг и Э. М. Иоффе.

Оказалось, что гелий находится в минералах в различных состояниях и соответственно выделяется не одинаково легко. Каждое состояние характеризуется вполне определенной энергией, которую необходимо сообщить атому гелия и атомам или ионам кристаллической решетки минерала, чтобы атом гелия смог передвинуться из одной кристаллической ячейки минерала в другую, т. е. диффундировать сквозь решетку минерала. Эта энергия получила название энергии активации; она характеризует степень прочности, с которой гелий удерживается различными минералами.

«Эти энергии,— писал Хлопин,— для ряда минералов были определены, и на этом основании указаны типы решетки минералов, которые должны прочно

удерживать гелий. Выводы эти получили подтверждение при многочисленных определениях содержания гелия в природных объектах разного возраста (минералы и горные породы)» [II, 149, т. 2, с. 57]. Кроме того, было обстоятельно изучено влияние состава газовой фазы на выделение гелия из минералов. Наконец, в некоторых минералах обнаружился «избыточный» гелий; объяснение этому факту наталкивалось на ряд затруднений, в связи с чем даже не исключались неизвестные пока радиоактивные процессы.

Однако Хлопин дал другое истолкование этому явлению. При изучении изотопического состава гелия подземных струй и гелия, выделенного из минералов, оказалось, что в обоих случаях содержание гелия с массой 3 примерно одинаково. Это позволило Хлопину отказаться от представлений о неизвестных ядерных превращениях и сделать единственный вывод в пользу избирательной окклюзии гелия некоторыми минералами (бериллы, сподумены) при их кристаллизации.

Обстоятельные исследования велись сотрудниками Радиевого института и по геохимии и аналитической химии других благородных газов — ксенону, аргону, неону, криптону. Полученные данные использовались для составления карты распространения этих газов на территории СССР. Не меньшее значение имели эти данные и для разработки ядерной геохронологии или определения геологического возраста минералов и пород.

Ядерная геохронология

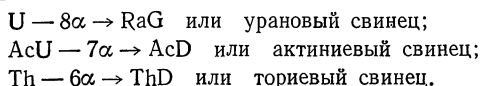
Начало развитию ядерных методов определения возраста геологических образований в нашей стране было положено Вернадским и Хлопиным, которые сформулировали основные вопросы радиологических проблем и вместе со своими сотрудниками во многом способствовали их решению.

Определение геологического возраста давало возможность установления абсолютной шкалы геологического времени, длительности отдельных геологических эпох и последовательности геологических процессов. Для абсолютного определения геологического возраста следовало воспользоваться процессом, который протекал бы со скоростью, изменяющейся определенным известным образом во все время существо-

вания твердой оболочки нашей планеты, причем эта скорость в настоящее время известна и есть возможность количественно учесть изменения, вызванные этим процессом. Однако «ни один из геологических или геохимических процессов не удовлетворяет этому условию», — писал Хлопин. Лишь «процесс радиоактивного распада, по-видимому, на сегодняшний день является единственным процессом в природе, удовлетворяющим поставленным выше условиям» [II, 149, т. 2, с. 223].

Действительно, скорость радиоактивного распада не зависит от физико-химических условий и остается неизменной в термодинамических условиях нашей планеты. Общие законы радиоактивного распада и скорость этого процесса для отдельных радиоэлементов известны достаточно точно. И, главное, — среди продуктов радиоактивного распада есть вполне устойчивые и далее не изменяющиеся вещества — гелий и три изотопа свинца. По их накоплению и можно судить о том изменении, которое вызвано этим процессом за все время его течения.

Схематически три радиоактивных ряда распада: урана—радия, актиноурана — актиния и тория можно выразить так:



Таким образом, каждый атом урана, теряя последовательно восемь α -частиц (атомов гелия) и переходя через ряд промежуточных продуктов превращения, дает в итоге один атом конечного продукта распада RaG или уранового свинца. Аналогично актиноуран, теряя семь α -частиц, дает один атом актиниевого свинца, а торий, теряя шесть α -частиц, образует атом ториевого свинца. «Из вышеуказанных схем распада, — писал Хлопин, непосредственно вытекают две возможности или два метода для определения геологического возраста какого-нибудь природного объекта (минерала или породы), а именно — метод определения отношения в нем свинца к урану и торию или гелия к урану и торию» [II, 149, т. 2, с. 224]. Зная, с одной стороны, схемы распада и количества гелия и свинца, образующиеся при радиоактивном распаде 1 г урана или тория в течение года, а с другой стороны

определяя количества свинца и гелия, приходящиеся на 1 г урана или тория в минерале, можно путем деления второго числа на первое установить возраст в годах минерала или породы.

Осуществление такого метода определения геологического возраста природных объектов на практике потребовало ряда предварительных исследований и разработки рабочей методики. Прежде всего следовало выработать наиболее точные методы количественного определения тех элементов, на основании содержания которых производилось вычисление критериев надежности получаемых данных. Значительное место в своих работах Хлопин уделил границам применимости радиоактивных методов и указал на возможные источники ошибок [II, 137].

Первоначально наиболее широкое распространение получили свинцовый и гелиевый методы. В обоих случаях, помимо выполнения обычных, уже указанных условий для использования этих методов при установлении геологического возраста особую роль играла сохранность образцов. За все время своего существования измеряемый образец не должен был претерпевать вторичных изменений, «в силу которых он мог бы терять накопившийся в нем свинец или которые приводили бы к нарушению равновесия в рядах радиоактивного распада» [II, 149, т. 2, с. 234].

Критерием пригодности образца долгое время служил лишь его внешний вид. Позднее Старик предложил для установления пригодности образцов два метода: нахождение коэффициента его эманирования и выщелачиваемости. По первому методу определялось количество эманации, выделяемой образцом в воздух или воду, в процентах от общего количества эманации, отвечающего равновесному состоянию с радием или торием, заключенным в этом образце. По второму методу определялось количество радия и урана, переходящее в воду при настаивании 1 г образца в 1 л воды в течение месяца. Это количество выражалось также в процентах от общего количества радия и урана, содержавшегося в навеске образца. При плохой сохранности образца коэффициент эманирующей способности увеличивается; выявилась меньшая выщелачиваемость родоначальников естественных рядов по сравнению с продуктами их распада. Все это позволило охарактеризовать сравнительную подвижность раз-

личных радиоэлементов, а следовательно, и оценить возможную и относительную потерю их из минерала, что влияет на результаты по определению возраста. Для минералов урана более точные данные получались при использовании отношений $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ и $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, а для минералов тория — $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$.

При использовании гелиевого метода особенно ценными оказались данные, полученные при изучении механизма выделения гелия из минералов, формы нахождения и характера связи гелия в кристаллической решетке минерала. Скорость и величина отдачи гелия минералами зависят от состава окружающей газовой среды. Газы, химически реагирующие с ними без нарушения структуры H_2 , CO , CH_4 , $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, облегчают выделение гелия; в то же время газы, химически реагирующие с минералами с нарушением структуры, как, например, кислород, приводят к полной потере гелия минералами. В зависимости от состояния, в котором находится гелий в минерале, его выделение происходит неодинаково; существенную роль играет сохранность и структура природного объекта. Только в минералах с плотной кристаллической упаковкой, для которых теплота диффузии гелия больше 35 000 кал, не происходит заметных потерь заключающегося в них гелия за геологическое время, прошедшее с момента их образования.

На основании этих работ, выполненных Герлингом, было установлено, что определять абсолютный геологический возраст гелиевым методом для горных пород нельзя, он применим лишь к минералам вполне определенной структуры — «вывод,— писал Хлопин,— не принимавшийся сначала во внимание американской школой, что привело ее к получению серии неправильных данных по геологическому возрасту пород, в настоящее время пересматриваемых» [II, 131, с. 57].

В то же время при соблюдении определенных условий применительно к указанным минералам гелиевый метод давал возможность достаточно точно определять геологический возраст начиная с 10^4 — 10^5 лет и выше.

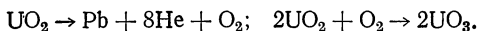
После открытия в 1940 г. Петржаком и Флеровым процесса самопроизвольного деления урана возникла мысль использовать этот процесс для определения геологического возраста урановых минералов. Но «до

1946 г. мы знали об этом процессе,— писал Хлопин,— «слишком мало» [II, 149, т. 2, с. 272]. Наконец, к 1946 г. было установлено, что среди продуктов самопроизвольного деления урана накапливается в минералах устойчивый газ — ксенон, а также разработан метод и создан прибор для количественного его определения. Были определены и константы α -распада урана и самопроизвольного деления урана. «Таким образом,— заключал Хлопин,— в настоящее время можно предложить принципиально новый метод определения абсолютного геологического возраста урановых минералов по отношению заключающегося в минерале ксенона к урану в нем. В основе этого нового метода... лежит процесс самопроизвольного деления урана, который так же, как и радиоактивный распад, должен протекать с постоянной и неизменной скоростью в термодинамических условиях нашей земной коры» [II, 149, т. 2, с. 273].

Уже имелись данные, что процесс самопроизвольного деления претерпевает и торий, так что появилась надежда распространить этот метод и на ториевые материалы. Дальнейшее усовершенствование метода Хлопин связывал с применением масс-спектрографа для анализа газов.

В настоящее время ксеноновый метод в усовершенствованном виде используется для определения возраста монацитов, цирконов, ортитов и др.

В 30-е годы для определения геологического возраста уранинитов использовался кислородный метод; правда, он имел значительные ограничения. В основу этого метода американский геолог А. Лейн предложил положить вторичную реакцию самоокисления закиси урана в окись урана, протекающую по уравнениям:



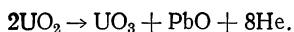
Установив количество UO_3 и UO_2 в минерале можно вычислить количество выделившегося кислорода, а следовательно, и количество распавшихся атомов урана. Далее рассчитывается сумма распавшихся атомов урана и находящихся в минерале в настоящее время, что дает количество урана, бывшее в минерале в момент его образования.

«С моей точки зрения,— писал Хлопин,— в основе его (кислородного метода.— Н. У.) лежит недостаточное обоснованное предположение, что на процессы

окисления внутри минерала... мог идти только кислород, первоначально находившийся в минерале в форме UO_2 » [II, 149, т. 2, с. 238].

Кроме того, Хлопин считал маловероятным, чтобы свинец содержался в уранинитах в виде металла.

Более правильной, по мнению Хлопина, была другая трактовка процесса самоокисления урана:



Кислородный метод определения геологического возраста был применим только к уранинитам, но и в этом случае существовал ряд ограничений. Многие из уранинитов содержали в своем составе торий, поправка на его присутствие оказывалась возможной, если количества тория были невелики. Кроме того, должна исключаться возможность процесса самоокисления вследствие счет химического действия радиоактивных излучений. Это условие не позволяло использовать кислородный метод для определения геологического возраста урановых минералов, содержащих воду, поскольку под действием радиоактивных излучений из воды образуются перекиси водорода, за счет которой могут протекать реакции окисления-восстановления. Наконец, как и большинство других методов, кислородный метод нельзя применять к минералам с вторичными изменениями.

Для каждого метода Хлопин приводил расчетную формулу геологического возраста минерала, в которую входили данные химического анализа и константы радиоактивного распада того типа и ряда, который здесь использовался.

В эти же годы создается еще один метод определения геологического возраста — калий — аргонный. В его основу было положено открытие радиоактивности ядра ^{40}K : путем захвата электрона из K -электронной оболочки ^{40}K дает изотоп ^{40}Ar . Проверенный на богатых калием минералах известного геологического возраста, он дал удовлетворительные результаты и впоследствии широко применялся для определения абсолютного возраста разнообразных геологических образований Герлингом и его сотрудниками.

«С благодарностью и признанием мы вспоминаем... те основополагающие экспериментальные исследования, которые были выполнены В. Г. Хлопиным и его учениками. Имя Хлопина неразрывно связано с раз-

витием гелиевого и свинцового методов, кислородного и ксенонового. Его творческая мысль участвовала в становлении аргонного метода. Им созданы традиции геохронологических исследований в Радиевом институте, давшие свои замечательные плоды» [III, 40, с. 66]. Так сказал Комлев на торжественном заседании, посвященном 75-летию со дня рождения Хлопина.

Обширные материалы, полученные в лабораториях Радиевского института и других учреждений, дали возможность приступить к созданию «единой геохронологической шкалы для всего огромного интервала геологического времени» [III, 40, с. 67].

Радиогенная энергия

Расчетам количества радиогенной энергии, выделяющейся в земной коре и планете в целом, Хлопин посвятил одну работу, но она имела принципиальное значение. «Я ставлю себе задачей,— писал ученый,— познакомить читателя с тем, что мы должны знать для того, чтобы правильно оценить количество тепла, выделяемого на нашей планете в результате протекающего в ней процесса распада атомов химических элементов, и что и с какой степенью точности мы в настоящее время действительно знаем по этому вопросу» [II, 149, т. 2, с. 281].

При определении теплового режима Земли следует учитывать тепло, выделяемое при радиоактивном распаде элементов, которые содержатся в земной коре. Кроме теплового эффекта, обуславливаемого радиоэлементами уранового и ториевого рядов, следовало принимать во внимание и тепловые эффекты радиоэлементов актиниевого ряда, а также калия и рубидия. Для расчета теплового режима Земли в настоящее время и учета роли каждого из радиоэлементов в тепловом режиме Земли в разные геологические эпохи необходимо знание таких констант, как периоды полураспада соответствующих радиоэлементов, тепловой эффект распада 1 г элемента, характер излучения и т. д. Кроме того, надо учитывать кларки этих элементов, о чем есть данные лишь для земной коры, т. е. оболочки до 20 км. «Совершенно естественно,— замечал Хлопин,— что без знания хотя бы приблизительного состава внутренних частей земного шара чрезвычайно трудно судить о той роли, которую мо-

жет играть и играет атомный распад в его тепловом режиме» [II, 149, т. 2, с. 287]. На основании схемы распределения радиоактивных элементов по различным принятым в те годы геосферам (гранитная, базальтовая, перидотитовая и т. д.) Хлопин провел подсчет теплового эффекта, обусловленного распадом их по отдельным геосферам, и суммарного теплового эффекта в настоящее время и в начале существования твердой оболочки Земли.

На основании полученных данных Хлопин пришел к выводу, что «возраст материала, из которого состоит наша планета... может быть в настоящее время оценен примерно в три миллиарда лет, а возраст земной коры в два миллиарда лет» [II, 149, т. 2, с. 293]. Но, подчеркивал Хлопин, все приведенные расчеты относительно теплового режима Земли справедливы лишь для настоящего времени «и картина резко меняется, если мы перейдем к временам давно минувшим, к древним геологическим эпохам. И абсолютное количество тепла, выделившегося в недрах Земли за счет атомного распада в те времена, и доля участия различных элементов в общем тепловом эффекте будут совсем иные... два миллиарда лет тому назад общее количество тепла, выделившегося за счет атомного распада, было почти в два раза больше, чем в настоящее время» [II, 149, т. 2, с. 290].

В связи с погрешностями в значениях использованных констант распада и недостаточной точностью кларков урана, тория и калия цифровые результаты, опубликованные в этой работе Хлопина, сейчас требуют пересчета, «однако основной вывод В. Г. Хлопина о значительно более высокой роли радиогенного тепла на ранней стадии развития нашей планеты остается справедливым» [III, 40, с. 64—65].

Перед нами прошли основные направления научной деятельности Хлопина и главные достижения его школы. Удивительная многогранность интересов сочеталась у Хлопина с глубоким профессионализмом, строгость в решении конкретных научных вопросов с широтой теоретического осмысления результатов. Неподдельный интерес ученого к научным проблемам современности, новаторство во многих направлениях радиохимии, радиофизики, геохимии даже в самые трудные для страны годы не выливался в чисто тео-

ретические построения, а всегда был связан с разработкой новых способов и технологических схем того или иного производственного процесса, созданием новой аппаратуры, новых методов анализа и т. д.

Талант организатора и педагога позволили Хлопину создать замечательный коллектив единомышленников, основать советскую радиохимическую школу. Нельзя не отметить и обаяние личности Хлопина — большого ученого и скромного, но принципиального человека. Преданность науке в сочетании с высокой гражданской этикой еще выше поднимала авторитет Хлопина среди учеников и сотрудников. Память об этом человеке заставляла учеников Хлопина и его сподвижников жить и работать по высоким научным и моральным канонам.

Детище В. Г. Хлопина — Радиевый институт, который носит теперь его имя, вырос «в передовое научное учреждение, стоящее на переднем крае современной науки. Его вклад в развитие мировой науки трудно переоценить», — писал в 1972 г. В. М. Вдовенко [III, 29, с. 5].

Вспомним, в Радиевом институте разрабатывались основы технологии получения радия из русского сырья, был открыт закон изоморфного соосаждения, создавались эталоны радия, был сконструирован и пущен в действие первый советский циклотрон, наконец, при создании атомной промышленности была разработана технологическая схема выделения плутония из облученного урана. Это стало исходным рубежом нового этапа развития института, который возглавил после смерти В. Г. Хлопина сначала Б. А. Никитин, затем В. М. Вдовенко, позднее Л. Н. Лазарев. «Для Радиевого института им. В. Г. Хлопина и сейчас... — писал Л. Н. Лазарев в 1972 г., — характерна органическая связь радиохимических, ядерно-физических и геохимических исследований, а также сочетание теоретических и поисковых работ с решением наиболее актуальных практических задач современности. Живой и развивающийся институт — лучший памятник Виталию Григорьевичу Хлопину» [III, 40, с. 138].

В 1990 г. директором Радиевого института стал доктор технических наук профессор А. И. Карелин.

Основные даты жизни и деятельности В. Г. Хлопина

- 1890, 14(26) января — родился в Перми.
- 1908 — окончил 12-ю Петербургскую гимназию с золотой медалью.
- 1911 — окончил химический факультет Геттингенского университета.
- 1912 — окончил физико-математический факультет Санкт-Петербургского университета по группе химии с дипломом первой степени и оставлен при университете для подготовки к профессорской деятельности при кафедре общей химии.
- 1914—1915 — состоял лаборантом в Петроградской центральной городской химической лаборатории.
- 1915—1916 — вел экспериментальные работы по получению продуктов военно-химического значения и выработке методов получения чистой платины из русского сырья в Химическом комитете при Главном артиллерийском управлении и Центральной научно-технической лаборатории Военного ведомства.
- 1915—1921 — химик-специалист при Геохимической (Радиологической) лаборатории при Геологическом и минералогическом музее Академии наук.
- 1916 — командирован начальником санитарной и эвакуационной части в качестве химика-специалиста в состав Урмийской экспедиции по обследованию борнокислых источников Карсской области и района Урмийского озера; принимал участие в работах Комиссии по изучению естественных производительных сил России (КЕПС) в качестве ее члена.
- 1917 — принимал участие в работах Съезда по технической обороне государства.
- 1917—1924 — ассистент кафедры общей химии Петроградского университета.
- 1918 — секретарь радиевого отдела КЕПС в Совете радиевой ассоциации и уполномоченный Коллегии по организации и эксплуатации пробного завода по извлечению радия.
- 1918—1919 — член совета Платинового института.
- 1918—1934 — член редакционной коллегии Химико-технического издательства.
- 1919 — член Совета КЕПС.
- 1921—1922 — заведовал Радиевой лабораторией Академии наук (Петроград); был профессором кафедры неорганической химии химического отделения Технопедагогического института.
- 1922 — совместно с академиком В. И. Вернадским основал Радиевый институт в Ленинграде.
- 1922—1932 — заведовал газовым отделом КЕПС, а затем газовым отделом Геохимического института Академии наук СССР.
- 1922—1939 — заместитель директора и заведующий химическим отделом Государственного радиевого института.

- 1924 — присуждена малая премия им. Д. И. Менделеева за работы по радио; одним из первых в Советском Союзе приступил к чтению курса лекций по радиоактивности и химии радиоактивных элементов на химическом факультете Ленинградского государственного университета.
- 1924—1930 — доцент Ленинградского государственного университета.
- 1924—1933 — член Научно-технического совета по гелию при Гелиевом комитете Главного экономического управления ВСНХ; принимал активное участие в изучении и поисках гелиевых месторождений; руководил газовым отделом Геохимического института Академии наук СССР и работами Гелиевой лаборатории треста Союзгаза.
- 1925 — сделал на IV Менделеевском съезде доклад на тему «Успехи радиоактивности в СССР»; командирован (с научной целью) в Германию, Австрию и Чехословакию.
- 1928—1934 — член Комитета по химизации народного хозяйства при Совете Народных Комиссаров СССР (позднее при Президиуме Госплана СССР).
- 1933 — избран в члены-корреспонденты Академии наук СССР по Отделению математических и естественных наук (химия); утвержден членом Научно-технического совета по гелию при Госплане СССР.
- 1933—1938 — консультант Гелиевой лаборатории треста Союзгаза, позднее Гелиогазразведка (Ленинград).
- 1934—1937 — профессор Ленинградского государственного университета.
- 1935 — утвержден Президиумом Академии наук СССР в ученой степени доктора химических наук.
- 1938 — исполнял обязанности директора Радиевого института Академии наук СССР; консультант Государственного научно-исследовательского института редких и малых металлов (Москва).
- 1939 — избран в действительные члены Академии наук СССР по Отделению математических и естественных наук (неорганическая химия, радиохимия).
- 1939—1950 — директор Радиевого института Академии наук СССР.
- 1940 — назначен председателем Комиссии по проблеме урана; присвоено звание заслуженного деятеля науки РСФСР.
- 1941—1944 — руководил работой Отделения химических наук Академии наук СССР в качестве первого заместителя академика-секретаря, неоднократно выполнял обязанности вице-президента Академии наук СССР и был заместителем председателя Комиссии по мобилизации ресурсов Поволжья и Прикамья.
- 1943 — присуждена Государственная премия третьей степени за разработку метода выделения и промышленного применения радиотория (совместно с Б. А. Никитиным, А. Е. Полесичким и С. А. Фридманом).
- 1945 — награжден орденом Ленина за выдающиеся заслуги в развитии науки и техники в связи с 220-летием Академии наук СССР.
- 1945—1949 — заведовал кафедрой радиохимии в Ленинградском государственном университете.
- 1946 — присуждена Государственная премия первой степени за

научные исследования в области химии радиоактивных веществ.

- 1947 — награжден вторым орденом Ленина за выдающиеся научные достижения в области изучения радия, радиоактивных элементов и за содействие развитию радиевой промышленности Советского Союза в связи с 25-летием Радиевого института Академии наук СССР; председатель Ленинградского отделения Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева.
- 1947—1949 — депутат Ленинградского городского Совета депутатов трудящихся от 663-го избирательного округа Петроградского района (2-й созыв 1947 г.).
- 1949 — присвоено звание Героя Социалистического Труда с вручением ордена Ленина и золотой медали «Серп и молот» за исключительные заслуги перед государством при выполнении специального задания; присуждена Государственная премия первой степени за выполнение специального задания правительства.
- 1950 — 10 июля В. Г. Хлопин скончался.

Библиография

И. Источники

1. *Романовский С. И.* Александр Петрович Карпинский. Л.: Наука, 1981. 484 с.
2. Екатеринбургская неделя. 1887. № 44.
3. Екатеринбургская неделя. 1888. № 14.
4. Екатеринбургская неделя. 1888. № 13.
5. Екатеринбургская неделя. 1888. № 24.
6. Екатеринбургская неделя. 1888. № 10.
7. Екатеринбургская неделя. 1887. № 20.
8. Екатеринбургская неделя. 1887. № 18.
9. Екатеринбургская неделя. 1887. № 26.
10. Екатеринбургская неделя. 1887. № 39.
11. Екатеринбургская неделя. 1887. № 32.
12. Екатеринбургская неделя. 1888. № 4.
13. *Рачков А. А.* Григорий Витальевич Хлопин (жизнь и деятельность). Л.: Медицина, 1965. 103 с.
14. Екатеринбургская неделя. 1891. № 17.
15. *Калнин В. В.* Некоторые особенности развития гигиены в Прибалтийском крае (конец XVIII—XIX в.)//Из истории развития естествознания и техники Прибалтики. Рига: Зинатне, 1968. В. 1. С. 247—259.
16. ЛГИА, ф. 14, оп. 3, д. 5159.
17. Архив Радиевого института им. В. Г. Хлопина, ф. 1, оп. 2, д. 41.
18. Архив Радиевого института им. В. Г. Хлопина, ф. 1, оп. 1/ЛД, д. 1108.
19. *Ипатьев В. Н.* Светлой памяти незабвенного Льва Александровича Чугаева//Л. А. Чугаев: Сб. речей и докл., посвящ. его памяти. Л.: НХТИ, 1924. С. 5—13.
20. *Звягинцев О. Е., Соловьев Ю. И., Старосельский П. И.* Лев Александрович Чугаев. М.: Наука, 1965. 198 с.
21. *Лебединский В. В.* Значение работ Л. А. Чугаева в развитии химии//Чугаев Л. А. Избр. тр. М.: Изд-во АН СССР, 1962. Т. 3. С. 8—15.
22. *Чугаев Л. А.* О мерах к развитию в России химической промышленности//Деловая Россия. 1915. № 14.
23. Письмо В. Г. Хлопина матери Е. А. Хлопиной от 12 июля 1914 г. из Куоккалы//Сем. арх. И. Д. Хлопиной.
24. Письмо В. Г. Хлопина отцу Г. В. Хлопину от 15 июля 1914 г. (датировано по содержанию) из Регби//Там же.
25. Письмо В. Г. Хлопина отцу Г. В. Хлопину от 15 июля 1914 г. из Регби//Там же.
26. *Ушакова Н. Н.* Николай Александрович Шилов. М.: Наука, 1966. 133 с.
27. *Фигуровский Н. А.* Очерк возникновения и развития угольного противогаса Н. Д. Зелинского. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 202 с.

28. Постоянная Комиссия по изучению естественных производительных сил СССР. Академия наук СССР (1725—1925). Л.: Изд-во АН СССР, 1925. 27 с.
29. *Claus C.* Fragment einer Monographie des Platins und der Platinmetalle. S. Pt., 1883. 62 s.
30. Организация науки в первые годы Советской власти (1917—1925): Сб. док. Л.: Наука, 1968. 419 с.
31. *Зайцева Л. Л.* Начало систематического изучения месторождений радиоактивных минералов на территории дореволюционной России//Вопр. истории естествознания и техники. 1960. № 9. С. 120—124.
32. *Вернадский В. И.* Задача дня в области радия//Изв. Акад. наук. 1911. Т. 5, № 1. С. 61—72.
33. *Фигуровский Н. А., Зайцева Л. Л.* Исследования явлений радиоактивности в дореволюционной России. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 222 с.
34. *Старынкевич-Борнман И. Д.* Владимир Иванович Вернадский. Рукопись. 4 с.
35. *Чугаев Л. А.* Памяти В. А. Бородовского//Избр. тр. М.: Изд-во АН СССР, 1962. Т. 3. С. 281—283.
36. Новые идеи в химии. СПб.: Образование, 1913. Сб. 2: Радиоактивные вещества (I). 138 с.
37. Новые идеи в химии. СПб.: Образование, 1914. Сб. 4: Радиоактивные вещества (II). 169 с.
38. Письма В. Г. Хлопина к В. И. Вернадскому (1916—1943)/Сост. Л. Л. Зайцева, Б. В. Левшин. Под общей ред. В. И. Баранова и Н. Г. Хлопина. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. 90 с.
39. *Касаков Б. Н., Ильина Т. Д.* Леонид Николаевич Богоявленский. М.: Наука, 1981. 124 с.
40. Архив Метрологического музея Госстандарта при НПО ВНИИМ им. Д. И. Менделеева. Личный архив Л. Н. Богоявленского, папка № 2.
41. *Ленин В. И.* Полн. собр. соч. Т. 37. С. 400—401.
42. *Ленин В. И.* Полн. собр. соч. Т. 38. С. 55.
43. *Кольцов А. В.* Ленин и становление Академии наук как центра советской науки. Л.: Наука, 1969. 280 с.
44. *Ленин В. И.* Полн. собр. соч. Т. 36. С. 361.
45. Ленин и Академия наук: Сб. док. М.: Наука, 1969. 342 с.
46. *Погодин С. А., Либман Э. П.* Как добыли советский радий. 2-е изд. М.: Атомиздат, 1977. 247 с.
47. Архив Радиевого института им. В. Г. Хлопина, ф. 1, оп. 2, д. 46.
48. Материалы к истории Академии наук СССР за советские годы (1917—1947). М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 380 с.
49. Архив Радиевого института им. В. Г. Хлопина, ф. 1, оп. 2, д. 46.
50. *Козлов В. В.* Очерки истории химических обществ СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 608 с.
51. *Ленин В. И.* Полн. собр. соч. Т. 36. С. 178.
52. *Ольденбург С. Ф.* Речь, читанная в торжественном заседании Конференции Академии 6 сент. 1925 г.//Академия наук Союза Советских Социалистических Республик за 200 лет. Л.: Изд-во АН СССР, 1925. С. 18—19.
53. *Ленин В. И.* Полн. собр. соч. Т. 36. С. 228.
54. В. И. Ленин о науке и высшем образовании. М.: Политиздат, 1967. 230 с.

55. *Мусабеков Ю. С.* На заре советской химии. Ярославль; Верх. Волж. кн. изд-во, 1969. 126 с.
56. *Тихомиров И. К.* Незабываемые годы//А. Е. Ферман: Жизнь и деятельность. М.: Наука, 1965. С. 185—193.
57. Архив Радиевого института им. В. Г. Хлопина, ф. 819, оп. 1, 1926, д. 68.
58. Бюллетень Комиссии по разработке научного наследия академика В. И. Вернадского. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1988. № 3. 37 с.
59. *Блох М. А.* Выдающиеся химики и ученые XIX и XX столетий, работавшие в смежных с химией областях науки. Л.: ОНТИ, 1931. Т. 3. С. 701—702.
60. Сообщения о научно-технических работах в Республике. Пг.: Изд-во НТО ВСНХ, 1923. 198 с. (Тр. III Менделеев. съезда по чистой и прикл. химии; Вып. 11).
61. *Лазарев Л. Н., Абрамова Н. Н.* К шестидесятилетию Радиевого института имени В. Г. Хлопина//Вопр. истории естествознания и техники. 1982. № 4. С. 76—86.
62. *Тагеева Н. В.* В геохимическом институте (1929—1934). Рукопись. 45 с.
63. *Фабрика чудес*//Известия. 1922. 5 окт.
64. *Старосельская-Никитина О. А.* История радиоактивности и возникновения ядерной физики. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 417 с.
65. *Мочалов И. И.* Владимир Иванович Вернадский (1863—1945). М.: Наука, 1982. 240 с.
66. Архив Радиевого института им. В. Г. Хлопина, ф. 1, оп. 2, д. 45.
67. Архив АН СССР, ф. 518, оп. 3, д. 1870.
68. Архив Радиевого института им. В. Г. Хлопина, ф. 819, оп. 1, д. 19.
69. Архив Радиевого института им. В. Г. Хлопина, ф. 819, оп. 1, д. 21.
70. Архив Радиевого института им. В. Г. Хлопина, ф. 819, оп. 2, д. 12.
71. *Вернадский В. И.* Радиоактивные руды в земной коре. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1912. 18 с.
72. *Шилов Н. А.* Современное положение вопроса о превращении элементов//Природа. 1913. № 6. С. 655; *Он же.* Радиоактивные элементы и периодический закон//Там же. 1914. № 10. С. 1143; *Он же.* В недрах атома//Там же. 1915. № 2. С. 184—185.
73. *Бурксер Е. С.* Очерки явлений радиоактивности: Публ. лекции, чит. в Одессе, Николаеве и др. городах в 1908—1909 гг. Николаев. Физик-любитель, 1909. 99 с.
74. Архив Радиевого института им. В. Г. Хлопина, ф. 819, оп. 1, д. 42. Тетрадь конспектов лекций по радиоактивности и химии радиоэлементов.
75. *Макареня А. А., Позднышева В. А.*//Сборник: Учение о радиоактивности. История и современность. М.: Наука, 1973. С. 144—153.
76. Архив Радиевого института им. В. Г. Хлопина, ф. 819, оп. 2, д. 44.
77. *Лукьянов П. М.* Краткая история химической промышленности СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 449 с.

78. КПСС в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК. 9-е изд. 1983. Ч. 2. 410 с.
79. Материалы к VI съезду Советов СССР. М.: ВСНХ, 1931. 40 с.
80. Архив Радиевого института им. В. Г. Хлопина, ф. 819, оп. 1, д. 24.
81. Архив Радиевого института им. В. Г. Хлопина, ф. 819, оп. 2, д. 38.
82. *Старосельский П. И., Соловьев Ю. И.* Альфред Вернер и развитие координационной химии. М.: Наука, 1974. 310 с.
83. *Чугаев Л. А.* О химическом строении комплексных соединений//Избр. тр. М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 1. С. 315.
84. *Чугаев Л. А.* Исследования в области комплексных соединений//Там же. С. 10—133.
85. *Чугаев Л. А.* О пентаминовых соединениях четырехвалентной платины//Там же. С. 553—575.
86. *Лебединский В. В.* Институт для изучения платины и других благородных металлов//Чугаев Л. А.: Сб. речей и докл., посвящ. его памяти. Л.: НХТИ, 1924. С. 81—84.
87. *Некрасов Б. В.* Курс общей химии. М.: Госхимиздат, 1955. 940 с.
88. Архив Радиевого института им. В. Г. Хлопина, ф. 819, оп. 1, д. 19.
89. *Васильев В. Н.* Ученый, гражданин, человек//А. Е. Ферсман: Жизнь и деятельность. М.: Наука, 1965. С. 373—374.
90. Архив Радиевого института им. В. Г. Хлопина, ф. 1, оп. 1, д. 27, л. 25.
91. Архив Радиевого института им. В. Г. Хлопина, ф. 1, оп. 1, д. 83. Л. 17.
92. Архив Радиевого института им. В. Г. Хлопина, ф. 1, оп. 1, д. 79. Л. 10.
93. *Семенов Н. Н.* Развитие химической кинетики в Советском Союзе//Советская химия за двадцать пять лет. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1944. С. 91—111.

II. Основные труды В. Г. Хлопина

1911

1. Об образовании окислителей в воздухе под влиянием действия ультрафиолетовых лучей//Журн. Рус. физ.-хим. о-ва (ЖРФХО). Т. 43; вып. 4. С. 554—561.
2. Über die Entstehung von Oxydationsmittel in der atmosphärischen Luft bei Einwirkung von ultravioletten Strahlen//Ztschr. anorg. Chem. Bd. 71, H. 2. S. 198—205.

1913

3. Über Verbindungen des Plationitrits mit organischen Dithioäthern//Ibid. Bd. 82, H. 4. S. 401—419. В соавт. с Л. А. Чугаевым.

1914

4. О восстановительных свойствах гидросернистой кислоты: Растворение теллура и селена//ЖРФХО. Т. 47. Вып. 1. С. 185—186. В соавт. с Л. А. Чугаевым.
5. Об одновалентном никеле: Предварительное сообщение//Там же. Т. 46. Вып. 3. С. 632. В соавт. с Л. А. Чугаевым.
6. Новый метод определения растворимости при различных тем-

- пературах//Там же. Вып. 8. С. 1659—1668. В соавт. с Л. А. Чугаевым.
7. Beiträge zur Kenntnis des Reduktionsvermögens der Schwefligen Säure. 1. Einwirkung von Natriumhydrosulfit auf Tellur and Selen//Ber. Dtsch. chem. Ges. Bd. 47. S. 1269—1275. В соавт. с Л. А. Чугаевым.
 8. Über ein neues Verfahren zur Löslichkeitsbestimmung bei höheren Temperaturen//Ztschr. anorg. Chem. Bd. 86, H. 2. S. 154—162. В соавт. с Л. А. Чугаевым.
 9. Über die Platinverbindungen der organischen Sulfide, welche den Salzen der ersten Base von Reiset analog sind//Ibid. H. 3. S. 241—256. В соавт. с Л. А. Чугаевым.
 10. Sur quelques composés du nickel monovalent//C. R. Acad. sci. Paris. T. 159, N 1. P. 62—64. В соавт. с Л. А. Чугаевым.

1915

11. Новая находка самородного никелистого железа//Изв. Акад. наук. Сер. 6. Т. 9, № 9. С. 891—901. В соавт. с О. О. Баклунд.
12. Химический состав циркона из Ильменских гор//Там же. № 18. С. 1907—1912.
13. О восстанавливающей способности гидросернистой кислоты. I. Действие гидросульфита натрия на металлический селен и теллур//ЖРФХО. Т. 47. Вып. 2. С. 364—372. В соавт. с Л. А. Чугаевым.
14. Действие окислителей на комплексные соединения двухвалентной платины//Там же. Вып. 3. С. 777—778. В соавт. с Л. А. Чугаевым.
15. Sur la série des sels hydroxo-pentamino-platiniques//C. R. Acad. sci. Paris. T. 161, N 23. P. 699—700. В соавт. с Л. А. Чугаевым.

1916

16. Литий и его соединения, их техническое применение и нахождение в русских минералах. Пг.: Акад. наук. 38 с. (Материалы для изуч. естеств. производ. сил России; Вып. 3).
17. К методике определения буре и борной кислоты в минеральной воде//ЖРФХО. Т. 48. Вып. 6/7. С. 1768.
18. К методике качественного и количественного определения иридия// Там же. Вып. 8/9. С. 1957.

1917

19. Получение сернокислого гидразина и азиды натрия//Там же. Т. 49. Вып. 1/2. С. 82—87. В соавт. с Б. П. Орелкиным и И. И. Черняевым.
20. Об издании «Материалов по химико-техническим и химико-экономическим вопросам»//Бюл. Осведом. стат. бюро при хим. отд. Пг. № 9. 1 июля 1917 г. С. 310—314.

1918

21. Бор//Естественные производительные силы России. Пг. Т. 4. Вып. 38. С. 1—8.
22. Литий//Там же. Вып. 41. С. 1—7.
23. Бор//Хим.-техн. справ./Под общ. ред. А. Е. Ферсмана. Пг.: НХТИ. Т. 1: Ископаемое сырье. С. 9—11.
24. Литий, рубидий и цезий. Цирконий//Там же. С. 74—76; 154—155.

25. Несколько слов о применении радиоактивных элементов в военной технике и о возможном будущем радиевой промышленности в России//Бюл. Осведом. стат. бюро при хим. отд. Пг. № 17. 15 янв. 1918 г. С. 677—684.

1919

26. Бор и его соединения, их свойства, применение и нахождение в пределах России и в смежных с нею областях. Пг.: 2-я гос. тип. 86 с. (Материалы для изуч. естеств. производ. сил России; Вып. 33).

1920

27. К вопросу о применении метода механического обогащения при технической переработке богатых кремнеземом сульфатов на радий//Сообщения о научно-технических работах в Республике. М.: НТО ВСНХ. Вып. 2. С. 68—70. В соавт. с С. П. Александровым.
28. К вопросу о техническом выделении урана и ванадия из ферганской радиоактивной руды//Там же. С. 74—75. В соавт. с А. Г. Елисеевым.
29. Новая качественная реакция на иридий//Там же. С. 116—117.
30. Колориметрический метод определения небольших количеств иридия в присутствии платины//Там же. С. 117—118.

1921

31. Метод дифференциального восстановления и дифференциального окисления в применении к количественному определению многовалентных металлов//Сообщения о научно-технических работах в Республике. М.: НТО ВСНХ. Вып. 4. С. 219—221.
32. К методике объемного определения ванадия в присутствии железа и урана//Там же. С. 221.
33. Новый метод количественного определения ванадия как в отдельности, так и в присутствии железа и урана//Там же. 221—222.

1922

34. К вопросу об отделении радия от бария//Докл. РАН (А). Янв.-дек. С. 31—33.
35. Получение радиевых солей в России//Успехи физ. наук. Т. 3, вып. 1. С. 99—103.
36. Светящиеся или фосфоресцирующие составы//Природа. № 6/7. Стб. 92—94.

1923

37. Материалы Урмийской экспедиции 1916. Физико-химическая часть. Борнокислые источники Карсской области и северо-западной Персии в физико-химическом и промышленном отношении. Пг.: НХТИ. 110 с.
38. Бор//Хим.-техн. справ. 2-е изд./Под ред. А. Е. Ферсмана, Д. И. Щербакова. Пг.: НХТИ. Т. 1: Ископаемое сырье. Ч. 1: Виды сырья. С. 13—14.
39. Литий, рубидий и цезий//Там же. С. 102—104.
40. Цирконий//Там же. С. 213—214.
41. Получение радия из ферганской руды//Сообщения о научно-технических работах в Республике. Пг.: НХТИ. Вып. 11. С. 67—68.
42. Прямое титрование ванадия, железа и урана солями трехва-

- лентного титана//Докл. РАН (А). Июль-дек. С. 49—51. В соавт. с Л. Э. Кауфман.
43. Дробное осаждение бромистых соединений бария — радия постоянно кипящим гидратом бромисто-водородной кислоты//Там же. С. 52—54. В соавт. с М. А. Пасвик.

1924

44. Радий и его получение из русского сырья. Л.: Изд-во РАН. 176 с. (Тр. по изуч. радия и радиоактив. руд; Т. 1).
45. О работах Льва Александровича Чугаева в области комплексных соединений (первый — московский период): Комплексные соединения органических имидов и металлические соединения альфа-диоксидов//Л. А. Чугаев: Сб. речей и докл., посвящ. его памяти. Л.: НХТИ. С. 60—69.
46. Опыт теории дробной кристаллизации радиоактивных веществ//Докл. РАН (А). Июль-сент. С. 101—104.
47. Новый простой прибор для быстрого количественного определения гелия в природных газах//Там же. С. 121—124. В соавт. с А. И. Лукашук.

1925

48. Литий//Сообщения о научно-технических работах в Республике. Л.: НХТИ. Вып. 19. С. 13—14.
49. К вопросу об определении радия в слаборадиоактивных веществах по гамма-лучам//Докл. РАН (А). Апр.-июнь. С. 77—80. В соавт. с В. И. Барановым и В. А. Соколовым.
50. Образование таллия и ртути из свинца//Природа. № 10/12. Стб. 111—112.
51. Ein neuer einfacher Apparat zur quantitativen Bestimmung von Helium in natürlichen Gasgemischen und Mineralien//Ber. Dtsch. chem. Ges. Jg. 58, H. 10. S. 2392—2396. В соавт. с А. И. Лукашук.
52. Beitrag zur Kenntnis der fractionierten Kristallisation radioaktiver Stoffe, samt dem Versuche einer Theorie dieses Vorganges. I Mitteilung//Ztschr. anorg. allg. Chem. Bd. 143. H. 1/2. S. 97—117.
53. Über die Adsorption des Bariumchlorides durch das kolloidale Mangansuperoxydhydrat in wässrigen Lösungen//Ibid. Bd. 149, H. 1—3. S. 157—166. В соавт. с А. А. Баландиным.

1926

54. Бор//Нерудные ископаемые, Л.: Изд. КЕПС. Т. 1. С. 179—194.
55. Успехи радиоактивности в СССР//Тр. IV Менделеев. съезда по чистой и прикл. химии. Л.: НХТИ. С. 166—176.
56. К вопросу о миграции радиоактивных элементов в земной коре//ДАН СССР (А). Сент. С. 178—180.
57. Содержание гелия в беломорской руде//Там же. Окт. С. 195—198.
58. О соединениях, образуемых платинитритом с органическими дитиоэфирами//Изв. Ин-та по изуч. платины и др. благород. металлов. Вып. 4. С. 79—100. В соавт. с Л. А. Чугаевым.
59. О платиновых соединениях органических сульфидов, аналогичных солям I-го основания Рейзе//Там же. С. 100—117. В соавт. с Л. А. Чугаевым.

60. Выделение чистой платины из платиновой руды (шлихтовой платины)//Там же. С. 317—323. В соавт. с В. В. Лебединским.
61. Новая качественная реакция на иридий и колориметрическое определение небольших количеств иридия в платине//Там же. С. 324—330.
62. Государственный радиевый институт, его задачи и достижения//Науч. работник. № 3. С. 37—44.
63. Über Oxydation von komplexverbindungen des Platins. Abhandlung 1. Oxydation durch Wasserstoffsperoxyd und Oson//Ztschr. anorg. allg. Chem. Bd. 151, H. 3. S. 253—268. В соавт. с Л. А. Чугаевым.

1927

64. Литий, рубидий и цезий//Нерудные ископаемые. Л.: Изд-во АН СССР. Т. 2. С. 213—226.
65. О реакциях окисления комплексных соединений платины. 1. Окисление при помощи перекиси водорода и озона//Изв. Ин-та по изуч. платины и др. благород. металлов. Вып. 5. С. 85—101. В соавт. с Л. А. Чугаевым.
66. Радий и радиоактивность в СССР//Наука и техника СССР. 1917—1927. М.: Работник просвещения. Т. 1. С. 387—401.
67. Beitrag zur Kenntniss der fraktionierten Kristallisation radioaktiver Stoffe, nebst dem Versuche einer Theorie dieses 11 Mitteilungs. Gleichgewicht in dem System Bariumbromid — Radiumbromid, Bromwasserstoffsäure und Wasser bei $t=0^{\circ}$ und $t=25^{\circ}$ //Ztschr. anorg. allg. Chem. Bd. 166, H. 4. S. 311—338. В соавт. с Б. А. Никитиным.

1928

68. Анализ минеральных вод//Хлопин Г. В. Методы санитарных исследований. 1. Анализ питьевых, сточных и минеральных вод. 3-е изд. Л.: НХТИ. С. 297—461.
69. Радий и радиоактивность в СССР. М.: Работник просвещения. 17 с.
70. Химия радиоэлементов//Менделеев Д. И. Основы химии. 9-е (посмерт.) изд. М.; Л.: ГИЗ. Т. 2. С. 601—614.
71. Технология радиоактивных веществ//Там же. С. 615—624.

1929

72. Объемное определение солями трехвалентного титана, ванадия, железа и урана в отдельности и в смесях друг с другом//ЖПХ. Т. 2, вып. 1. С. 91—108. В соавт. с Л. Э. Кауфман.
73. К вопросу о существовании гриммовских смешанных кристаллов нового рода//ЖРФХО. Т. 61, вып. 9. С. 1946. В соавт. с Б. А. Никитиным.
74. Über die Verteilung der radioaktiven Stoffe zwischen fester kristallinischer und flüssiger Phase. IV. Die Verteilung des Radiums zwischen festem kristallinischem Bariumnitrat und seiner gesättigten wässrigen Lösung bei $t=0^{\circ}$ und $t=25^{\circ}$ //Ztschr. phys. Chem. Abt. A. Bd. 145, H. 1. S. 57—66. В соавт. с А. Е. Полесидким и П. И. Толмачевым.
75. Über die Verteilung der radioaktiven Stoffe zwischen fester kristallinischer und flüssiger Phase. V. Die Verteilung des Radiums zwischen Mischkristallen von Barium und Bleinitrat verschiedener Zusammensetzung und ihrer gesättigten wässe-

- rigen Lösungen bei $t=25^\circ$ //Ibid. S. 67—78. В соавт. с А. Е. Полескиким.
76. Zur Frage nach der Existenz der neuartigen Mischkristalle von dem Typus $BaSO_4$ und $KMnO_4$. Ein Anwendung der Methode der radioaktiven Indicatoren//Ibid. H. 2. S. 137—151. В соавт. с Б. А. Никитиным.
77. Über das Löslichkeitprodukt von extrem schwerlöslichen Salzen//Naturwiss. Jg. 17, H. 49. S. 959.

1930

78. К вопросу о содержании радия в нефтяных водах Грозненского района//ДАН СССР (А). № 15. С. 393—398. В соавт. с Б. А. Никитиным.
79. О распределении радиоактивного вещества между твердой кристаллической и жидкой фазами. 6. Распределение радия между кристаллами азотнокислого свинца и их насыщенными растворами при $t=0^\circ$ и $t=25^\circ$ //Там же. № 27. С. 723—730. В соавт. с А. П. Ратнером.
80. Может ли существовать истинное равновесие между смешанными кристаллами и раствором, из которого они выделились//ЖРФХО. Т. 62, вып. 10. С. 2354—2356.
81. К теории дробной кристаллизации редких земель//Там же. С. 2356.
82. Природные газы, их изучение и использование//Природа. № 5. Стб. 477—492.

1931

83. Что такое радий и как его добывают. Л.: ОНТИ. 16 с.
84. Аналитические методы определения благородных газов в газовых смесях//Природные газы. Л.: ОНТИ. Сб. 2. С. 21—60.
85. Геохимия благородных газов и радиоактивность//Там же. С. 61—82.
86. К геохимии благородных газов//ДАН СССР (А). № 11. С. 296—303.

1932

87. Анализ минеральных вод//Хлопин Г. В. Методы санитарных исследований. 2-е изд. Л.: НХТИ. Т. 1, вып. 2. С. 3—186.
88. Природные газы, их изучение, добывание и использование/Под ред. В. И. Вернадского. Л.: Изд-во АН СССР. 73 с.
89. Простой прибор для определения благородных газов в газовых смесях//Природные газы. Л.: ОНТИ. Сб. 4—5. С. 62—74. В соавт. с Э. К. Герлингом.
90. Об исследовании на радий нефтяных месторождений Союза//ДАН СССР (А). № 3. С. 55—59. В соавт. с В. И. Вернадским.
91. О распределении растворенного вещества между твердой кристаллической и жидкой фазами. 7. Распределение радия между кристаллами азотнокислого бария и его насыщенным раствором, содержащим азотную кислоту при $t=0^\circ$ и 25° //Изв. АН СССР. ОМОН. № 1. С. 43—49. В соавт. с П. И. Толмачевым.

1933

92. Методы газового анализа. Л.: ОНТИ. 18 с. (Природные газы СССР: Сб. статей/Под ред. И. М. Губкина, А. Е. Ферсмана и Б. С. Швецова; Вып. 5).

1934

93. О выделении гелия из минералов и горных пород//ДАН СССР. Т. 3, № 2. С. 121—127. В соавт. с Э. К. Герлингом и Э. М. Иоффе.
94. К геохимии гелия//Там же. № 5. С. 369—376.
95. Исследования по химии полония. 1. О соединениях двухвалентного полония//Там же. Т. 4, № 8/9. С. 433—439. В соавт. с А. Г. Самарцевой.
96. Гелий и радиоактивность//Сорена. № 10. С. 18—22.
97. Experiments on evaluation of helium from radioactive minerals and rocks//Nature. Vol. 133, N 3349. P. 28. В соавт. с Э. К. Герлингом и Э. М. Иоффе.

1936

98. Методы определения геологического возраста, основанные на явлении радиоактивного распада//Академику В. И. Вернадскому к 50-летию научной и педагогической деятельности. М.: Изд-во АН СССР. Т. 1. С. 397—419.
99. К вопросу о химической природе продуктов искусственного распада урана: (Предвар. сообщ.)//Там же. С. 539—546. В соавт. с М. А. Пасвик-Хлопиной.
100. Исследования над выделением гелия из минералов и горных пород: Сообщ. 1. Влияние различных факторов на выделение гелия из минералов//Природные газы. Л.; М.: ОНТИ. Сб. 11. С. 105—142. В соавт. с Э. К. Герлингом и Э. М. Иоффе.
101. О некоторых фтористых соединениях четырехвалентного урана и возможности количественного определения урана в форме фторида//ЖОХ. Т. 6, вып. 11. С. 1701—1714. В соавт. с Э. К. Герлингом.

1937

102. Радиоактивность и тепловой режим Земли//Изв. АН СССР. ОМОН. Сер. геогр. и геофиз. № 2. С. 207—224.

1938

103. Распределение электролита между твердой кристаллической и жидкой фазами//Тр. Гос. радиевого ин-та. Т. 4. С. 34—83.
104. Кислородный метод определения геологического возраста по атомному распаду и его применение к определению возраста карельских уранинитов и уранинитов из Вильберфорса и Южной Дакоты//Изв. АН СССР. ОМОН. Сер. хим. № 2. С. 489—497.
105. Геологический возраст уранинитов и монацитов из пегматитовых жил Северной Карелии//Там же. С. 499—508. В соавт. с М. Е. Владимировой.
106. Задачи, структура и деятельность Радиевого института Академии наук СССР//Вестн. АН СССР. № 7/8. С. 32—41.

1939

107. Деление ядер урана под действием нейтронов и вопрос о существовании трансуранов//ДАН СССР. Т. 24, № 2. С. 117—120. В соавт. с М. А. Пасвик-Хлопиной и Н. Ф. Волковым.
108. Division of uranium nuclei under the action of neutrons and the problem of the existence of transuraniums//C. R. Acad. Sci. USSR. Vol. 24, N 2. P. 118—121. В соавт. с М. А. Пасвик-Хлопиной и Н. Ф. Волковым.

109. О новом типе деления ядра урана//ДАН СССР. Т. 24, № 7. С. 665—666. В соавт. с М. А. Пасвик-Хлопиной и Н. Ф. Волковым.
110. Über eine neue Art des Teilungsprozesses des Urankernes//C. R. Acad. Sci. USSR. Vol. 24, N 7. P. 665—667. В соавт. с М. А. Пасвик-Хлопиной и Н. Ф. Волковым.
111. К вопросу о химической природе продуктов деления ядра урана под действием нейтронов. I//ДАН СССР. Т. 24, № 9. С. 847—850. В соавт. с М. А. Пасвик-Хлопиной и Н. Ф. Волковым.
112. К вопросу о химической природе продуктов деления ядра урана под действием нейтронов. II//Там же. С. 851—853. В соавт. с М. А. Пасвик-Хлопиной и Н. Ф. Волковым.
113. Zur Frage über die chemische Natur der Producte, welche bei der Teilung des Urankernes unter Einwirkung von Neutronen entstehen. I//C. R. Acad. Sci. USSR. Vol. 24, N 9. P. 847—850. В соавт. с М. А. Пасвик-Хлопиной и Н. Ф. Волковым.
114. Zur Frage über die chemische Nature der Producte, welche bei der Teilung des Urankernes unter Einwirkung von Neutronen entstehen. II//Там же. P. 851—853. В соавт. с М. А. Пасвик-Хлопиной и Н. Ф. Волковым.
115. Получение, изучение и практическое применение искусственных радиоактивных элементов//Вестн. АН СССР. № 11/12. С. 174—190.
116. Адсорбция радия на серноокислом свинце//ЖФХ. Т. 13, вып. 8. С. 1145—1153. В соавт. с В. И. Кузнецовой.

1940

117. К вопросу о строении псевдосмешанных кристаллов типа азотнокислый барий — метиленовая синь//Там же. Т. 14, вып. 7. С. 941—952. В соавт. с М. А. Толстой.
118. Химическая природа продуктов деления тяжелых ядер//Изв. АН СССР. Сер. физ. Т. 4, № 2. С. 305—309.
119. Пути использования радиоактивных элементов и элементарных частиц//Там же. С. 332—341.
120. Памяти Льва Владимировича Мысовского//Успехи физ. наук. Т. 23, вып. 1. С. 1—12.

1941

121. Радиоактивность и содержание гелия в бериллиевых, борных и литиевых минералах СССР//ДАН СССР. Т. 32, № 9. С. 637—640. В соавт. с Ш. А. Абидовым.
122. Превращение элементов и периодический закон//ЖОХ. Т. 11, вып. 12. С. 1049—1068.
123. Макс Абрамович Блох: (Некролог)//Успехи химии. Т. 10, вып. 4. С. 501—504.

1942

124. О некоторых физико-химических свойствах фтористых соединений четырехвалентного урана//Изв. АН СССР. ОХН. № 2/3. С. 87—97. В соавт. с М. Л. Ященко.
125. Химия в Академии наук СССР за 25 лет//Там же. № 6. С. 333—365.
126. К передовым людям всех стран мира//Природа. № 1/2. С. 3—4. В соавт. с В. Л. Комаровым, О. Ю. Шмидтом, Е. А. Чудковым и др.

127. Гитлеризм — смертельная угроза человечеству//Вестн. АН СССР. № 1. С. 26—27. В соавт. с В. Л. Комаровым, О. Ю. Шмидтом, Е. А. Чудаковым и др.

1943

128. Окислительно-восстановительные потенциалы в системе $UO_2SO_4-U(SO_4)_2$ в зависимости от кислотности раствора//Изв. АН СССР. ОХН. № 4. С. 271—279. В соавт. с А. М. Гуревич.
129. Окислительно-восстановительные потенциалы в системе $U(SO_4)_2-U_2(SO_4)_3$ в зависимости от кислотности раствора//Там же. № 5. С. 381—388. В соавт. с А. М. Гуревич.

1944

130. Превращение элементов и периодический закон//Успехи химии. Т. 13, вып. 3. С. 181—202.
131. Успехи радиохимии в СССР//Советская химия за 25 лет (1917—1942): Сб. статей. М.; Л.: Изд-во АН СССР. С. 49—58.

1945

132. Химия в Академии наук в советский период//Очерки по истории Академии наук: Химические науки//Под ред. С. И. Вольфовича. М.; Л.: Изд-во АН СССР. С. 38—110. В соавт. с А. А. Баландиным и С. А. Погодиным.
133. Памяти А. Е. Полесицкого-Яхнина (1907—1944)//Успехи химии. Т. 14, вып. 2. С. 171—176.
134. Радиевый институт Академии наук СССР/Научно-исследовательские работы химических институтов и лабораторий Академии наук СССР за 1941—1943 гг.: Сб. реф. М.; Л.: Изд-во АН СССР. С. 255—256.
135. Работа бригады по мобилизации природных химических ресурсов Поволжья и Татарии//Там же. С. 320. В соавт. с А. Е. Арбузовым, А. Е. Порай-Кошицем, Н. Н. Качаловым и др.

1947

136. О нахождении в природе некоторых устойчивых продуктов самопроизвольного деления урана//Изв. АН СССР. ОХН. № 6. С. 599—604. В соавт. с Э. К. Герлингом и Н. В. Барановской.
137. Новый метод определения абсолютного геологического возраста минералов//ДАН СССР. Т. 58, № 7. С. 1415—1417. В соавт. с Э. К. Герлингом.
138. Краткий очерк истории развития радиевого дела в России//25 лет Радиевого института: Сб. статей. М.; Л.: Изд-во АН СССР. С. 3—17.

1948

139. Новые данные в геохимии инертных или благородных газов//ДАН СССР. Т. 61, № 2. С. 297—300. В соавт. с Э. К. Герлингом.

1949

140. Адсорбция радия на серноокислом свинце в присутствии поверхностно-активных веществ//Изв. АН СССР. ОХН. № 5. С. 460—472. В соавт. с М. С. Меркуловой.
141. Распределение радия между расплавом и кристаллами неизоморфной соли//ДАН СССР. Т. 65, № 1. С. 33—36. В соавт. с В. Р. Клокман.

142. Распределение радия между расплавом и кристаллами изоморфных солей//Изв. АН СССР. ОХН. № 3. С. 254—262. В соавт. с В. Р. Клокман.
143. Распределение изотопов тория между кристаллами фтористого лантана и их насыщенным раствором с 3%-ной и 12%-ной HNO_3 при температуре 100° //ДАН СССР. Т. 65, № 6. С. 861—864. В соавт. с М. С. Меркуловой.
144. К вопросу о содержании гелия в бериллиевых, борных и литиевых минералах//Там же. Т. 66, № 5. С. 893—894.
145. К вопросу об определении абсолютного геологического возраста по гелиевому методу на нерадиоактивных минералах с плотной кристаллической упаковкой//Там же. Т. 69, № 6. С. 825—828.

1950

146. Общий метод определения состава и молекулярной структуры химического соединения элементов, находящихся в радиохимических, т. е. невесомых, количествах//Там же. Т. 71, № 5. С. 901—903.
147. О механизме достижения равновесия при распределении микрокомпонента между твердой кристаллической изоморфной фазой и расплавом//Изв. АН СССР. ОХН. № 2. С. 127—136. В соавт. с В. Р. Клокман, А. Н. Муриным и В. Д. Нефедовым.
148. Распределение радия между кристаллами фтористого лантана и их насыщенным раствором в 3%-ной азотной кислоте при температуре 100° //ДАН СССР. Т. 71, № 4. С. 689—691. В соавт. с М. С. Меркуловой.

1957

149. Избранные труды. М.; Л.: Изд-во АН СССР. Т. 1: Труды в области радиохимии. 372 с.; Т. 2: Труды по неорганической и аналитической химии и по геохимии. 306 с.

III. Литература о В. Г. Хлопине

1. Беркенгейм Б. М. Действительные и почетные члены Академии наук химической специальности: (К 220-летию Академии наук СССР)//Успехи химии. 1945. Т. 14, вып. 2. С. 97—123.
2. 220 лет Академии наук СССР: Справ. кн. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1945, 327 с.
3. Погодин С. А. Из истории химии в Академии наук за 220 лет//Изв. АН СССР. ОХН. 1945. № 3. С. 179—194.
4. Никитин Б. А. Научные труды и производственные достижения//Виталий Григорьевич Хлопин. М.; Л.: Изд-во АН СССР. 1947. С. 9—15 (Материалы к библиографии ученых СССР. Сер. хим. наук; Вып. 4).
5. Баландин А. А., Беркенгейм Б. М., Несмеянов А. Н. Советская химия к тридцатилетию Великой Октябрьской социалистической революции//Успехи химии. 1947. Т. 16, вып. 5. С. 513—532.
6. Гринберг А. А. Хлопин Виталий Григорьевич: (к 60-летию со дня рождения)//Там же. 1950. Т. 19, вып. 2. С. 137—141.
7. Никитин Б. А., Старик И. Е. Виталий Григорьевич Хлопин (К 60-летию со дня рождения)//Изв. АН СССР. ОХН. 1950. № 2. С. 121—126.
8. В. Г. Хлопин: (Некролог)//Вестн. АН СССР. 1950. № 8. С. 59.

9. Академик В. Г. Хлопин: (Некролог)//Изв. АН СССР. ОХН. 1950. № 5. С. 449.
10. Виталий Григорьевич Хлопин (26.01.1890—10.07.1950): (Некролог)//ДАН СССР. 1950. Т. 73, вып. 4. С. 629—630.
11. Академик В. Г. Хлопин: (Некролог)//ЖФХ. 1950. Т. 24, вып. 8. С. 897—898.
12. Виталий Григорьевич Хлопин (1890—1950): (Некролог)//ЖАХ. 1950. Т. 5, вып. 5. С. 259—261.
13. Виталий Григорьевич Хлопин: (Некролог)//Успехи химии. 1950. Т. 19, вып. 4. С. 400.
14. *Спицын Викт. И., Баранов В. И.* Из истории работ по радиоактивности в Московском университете//Радиохимия: Сб. работ. М.; Изд-во МГУ, 1952. С. 5—26.
15. *Ратнер А. П.* Академик Виталий Григорьевич Хлопин: (Биограф. очерк)//Хлопин В. Г. Избр. тр. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957. Т. 1. С. 5—14.
16. *Старик И. Е.* Памяти Виталия Григорьевича Хлопина (1890—1950)//Тр. Радиевого ин-та им. В. Г. Хлопина. 1957. Т. 6. С. 5—11.
17. *Вдовенко В. М., Мурин А. Н., Перфилов Н. А.* и др. Развитие науки об атомном ядре//Атомная энергия в мирных целях. Л.: Госэнергиздат, 1957. С. 7—28.
18. Хлопин Виталий Григорьевич//Биограф. слов. деятелей естествознания и техники/Отв. ред. А. А. Зворыкин. М.: БСЭ. 1959. Т. 2. С. 336—337.
19. К семидесятилетию со дня рождения Виталия Григорьевича Хлопина//Радиохимия. 1960. Т. 2, вып. 2, с. 137—143.
20. *Зайцева Л. Л.* Виталий Григорьевич Хлопин//Письма Хлопина в Архиве Академии наук СССР//Вопр. архивоведения. 1960. № 7(17). С. 62—66.
21. Письма В. Г. Хлопина к В. И. Вернадскому (1916—1943)/Сост. Л. Л. Зайцева и Б. В. Левшин; Под общей ред. В. И. Баранова и Н. Г. Хлопина. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. 90 с.
22. *Вдовенко В. М.* Академик В. Г. Хлопин (1890—1950): Научная деятельность. М.: Госатомиздат, 1962. 128 с.
23. *Савич И. А.* В. Г. Хлопин — выдающийся советский радиохимик. М.: Знание, 1962. 32 с.
24. *Вдовенко В. М.* Радиохимия//Развитие общей, неорганической и аналитической химии в СССР. М.: Наука, 1967. С. 196—213.
25. *Вдовенко В. М., Курчатov Б. В.* Первый советский плутоний//Радиохимия. 1968. Т. 10, вып. 6. С. 696—704.
26. *Вдовенко В. М.* Современная радиохимия. М.: Атомиздат, 1969. 544 с.
27. *Старик И. Е.* Основы радиохимии. 2-е изд., доп. Л.: Наука, 1969. 647 с.
28. Хлопин Виталий Григорьевич//Архив Академии наук СССР: Обзорение архивных материалов. Л.: Наука, 1971. Т. 6. С. 34—39. (Тр. Архива; Вып. 24).
29. Радиевый институт им. В. Г. Хлопина: К 50-летию со дня основания. Л.: Наука, 1972. 243 с.
30. *Емельянов В. С.* С чего начиналось. М.: Сов. Россия, 1979. 271 с.
31. *Калинин Б. Н., Юревич П. П.* Памятники и мемориальные доски Ленинграда: Справочник. 3-е изд. Л.: Лениздат, 1979. 519 с.

32. Немчанинова Г. Л., В. Г. Хлопин — основоположник советской радиохимии//Химия в шк., 1980. № 5. С. 9—11.
33. Клокман В. Р. Виталий Григорьевич Хлопин: (К 90-летию со дня рождения)//Радиохимия. 1980. Т. 22, вып. 1, С. 3—9.
34. Никольский Б. Н., Клокман В. Р. Академик В. Г. Хлопин: У истоков советской радиохимии//Вестн. АН СССР. 1981. № 9. С. 123—130.
35. Лазарев Л. Н., Комлев Л. В., Синицына Г. С., Ковальская М. П., В. Г. Хлопин и урано-плутониевая проблема//Радиохимия. 1982. Т. 24, № 4. С. 401—410.
36. Комлев Л. В., Синицына Г. С., Ковальская М. П., В. Г. Хлопин и урановая проблема//Вопр. истории естествознания и техники. 1982. № 4. С. 63—75.
37. Круглов А. К., Лазарев Л. Н. Радиевому институту им. В. Г. Хлопина 60 лет//Атом. энергия. 1982. Т. 52, вып. 5. С. 291—298.
38. Лазарев Л. Н., Абрамова Н. А. К шестидесятилетию Радиевого института им. В. Г. Хлопина//Вопр. истории естествознания и техники. 1982. № 4. С. 76—86.
39. Петросьянц А. М. Атомная энергия в науке и промышленности. М.: Энергоатомиздат, 1984. 448 с.
40. Академик В. Г. Хлопин: Очерки, воспоминания современников. Л.: Наука, 1987. 228 с.
41. Виноградов А. П. Аналитическая химия в СССР/Советская химия за двадцать пять лет. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1944. С. 72—77.

Именной указатель

- Александров С. П. 82, 83, 87
Алиханов А. И. 277
Алхазов Д. Г. 148, 151, 284
Андрусов Н. И. 40
Анненков Ю. П. 34, 35
Анненкова (Хлопина) Н. П. 34
Антонов Г. Н. 51, 79, 163—165
Анучин А. Д. 41
Афанасьев А. П. 60
- Бальзак О. 11
Баранов В. И. 88, 90, 107, 130, 144, 151, 166, 178, 291, 293
Бах А. Н. 174, 175, 183
Башилов И. Я. 69, 72, 73, 81, 82, 85, 102, 118, 173
Белоусов В. В. 131, 156
Бель Ж. А. М. 190
Бертло М. 30, 249, 251, 254, 260, 265
Бирон Е. В. 33
Благоев Д. Н. 16, 17
Боборыкин П. Д. 11, 12
Богоявленский Л. Н. 55, 56, 58—61, 63—66, 68—70, 82, 100, 109, 118, 120, 124, 141, 151, 179, 292
Богоявленский М. Л. 7, 141
Бор Н. 169, 267
Боргман И. И. 32
Боровик С. А. 151
Бородовский В. А. 51, 79, 118, 163
Бразмейстер К. А. 148
Бруновский Б. К. 293
Бубнов С. Ф. 20
Бурже П. Ш. Ж. 12
Бурксер Е. С. 162, 178, 293
- Бутлеров А. М. 11, 14, 190
Бутомо С. В. 6
- Вавилов С. И. 277
Вагнер Е. Е. 14
Валлах 36
Вальден П. И. 41
Вант-Гофф Я. Х. 190, 249, 251
Васильев В. И. 278
Введенский Н. Е. 33
Вдовенко В. М. 6, 308
Векслер В. И. 277
Вериго А. Б. 118, 151, 155, 178
Вернадский В. И. 5, 8, 34, 40—42, 48, 49, 51, 52, 56, 57, 60, 69, 78, 79, 83, 86, 90, 96, 98, 101, 102, 113, 116, 118, 120, 124—127, 129—134, 144—146, 148, 150—157, 161, 170, 177—179, 231, 266, 274, 276, 277, 288, 289, 291, 300
Вернер А. 190, 191, 193, 197
Вернов С. Н. 179
Вильсон Ч. Т. 272
Винклер К. 73
Виноградов А. П. 151, 187, 277
Владимиров Н. А. 197
Волков Н. Ф. 148, 183
Волков П. А. 74
Вологдин А. Г. 155
Вольфович С. И. 138, 185
Вульф Г. В. 174
- Гамов Г. А. 178
Ган О. 121, 134, 169, 250, 272, 274
Гаршин В. М. 11
Гейгер Г. 272

- Гейровский Я. 169
Герасимов А. П. 128, 130, 131
Герлинг Э. К. 115, 123, 128—131, 141, 151, 156, 157, 179, 214, 232, 284, 298, 299, 303, 305
Глебова В. И. 81, 84—88
Голицын Б. Б. 40
Гольдшмидт В. 260, 261
Горбов А. И. 173
Горбунов Н. П. 65, 97, 98
Горшков Г. В. 272
Горький А. М. 98
Гребенщикова (Кузнецова) В. И. 160, 169, 247, 262, 284
Григорович Д. В. 11
Гримм 258
Гринберг А. А. 138, 142, 150, 189, 214, 284
Гуревич А. М. 171, 179, 224, 284
Гуревич И. И. 148, 284
- Данилевский Г. П. 11, 14
Дарвин Ч. 14
Данн Ж. 55, 120
Дебьерн А. 66, 68, 72, 74, 235, 240, 241, 250
Дейзенрот М. Ю. 151
Дёрнер 257, 265
Джелепов Б. С. 148
Динола 215
- Елисеев А. Г. 69, 74
Ермолин Г. М. 115
Ершова З. В. 88, 89, 158, 159, 166
- Жданов А. П. 151, 156
Жемчужный С. Ф. 204
Жолио-Кюри И. 169
Жолио-Кюри Ф. 169
Жуков И. И. 150, 151
- Зелинский Н. Д. 41, 109, 134
Зельдович Я. Б. 282, 283
Земятченский П. А. 32
Загмонди Р. 28, 121
Зязин А. 15
- Иностранцев А. А. 33
Иоффе А. Ф. 95, 158, 159, 266, 267, 281, 282
Иоффе Э. М. 140, 146, 275, 299
- Каблуков И. А. 41, 173, 174
Ковадеров А. 10
Капица П. Л. 277
Карпинский А. П. 10, 40, 41, 57, 92, 97, 100, 172
Карелин А. И. 308
Карпов Л. Я. 57, 59, 61, 65
Кассо Л. А. 27, 28
Кафтанов С. В. 158, 281
Клаус К. К. 43, 44
Клокман В. Р. 140, 169, 263, 266
Ковальский М. 14
Кокрофт Д. Д. 145
Коловрат-Червинский Л. С. 50, 54, 60—64, 69, 95, 118
Комаров В. Л. 132
Комлев Л. В. 128, 130, 131, 144, 156, 179, 280, 291, 293, 306
Кондратович А. К. 160
Коновалов Д. П. 173, 174
Короленко В. Г. 11, 12
Коштойяц Х. С. 153
Крамской И. Н. 50
Кржижановский Г. М. 277
Крыжановский В. А. 132
Крылов А. Н. 57
Кузнецов Ю. В. 291
Куинджи А. И. 50
Куйбышев В. В. 175
Курбатов В. Я. 63, 151, 183
Курбатов Л. М. 130
Курнаков Н. С. 39—41, 46, 57,

- 60, 61, 74, 96, 109, 170, 173, 181, 187, 205
 Курчатов Б. В. 148, 149, 158, 275
 Курчатов И. В. 147—149, 151, 158, 266, 272, 277, 279, 285
- Лазарев Л. Н. 151, 308
 Лазарев П. П. 27, 173, 277
 Лебедев П. Н. 27
 Лебединский В. В. 25, 26, 43, 44, 46, 47, 96, 192, 202—204
 Лейн А. 130, 304
 Лейпунский А. И. 279
 Ленин В. И. 57, 58, 62, 63, 65, 92, 97, 98, 100
 Линд Р. 134
 Лондон Е. С. 151
 Лосев В. В. 23
 Лоуренс Э. О. 145, 146, 179
 Лукашук А. И. 114, 115, 214, 228—230
 Лукирский П. И. 156
 Луначарский А. В. 57, 58, 93
 Львов М. Д. 11
 Лялин Л. М. 60, 61, 63
- Макмиллан Э. М. 275
 Малатеста 215
 Манандян А. Я. 153
 Мандельштам Л. И. 277
 Маслов П. П. 153
 Матвеев К. К. 62
 Мезерницкий П. М. 60
 Мейер Ст. 121
 Мейтнер Л. 121
 Менделеев Д. И. 11, 14, 73, 145, 181, 183, 273
 Меркулова М. С. 144, 164, 247
 Мещеряков М. Г. 148, 284
 Митчерлик Э. 256, 258, 262
 Миронов С. И. 62
 Михайловский Н. Г. 14
 Мончак В. Л. 105, 142
- Муре Ш. 295
 Мысовский Л. В. 102, 112, 118, 121, 133, 145, 147, 149, 151, 178, 272, 275
- Надсон Г. А. 151
 Надсон С. Я. 12
 Неменов М. И. 95, 96
 Ненадкевич К. А. 41, 50, 280, 289
 Нернст В. 249, 251, 253, 254, 260, 265
 Нефедов В. Д. 7
 Никитин Б. А. 115, 136, 144, 151, 160, 164, 179, 184, 247, 252, 262, 284, 292, 293, 308, 310
 Николаев Д. С. 291
 Никольский Б. П. 6
 Ньютон И. 14
- Образцов В. Н. 153
 Обручев В. А. 41
 Огильви А. И. 178
 Ольденбург С. Ф. 98
 Омелянский В. Л. 106
 Орбели М. Л. 284
 Орелкин Б. П. 205
- Павлов А. П. 41
 Павлов И. П. 41, 57
 Панет Ф. А. 144, 169
 Пасвик (Сердюкова) А. А. 75
 Пасвик-Хлопина М. А. 49, 63, 64, 75, 76, 78, 80, 127, 138, 139, 142, 143, 148, 151, 183, 272
 Пермяков В. М. 28, 130, 179
 Петржак К. А. 140, 149, 155, 156, 183, 270, 275, 284, 303
 Петров Н. Н. 150, 151
 Петров Ф. Н. 113
 Писарев Д. И. 12
 Пишбрам 121
 Подкопаев Н. И. 204

- Полесицкий А. Е. 135, 136, 144, 151, 160, 164, 179, 184, 247, 284, 310
- Полканов А. А. 131
- Прокопенко Н. М. 128
- Прянишников Д. Н. 41
- Раковский А. В. 174
- Рамзай У. 51
- Ратнер А. П. 136, 140, 144, 155, 164, 171, 179, 247, 254, 266, 284, 285
- Резерфорд Э. 51, 144, 145, 171
- Реформатский А. Н. 173
- Рик Г. Ф. 284
- Рождественский Д. С. 173
- Розовская Н. Г. 141, 165, 168
- Ротштейн Ф. А. 153
- Рукавишников В. Н. 147
- Рум Р. Н. 17, 18
- Русинов С. Р. 149, 275
- Савченко В. П. 144
- Садиков В. С. 150, 151
- Самарцева А. Г. 140, 144, 164, 167, 169, 247, 262
- Самойлов Я. В. 41
- Сапожников А. В. 33
- Свитальский 128
- Семенов Н. Н. 146, 150
- Семенов-Тянь-Шанский В. П. 41
- Сеченов И. М. 16
- Сибиряк Д. Н. 11
- Сиборг Т. Г. 275
- Синицына Г. С. 6
- Сканави-Григорьева М. С. 46
- Славянов И. Н. 278
- Содди Ф. 121, 171, 267
- Соколов А. П. 163
- Соколов В. А. 118, 157
- Спицын Викт. И. 158
- Спицын Вл. И. 86, 107, 163
- Сталин И. В. 158
- Старик А. С. 117, 138, 143, 164, 165, 167, 171, 179, 180, 189
- Старик И. Е. 115, 128, 131, 135, 136, 143, 144, 151, 155, 156, 171, 179, 188, 247, 266, 280, 291, 293, 302
- Старик Ф. Е. 293
- Старынкевич-Борнеман И. Д. 6, 50, 139, 151
- Стеглов В. А. 97
- Тагеева Н. В. 6, 116, 117, 125, 127, 142, 167, 168, 225, 293
- Тамм И. Е. 156
- Тамман Г. А. 28, 36, 121, 250
- Тварчелидзе А. А. 50
- Тимирязев К. А. 14, 57
- Тихомиров И. К. 97
- Тищенко В. Е. 32
- Толмачев Г. М. 160, 284
- Толмачев П. И. 90, 115, 144, 151, 164, 247, 294
- Толстой Л. Н. 14
- Томсон Дж. Дж. 51
- Тонков В. Н. 98
- Трифонов Д. Н. 6
- Тур А. Ф. 33
- Унковская В. А. 151
- Уолтон Э. Т. С. 145
- Урбэн Ж. 174
- Усов М. А. 139
- Успенский Г. И. 11
- Ушков П. К. 72, 73
- Фаворский А. Е. 39, 134, 170, 176
- Флянс К. 121
- Ферми Э. 271, 285
- Ферсман А. Е. 41, 46, 50, 51, 56, 57, 60—62, 87, 96, 107, 125, 127, 134, 151, 152, 170, 178, 181, 183, 276—278, 280, 289
- Ферсман Е. М. 278
- Фишер Э. 36
- Флеров Г. Н. 149, 158, 183, 275, 281, 303

- Фомин В. В. 158
Форлендер 30
Франк И. М. 277
Фрейдлих Г. 249
Фридман С. А. 184, 310
Фризендорф 32
Фрицман Э. Х. 201, 208
Фрумкин А. Н. 277
- Харитон Ю. Б. 277, 282, 283
Хвольсон О. Д. 32, 33, 60
Хлопин Г. В. 11, 15—22, 24, 28,
29, 38, 39, 96, 126, 172
Хлопин И. Н. 6
Хлопин Н. Г. 36, 154, 155
Хлопина (Кавадерова) Е. А. 10,
11—15, 17, 23, 139, 161
Хлопина И. Д. 6
Холлер 36
Хоскинс 257, 265
Хофман 36
- Цейтлин С. Г. 225
- Чаплыгин С. А. 153
Черепенников А. А. 124, 144,
292, 293
Черник Г. П. 81
Чернов А. А. 82, 278
Черняев И. М. 25, 46, 47, 96,
199, 205
Чернышевский Н. Г. 13
- Чичибабин А. Е. 173, 174
Чугаев Л. А. 5, 8, 24, 27, 30—
34, 37, 52, 56, 57, 59, 60, 66,
96, 162, 167, 187, 190, 191,
196—199, 201, 202, 205, 208,
209, 212, 213, 217, 218, 220
Чудаков Е. А. 153
- Шапиро Л. Г. 58, 92
Шарягин 139
Шведов В. П. 142
Шеин С. Д. 82
Шелгунов Н. В. 13
Шилов Н. А. 37, 51, 174
Шимкевич 32
Шмидт О. Ю. 152, 153
Шпетный А. И. 277
Штрассман Ф. 272
Шубников А. В. 151
Шулейкин М. В. 139
Шульц 191
- Щербаков Д. И. 51, 151, 185,
277, 280, 281
Щукарев С. А. 151
- Эрисман Ф. Ф. 19
- Яковкин А. А. 61, 63
Яковлев К. П. 163
Яценко-Ковалевская М. Л.
140, 171, 284, 287

Содержание

От автора	5
Жизненный путь	8
Семья Хлопиных. Детство	10
Годы учебы	21
Первые шаги в науке	37
У истоков радиевого производства	57
Государственный радиевый институт	91
В Великую Отечественную...	153
Педагогическая и общественная деятельность	161
Научная деятельность	187
Исследования в области неорганической и аналитической химии	189
Химия и технология радиоактивных элементов	233
Урановая проблема	266
Геохимические исследования	288
Основные даты жизни и деятельности В. Г. Хлопина	309
Библиография	312
I. Источники	312
II. Основные труды В. Г. Хлопина	315
III. Литература о В. Г. Хлопине	324
Именной указатель	327

Ушакова Н. Н.

У93 Виталий Григорьевич Хлопин (1890—1950).—
М.: Наука, 1990.— 334 с., ил.
ISBN 5-02-006067-4

Книга посвящена жизни и научной деятельности видного советского радиохимика, академика В. Г. Хлопина — одного из создателей теоретических основ радиохимии, организатора отечественной радиевой и гелиевой промышленности, активного участника решения атомной проблемы в нашей стране. В. Г. Хлопин является основоположником школы советских радиохимиков, получившей в наши дни блестящее развитие. Написанная на основе большого числа литературных и архивных источников, воспоминаний соратников и друзей ученого книга дает живое представление о талантливом исследователе и замечательном человеке.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся историей отечественной науки.

Научное издание

Ушакова **Нина Николаевна**

Виталий Григорьевич Хлопин

1890—1950

Утверждено к печати
редколлегией научно-биографической серии
Академии наук СССР

Редактор издательства **В. П. Большаков**
Художественный редактор **А. В. Здрилько**
Технические редакторы **Т. А. Калинина, И. В. Чудецкая**
Корректоры **И. Г. Коваленко, Ю. Л. Косорыгин**

ИБ № 47225

Сдано в набор 20.03.90

Подписано к печати 02.08.90

Формат 84×108^{1/32}

Бумага книжно-журнальная

Гарнитура литературная

Печать высокая

Усл. печ. л. 17,64. Усл. кр. отт. 17,85. Уч.-изд. л. 18,3.

Тираж 2100 экз. Тип. зак 4397

Цена 1 р. 20 к.

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство «Наука»

117864, ГСП-7, Москва, В-485,

Профсоюзная ул., 90

2-я типография издательства «Наука»
121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 6

**В издательстве «Наука»
готовятся к выпуску книги**

Зонн С. В.

**Василий Васильевич Докучаев
(1846—1903)**

18 л. 1 ф. 20 к.

Книга является научной биографией выдающегося русского ученого Василия Васильевича Докучаева, создавшего стройное учение о происхождении географии почвы как природного тела и предсказавшего развитие новой науки — экологии, в которой он отводил почве главенствующую роль в отражении всех экологических (биогеоценотических) изменений. Автор — доктор сельскохозяйственных наук С. В. Зонн провел обстоятельный анализ основополагающих трудов В. В. Докучаева, особенно «Русского чернозема», в котором впервые излагалось учение о почвообразовании и почвах в генетическом аспекте. В работе показана роль созданного В. В. Докучаевым учения в развитии географии, сельского и лесного хозяйства, а также общественно-научная деятельность ученого.

Для читателей, интересующихся развитием отечественной науки.

Козлов И. В., Козлова А. В.

Петр Петрович Семенов-Тянь-Шанский

17 л. 1 р. 10 к.

Книга является научной биографией одного из самых выдающихся ученых и общественных деятелей России второй половины XIX — начала XX в.— Петра Петровича Семенова, к фамилии которого в 1906 г. было добавлено «Тянь-Шанский», так как его экспедиции открыли для науки эту горную страну. Авторы на основе опубликованных трудов ученого и обширного архивного материала осветили деятельность П. П. Семенова-Тянь-Шанского по организации крупнейших русских экспедиций, созданию Русского географического общества и статистической службы в России, его вклад в теорию и историю географической науки и искусствоведение, в пополнение коллекций Эрмитажа.

Для читателей, интересующихся историей отечественной и мировой науки.

Н.Н.Ушакова **Виталий Григорьевич ХЛОПИН**



Н.Н.Ушакова

Виталий Григорьевич

ХЛОПИН

1 р. 20 к.

