

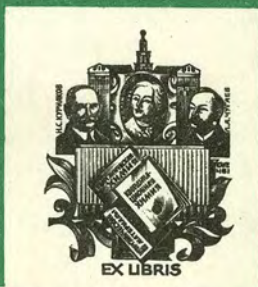
Ю.И. Соловьев



ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ  
И  
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ  
ХИМИИ

им. Н.С. Курнакова

РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



*Исторический очерк*

НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИОНХА  
НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
К НАЧАЛУ 1980-х годов

Современный научно-технический прогресс во многом основывается на массовом производстве многочисленных неорганических веществ, материалов и продуктов, необходимых для микроэлектроники, ядерной энергетики, электротехнической промышленности и других отраслей народного хозяйства. Новые потребности поставили перед ИОНХом задачи, связанные с созданием научных основ целенаправленного поиска неорганических материалов с заранее заданными свойствами, необходимыми для оптимального использования материала в различных областях техники<sup>1</sup>.

Институт занял лидирующее положение в области синтеза новых неорганических соединений, изучения их свойств и строения с целью развития теоретической и экспериментальной неорганической химии, создания новых неорганических материалов. Большой цикл работ был посвящен исследованию свойств координационных соединений различных классов с целью установления закономерностей, определяющих их строение и свойства.

Институт принимал участие в разработке следующих общеакадемических научных направлений: "Неорганическая химия", "Химическая термодинамика", "Химия и технология полупроводников", "Теоретические основы химической технологии".

К началу 1980-х годов в области неорганического материаловедения и установления взаимосвязи между структурой и свойствами были получены следующие результаты:

- открыто свойство химических элементов космического вещества проявлять аномальную коррозионную устойчивость в земной атмосфере;
- найдена закономерность морфотропии в гомологических рядах полупроводник-металл, заключающаяся в том, что в указанных рядах переход полупроводник-металл сопровождается направленным дискретным изменением кристаллической структуры;
- получила признание другая важная закономерность изменения электропроводности смешанных оксидов платинового и неблагородного металлов: характер электропроводности оксида определяется электронной конфигурацией иона платинового металла;
- выполнен цикл фундаментальных исследований в области разработки методов синтеза, изучения строения и свойств конденсированных фосфатов многовалентных металлов, раскрыты общие закономерности, управляющие реакциями образования конденсированных фосфатов, и синтезировано большое число неорганических полимеров с ценными для практики свойствами.

<sup>1</sup>Более подробно см.: Исследования по неорганической химии и химической технологии. М.: Наука, 1988. 327 с.; см. также: Новые вещества и материалы, процессы их получения и обработки // Вестн. АН СССР. 1989. № 3. С. 15-26.

- В области координационной химии развиты новые направления:
  - химия кластеров металлов платиновой группы;
  - стереохимия комплексов с кратными связями;
  - взаимное влияние лигандов в комплексах переходных и непременных элементов;
  - биокординационная химия;
  - химия комплексов макромолекул;
  - магнитная спектроскопия центральных ионов;
  - химия комплексов в неводных средах;
  - структурная химия катализаторов;
  - стереохимия межлигандных взаимодействий.

Широкое применение нашла рентгеноэлектронная спектроскопия для анализа поверхности твердых тел, в том числе для большого круга геологических объектов, включая лунный реголит и природное золото, катализаторов и материалов для микроэлектроники. Зарегистрировано как научное открытие свойство ультрадисперсных форм химических элементов космического вещества проявлять аномальную коррозионную устойчивость в земной атмосфере.

Крупными успехами отмечено развитие исследований в области теоретических основ химической технологии, особенно в области гидродинамики, массообмена и теории разделения смесей.

Важные результаты достигнуты в области химии легких элементов, главным образом водорода, бора, кислорода и фтора. Обнаружена новая реакция, ведущая к выделению чистого кислорода.

Сделано обобщение полиэдрических кластерных борводородных структур, которые легли в основу новых разработанных методов синтеза и установления корреляции между параметрами кристаллических структур и физико-химическими свойствами.

На основе изучения интерметаллических соединений металлов с водородом разработаны низкотемпературные аккумуляторы водорода. Изучено строение более тридцати комплексных производных фторидов хлора, брома, йода, которые являются сильнейшими окислителями.

Зарегистрировано как открытие явление положительной и отрицательной гидратации ионов, развиты общие основы кинетической теории гидрофобной гидратации, развита модель структуры водных растворов на основе упорядоченности воды. Значителен вклад в химию неводных растворов, открыты процессы ионизации в неполярных растворителях, предложена мера донорной способности растворителей.

На новом уровне развивались работы по физико-химическому анализу, главным образом систем, включающих полупроводниковые и сегнето(пьезо)-электрические вещества.

Разработано новое направление по физикохимии и технологии халькогенидных материалов, позволившее впервые в мире наладить серийный выпуск стеклообразных полупроводников для электрографии и бессеребряной фотографии.

В результате фундаментальных исследований безводных перхлоратов открыта новая реакция между безводными перхлоратами и пероксидами,

ведущая к выделению чистого кислорода. Энергетика и кинетика реакции такова, что при определенном соотношении компонентов взаимодействие протекает как самораспространяющийся процесс в твердой фазе. Наиболее существенное в этой реакции — сильнейшее каталитическое действие промежуточных и конечных продуктов на термический распад перхлоратов. Новая реакция использована для разработки составов твердых источников медицинского кислорода. Создано несколько композиций, генерирующих кислород, причем выход кислорода в рядовых случаях составляет 320–340 л/кг, а в одном из лучших составов превосходит 370 л/кг.

Разработан метод синтеза перхлоратных соединений германия и олова. Найден узкий интервал температур и концентраций, в котором хлоридогерманаты и хлоридостаннаты щелочных металлов количественно реагируют с безводной хлорной кислотой. Выделены новые перхлораток комплексы (гексаперхлоратогерманат и гексаперхлоратостаннат), отличающиеся высоким содержанием энергетически активного кислорода и перспективные в качестве компонентов составов для генерации кислорода.

Изучение окислительно-восстановительных процессов, протекающих при взаимодействии диаминдинитро- и тетранитросоединений двухвалентной платины с кислотами-неокислителями, позволило не только выявить условия образования двуядерных соединений со связями металл–металл в необычной степени окисления платины  $3^+$ , но также идентифицировать смешанные ацидопероксо- и аквопероксосоединения платины(III), сохраняющие связь металл–металл в составе комплексов. Выявлен механизм обратимой фиксации кислорода кластерными соединениями платины(III) и получены основные продукты промежуточных реакций.

Завершен цикл исследований биядерных фосфатных соединений родия(II) со связью металл–металл. Показана возможность замещения аксиальных аквогрупп в составе тетрагидрофосфатоакводородия лигандами иной природы, а также синтеза биядерных соединений родия(II), содержащих в качестве мостиковых лигандов, наряду с фосфатогруппами, также карбоксилатные анионы. Установлено образование полимерных фосфатных соединений родия(II), сохраняющих связь металл–металл.

С применением метода циркулярного дихроизма исследована стереохимия внутрисферного N-нитрозилирования этилендиамина и денитрозилирования N-нитрозоэтилендиамина в трисаминатах платины(IV) реберного строения на оптически чистых зеркальных изомерах. Показано, что обе реакции протекают без разрыва координационной связи азота этилендиамина с платиной и с сохранением абсолютного расположения донорных атомов, отвечающего абсолютной конфигурации исходного зеркального изомера. Установлена таким образом возможность перехода от оптически чистым зеркальным изомерам *цис*-динитротриаминов платины(IV) оптически чистым изомерам триаминов *цис*-дихлорорядя, минуя стадию расщепления последних на зеркальные антиподы, а также возможность корреляции их абсолютных конфигураций через химические превращения.

Разработаны методы синтеза политанталатов редкоземельных элементов, в том числе ряда новых двойных политанталатов РЗЭ и металлов I группы. На их основе получены монокристаллы и показано, что по совокупности

физических, физико-химических и энергетических характеристик политанталаты представляют собой новый перспективный класс активных материалов с высокой концентрацией активных ионов.

Разработаны методы синтеза всего ряда полиэдрических борводородных соединений на основе термодинамических расчетов устойчивости предельных членов ряда.

Синтезированы полиядерные соединения палладия, содержащие палладий в степенях окисления 0,8+, 1+ и 1,5+. Эти кластеры эффективно катализируют восстановление кислорода водородом, димеризацию этилена в бутены (в отсутствие кислорода), а также с высокой производительностью при селективности, близкой к 100%, осуществляют окислительную этерификацию низших олефинов и алкилароматических углеводородов. Найденные катализаторы открывали новые практические пути получения ценных полупродуктов тяжелого органического синтеза и промышленности душистых веществ — винилацетата, аллилацетата, бензилацетата.

Обнаружена способность фосфидных комплексов платины катализировать в присутствии трифторида бора изомеризацию метилформиата в уксусную кислоту, а также синтез уксусного ангидрида из метилацетата в атмосфере CO, что открывает принципиальную возможность замены родия и иода в промышленных процессах карбонилирования метанола с целью производства уксусной кислоты и уксусного ангидрида.

Развито новое направление в химии поверхности твердых тел, связанное с определением состава, распределения и характера поверхностных химических соединений. Разработан метод количественного анализа сверхтонких пленок на основе рентгеноэлектронного метода с вариацией угловой зависимости интенсивности и послойным ионным травлением поверхности, что представляет интерес при изучении катализа, флотации, коррозии, поверхностной сегрегации, экстракции и других физико-химических процессов на поверхности твердых тел. Разработанный метод применен для исследования широкого круга природных минералов, включая рудное золото, катализаторы, поверхностные покрытия, элементы современной электроники.

В результате исследований растворимости карбонатов кальция и сульфатов кальция и бария в растворе неорганических солей при различных температурах и давлениях применительно к условиям нефтедобычи в нефтеносных зонах Самотлора и Мангышлака установлено, что понижение температуры и давления при подъеме жидкости в скважинах не вызывает понижения растворимости указанных солей и не может быть причиной образования солевых отложений. Пересыщение растворов, приводящее к солеотложению, возникает в нефтеносных пластах при смешении химически разнородных нефтяных и закачиваемых вод. Для удаления карбонатов и сульфатов из закачиваемых в скважины поверхностных вод был предложен метод высаливания этих солей неорганическими высаливателями с добавками поверхностно-активных веществ.

Разработан метод комплексной переработки природных солей полигалитового типа новых калийно-магниевых месторождений, найденных сотрудниками ИОНХа в Южном Приуралье, Прикаспии и Нижнем По-

вожье, с получением бесхлорных минеральных удобрений, содержащих калий, магний, азот, фосфор и бор, а также другие соли и редкие элементы.

Продолжалось физико-химическое исследование гидрохимического режима Кара-Богаз-Гола с выяснением условий сохранения и комплексного использования рассолов залива при недостаточном поступлении каспийской воды в залив.

На примере исследования сплавов серебра с платиновыми металлами показана принципиальная возможность определения платины и ее спутников без перевода последних в раствор методом беспламенной атомной абсорбции. Этот факт открывал путь к разработке эффективных методов анализа продуктов, содержащих благородные металлы.

Разработана методика полярографического определения родия (по каталитическим токам водорода) в пробирных концентратах – никелевых штейнах, с помощью которой проанализирован ряд материалов Норильского комбината с содержанием родия от 0,01 до 30 г/т.

Совместно с Институтом новых химических проблем АН СССР, Всесоюзным институтом минерального сырья Мингео СССР и Институтом неорганической и физической химии АН КиргССР был разработан и проверен на крупноштановой установке Новосибирского оловокомбината процесс химико-металлургического обогащения оловянно-полиметаллических руд месторождения Сарыбулак Восточной Киргизии, который обеспечивает вовлечение в производство труднообогатимых руд уникального месторождения.

С целью получения керамических материалов, обладающих высокой электропроводностью, синтезированы оксокупраты редких земель типа  $\text{Ln}_2\text{CuO}_4$  и смешанные оксокупраты, содержащие два различных лантанида. Показано, что соединение  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  имеет "металлический" характер проводимости, тогда как оксокупраты других редких земель и смешанные оксокупраты являются полупроводниками. Результаты этих исследований указывали на возможность замены некоторыми оксокупратами дорогостоящих и дефицитных материалов на основе оксидов благородных металлов в микроэлектронике, радиотехнике, вычислительной технике, в авионавигационных приборах и других отраслях современной техники.

Разработаны физико-химические основы технологии электронных приборов с зарядовой связью – твердотельных преобразователей изображения в электрические сигналы для среднего инфракрасного диапазона длин волн.

В результате проведенного анализа данных исследования широкого спектра свойств фаз переменного состава – карбидов и нитридов переходных металлов, магнитных полупроводников на основе халькогенидов европия и халькохромитных шпинелей – установлена общая закономерность однотипного характера изменения свойств нестехиометрических фаз и твердых растворов на их основе. Причиной однотипного характера изменения свойств таких фаз является подобие их электронного строения, обусловленное квазиидентичной природой локальных электронных

уровней, которые возникают при отклонении состава от стехиометрического либо в результате легирования (образования твердого раствора). Установленная закономерность открывает возможности тонкого воздействия на параметры фонов спектра фаз переменного состава и способствует целенаправленному получению материалов с заданными электрическими, магнитными, механическими и другими свойствами.

Разработаны промышленные методы выращивания монокристаллов силиката и германата висмута, обладающих рядом ценных физико-химических свойств (пьезоэлектрическими, электрооптическими, фотопроводящими и т.д.), которые выгодно отличают их от известных ранее материалов. Созданы лабораторные методы синтеза ортогерманата висмута стехиометрического состава в гидротермальных условиях и получены его объемные монокристаллы, что позволяет организовать крупное производство этого соединения для нужд ядерной физики, физики высоких энергий, геологии, медицины, ядерной энергетики, космической техники и других областей.

Целенаправленный поиск и синтез новых веществ с необходимыми свойствами стал опираться на представления кристаллохимии как науки, органически дополняющей данные физико-химического анализа. Диаграммы состав–структура и структура–свойство дали возможность учесть все факты, влияющие на свойства вещества. Использование дифрактометров позволило с большой точностью определить кристаллические и молекулярные структуры соединений новых классов. Развивая представления Н.С. Курнакова о диаграммах состав–свойство, академик И.В. Тананаев пришел к выводу, что "если ранее для суждения о возможности вещества быть материалом служила фазовая диаграмма в сочетании с диаграммами состав–свойство соответствующих систем, то в настоящий период ведущим положением следует считать четырехчленную формулу физико-химического анализа, в которую входят структурные характеристики и дисперсность как факторы, влияющие на свойства материалов. В таком виде физико-химический анализ становится всеобъемлющим"<sup>2</sup>. Четырехчленная формула Тананаева нашла плодотворное применение в работах, связанных с изучением неорганических веществ, особенно высококачественной керамики, где дисперсность определяет свойство материала.

В 1980-х годах в ИОНХе были созданы новые лаборатории: неорганических фторидов (1980), особо чистых веществ (1982 г.), физико-химических исследований редких элементов (1985 г.), физикохимии макроциклических комплексов и их аналогов (1985 г.), химии биологически активных координационных соединений (1986 г.), магнитных материалов (1986 г.), теоретических основ химической технологии (1986 г.), химии халькогенидов (1987 г.)<sup>3</sup>.

Мобилизация научного коллектива на решение крупных фундаментальных проблем комплексного характера принесла свои плоды.

<sup>2</sup>Тананаев И.В. // Изв. АН СССР. Неорг. материалы. 1976. Т. 12. С. 157–165.

<sup>3</sup>См. Приложение 5.

Очередная комплексная проверка в 1986 г. научной и научно-организационной деятельности ИОНХа показала:

"1. Исследования и разработки, проводимые в Институте, отвечают профилю его научной деятельности и характеризуются в целом высоким научным уровнем. По всем направлениям имеются существенные научные и практические достижения. По ряду разделов экспериментальной и теоретической неорганической химии, в том числе координационной химии, физико-химического анализа, спектроскопии молекул, Институт занимает ведущие позиции в отечественной и мировой науке.

2. Институт активно участвует в решении важнейших научно-технических проблем, проводя работы по заданиям 14 общесоюзных научно-технических программ и выполняя большое число исследований по указаниям директивных органов... От внедрения разработок института в народное хозяйство в 1984–1986 гг. получен экономический эффект около 40 млн руб."<sup>4</sup>.

Наиболее существенные практические результаты, полученные в институте к 1986 г., заключались в следующем:

1. Разработан способ очистки от мышьяка технологических растворов с высокой концентрацией летучих кислот. Концентрация мышьяка в растворах понижается более чем в 100 раз, в 4–5 раз сокращается количество твердых токсичных отходов.

2. В Дзержинском филиале ГИАПа было начато проектирование по данным ИОНХа производства дифенилметандиизоцианата мощностью не менее 5 тыс. т в год, в котором предполагалось заложить узел кристаллизации из стекающей пленки расплава.

3. На основе разработок ИОНХа принято решение о строительстве двух заводов по производству муравьиной кислоты (по 40 тыс. т каждый) из окиси углерода и воды.

4. Разработаны новые некоррозионные антифризы для борьбы с гололедом на аэродромах и со смерзанием грунтов при строительстве.

5. Разработан способ получения сырья для выплавки высококачественного кварцевого стекла.

6. Получены и исследованы новые составы тонких защитных покрытий поверхности элементов конструкций изделий пьезоэлектроники.

Ряд разработок института позволял рекомендовать их для внедрения в производство в 1986–2000 гг.:

– технология монокристаллов и сцинтилляционных счетчиков на основе соединений типа  $Bi_4Cr_3O_{12}$  для нужд атомной техники, медицины, геологии, космической техники;

– технология высокочистых металлоорганических соединений для получения материалов микроэлектроники типа АШВVI и АШВV;

– освоение массового производства монокристаллов для оптоакустических и оптоэлектронных устройств (пространственно-временных модуляторов света, линий задержек электромагнитных сигналов, филь-

<sup>4</sup>Постановление Бюро Отделения физикохимии и технологии неорганических материалов от 21.X.1986 г. (Архив ИОНХа).

ров промежуточной частоты) на основе силикатов, германатов и титанатов со структурой типа силленита;

– технология и промышленное освоение сложных полупроводников на основе элементов V–VI групп для получения запорных слоев фоточувствительной мишени телевизионных передающих трубок с повышенными светотехническими параметрами;

– технология и промышленное освоение выпуска светопрозрачных материалов на основе полисветана для сельского хозяйства;

– внедрение новой конструкции кварцевого резонатора на основе новых материалов для электродов и защитного покрытия, которая обеспечивает более высокие, чем существующие, производственные показатели, такие, как старение, устойчивость к повышенной температуре и др., а также экономию драгоценных металлов;

– научные основы производства муравьиной кислоты из оксида углерода и воды;

– научные основы и промышленная реализация метода кристаллизации из стекающей пленки расплава для разделения и очистки веществ, и в частности для очистки монохлоруксусной кислоты и разделения изоцианатов;

– освоение в практике проектирования теплообменной аппаратуры, методов расчета процессов абсорбции и десорбции в пленочных аппаратах, работающих в режиме нисходящего прямотока, в том числе для труб с шероховатой поверхностью;

– технология монокристаллов фосфидов и арсенидов цинка и кадмия, используемых в качестве диффузانتов для изготовления электронодырочных переходов в арсениде и фосфиде галлия;

– применение новых конструкций завихрителей потока в криогенной технике и в процессах химической технологии;

– технология мелкокристаллического кварца для плавки высококачественного кварцевого стекла;

– внедрение новых пигментов – на основе оксидов железа (желто-коричневого цвета) и на основе двойных фосфатов меди (сине-голубого цвета) – для подглазурных красок на фаянсе и фарфоре.

Указанные практические результаты были обусловлены научными исследованиями сотрудников многих лабораторий института.

#### ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В 1980-х годах

##### Координационная химия

В конце 1960-х – начале 1970-х годов лабораторией химии актинидных и осколочных элементов, возглавляемой в эти годы доктором химических наук Г.В. Эллертом, активно развивалась область координационных соединений редкоземельных элементов. Под научным руководством Эллerta шел широкий поиск новых материалов для лазерной техники. Жидкостные и твердотельные на фосфатной основе лазерные среды, разрабо-

танные в те годы в содружестве со специалистами Института радиоэлектроники Академии наук, нашли промышленное применение.

Продолжение этих исследований в лаборатории координационной химии платиновых металлов, возглавлявшейся в 1970–1980 гг. Р.Н. Щелоковым, определило становление нового направления в координационной химии – исследование поведения координационных соединений в полимерной матрице. Эта пограничная область, лежащая на стыке координационной химии и химии полимеров, предоставила возможность Р.Н. Щелокову и В.Е. Карасеву высказать идею разработки оптических преобразователей света. Такие преобразователи света на основе координационных соединений европия (III) (и некоторых других редкоземельных элементов), введенных в полимерную матрицу, были созданы в результате совместных исследований, выполненных научными коллективами, объединенными программно-целевым проектом "Свет-АН". Пленочные и стеклообразные материалы, названные "полисветаны", оказались эффективными покрытиями для теплиц, например для выращивания помидоров (увеличение урожая по сравнению с обычными покрытиями теплиц на 30–90% и сокращение времени вегетации на две недели), огурцов (увеличение урожая до 60%) и других тепличных культур, а также цветов, кустарников и посадочного материала лиственных и хвойных пород деревьев. Эффект увеличения урожайности и ускорения срока созревания тепличных культур под полисветановыми покрытиями был назван "полисветановый эффект". Патенты 14 развитых стран мира на полисветановые материалы, большой интерес к ним в стране и за рубежом достаточно характеризуют значение этого покрытия.

Накопление экспериментальных результатов и развитие творческой мысли в области платиновых металлов вызвало появление "кластерной" темы, начался синтез соединений со связью металл–металл и изучение реакций координированных лигандов (Г.С. Муравейская, О.Н. Адрианова).

Интерес к координационным соединениям кобальта, никеля, меди во все годы существования института не угасал, а в последние десятилетия укрепился благодаря развитию АРМ- и ЭПР-методов.

Использование метода ЭПР было весьма полезно для развития исследований не только меди, никеля, но также и платиновых металлов, что достаточно наглядно проявилось в результатах, полученных под руководством профессора Г.М. Ларина. Особенно значимыми оказались работы с применением спектроскопии ЯМР, развиваемые под руководством академика Ю.А. Буслаева. В орбиту его интересов вошли координационные соединения таких элементов, как молибден, вольфрам, тантал, ниобий. Изучалось взаимное влияние лигандов, широко исследовались реакции перераспределения лигандов для определения устойчивости изомеров. Были развиты новые подходы к исследованию кислотно-основных равновесий в неводных средах, в частности фторидно-основные равновесия. Были получены оригинальные результаты по координационной химии переходных металлов.

## Изучение свойств твердых неорганических веществ

Лаборатория термодинамических основ неорганического материаловедения с середины 1970-х годов проводит работы, связанные с термодинамическими аспектами стойкости твердых неорганических веществ при высокоскоростных деформациях. Среди этих материалов выделяются керамические (хрупкие) материалы, которые способны противостоять более интенсивным динамическим нагрузкам, чем известные металлические материалы. Это противоречит известным представлениям академика М.А. Лаврентьева, создавшего гидродинамическую теорию процесса разрушения, согласно которым керамические материалы, обладая существенно меньшей плотностью по сравнению с металлами, должны быть в 1,5–2 раза менее стойкими. Развита в лаборатории физико-химическая теория разрушения твердых неорганических (металлических и керамических) материалов при высокоскоростных деформациях позволила объяснить особенности поведения этих материалов в широкой области изменения скоростей нагружения, в зависимости от температуры и физико-химических параметров вещества. Соотношения между объемной плотностью энергии атомизации вещества, плотностью материала, скоростью распространения звука в нем и коэффициентом Пуассона определяют как противоударную стойкость материалов (в зависимости от скорости деформирования), так и возможность перехода от хрупкого поведения при деформировании и разрушении к пластическому или вязкому (в том числе и при изменении температуры). Развитые представления заложили научные основы для подбора материалов, используемых для защиты от высокоскоростных деформаций. Обоснованные критерии стойкости, хрупкости и пластичности материалов могут быть использованы при создании современной технической керамики с заданными свойствами, так как они позволяют указать пути целенаправленного изменения состава, строения, дисперсности и необходимых свойств материалов.

Одной из фундаментальных проблем физикохимии твердого тела является установление связи между химическим составом, кристаллической структурой и свойствами веществ. Вопрос о термодинамической устойчивости кристаллической структуры и ее зависимости от состава, температуры, давления и т.п. представляет существенный интерес с точки зрения возможности разработки новых теоретических принципов и практических выводов. На основе анализа изменения электронной и кристаллической структуры веществ – аналогов по своему химическому составу – была обнаружена неизвестная ранее закономерность морфотропии в гомологических рядах полупроводники–металл, заключающаяся в том, что переход из полупроводникового состояния в металлическое сопровождается дискретным изменением кристаллической структуры<sup>5</sup>.

Причины нарушения устойчивости кристаллических структур и структурные перестроения в морфотропных рядах установлены при совмест-

<sup>5</sup> В 1979 г. зарегистрировано открытие № 196 "Закономерность морфотропии в гомологических рядах полупроводники–металл", соавторами которого являются сотрудники ИОНХА В.Б. Лазарев и А.Д. Изотов.

ном анализе тенденций в электронном энергетическом спектре и фоновых спектрах соединений, составляющих гомологические морфотропные, изоморфные и полиморфные ряды. На основе конкретных расчетов и анализа экспериментальных данных для ряда характерных примеров показано, что неустойчивости кристаллической структуры при переходе полупроводник–металл как в морфотропных гомологических рядах, так и в случае полиморфизма соответствует перекрытие различных (в основном не прямых) щелей запрещенной зоны при сохранении четности числа электронов на примитивную ячейку кристалла и понижение ветвей фоннного спектра соединений. При этом структура перестраивается таким образом, что направления ее характерных искажений определенным образом связаны с векторами, соединяющими перекрывающиеся участки валентной зоны и зоны проводимости.

Обнаруженная закономерность позволяет целенаправленно прогнозировать кристаллические структуры и свойства соединений, входящих в морфотропные и полиморфные ряды, а также метастабильных соединений. В 1979 г. В.Б. Лазарев и И.С. Шаплыгин впервые синтезировали сложные оксиды  $La_2CuO_4$ ,  $La_{1,8}S_{z_{1,8}}CuO_4$ ,  $La_{1,8}Ba_{0,2}CuO_4$  и изучили их свойства, в том числе электропроводность, от температуры кипения азота. Авторы были близки к открытию сверхпроводимости. Именно сложные оксиды лантана, стронция (бария) и меди оказались первыми представителями совершенно нового класса сверхпроводников со сравнительно высокими температурами перехода. Естественно, что эта проблематика стала центральной в работах В.Б. Лазарева и его сотрудников. В лаборатории идет поиск новых высокотемпературных сверхпроводящих материалов.

"Поиск таких веществ основан на кристаллохимическом исследовании связей между составом и атомной кристаллической структурой с химическими и физическими свойствами вещества, которое определяет область поисков. Для разработки рациональных методов синтеза и выращивания монокристаллов необходимо глубокое исследование физико-химических и термодинамических свойств, кинетики кристаллизации и массопереноса, знание  $P-T-X$ -диаграмм. Исследование физических свойств, прежде всего электрических и оптических, не только позволяет получить информацию о фундаментальных константах вещества, но и является средством операционного контроля технологии материала и прибора<sup>6</sup>. Весь комплекс исследований дает возможность установить коррелятивные связи параметры технологии–состав и реальная структура–свойства, тем самым определяя рациональные способы получения материала и эффективные методы операционного контроля технологии"<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> В 1982 г. выдан диплом № 230 за открытие "Закономерность изменения электропроводности смешанных оксидов платиновых металлов" (авторы Н.М. Жаворонков, В.Б. Лазарев, И.С. Шаплыгин).

<sup>7</sup> Лазарев В.Б., Шевченко В.Я., Маренкин С.Ф. Некоторые проблемы физикохимии и материаловедения новых полупроводников // Физические методы исследова-

## Металлокомплексный катализ

Мы уже отмечали, что ученые ИОНХа (И.И. Моисеев, М.Н. Варгафтик и др.) в начале 1960-х годов активно стали развивать металлокомплексный катализ, возникший в конце 1950-х годов на стыке координационной химии и общего учения о катализе. Из стен ИОНХа вышли такие важные открытия, как новый метод окисления алкенов в карбонильные соединения, алкеновые эфиры, ацетали и кетали. Механизм этих промышленно важных реакций был детально изучен. В лаборатории металлокомплексного катализа были найдены эффективные катализаторы карбонилирования метанола в метилформиат и гидролиза метилформиата. Каталитический метод получения муравьиной кислоты из оксида углерода и воды, разработанный Моисеевым и Варгафтиком, нашел промышленное применение.

Руководитель лаборатории металлокомплексного катализа И.И. Моисеев отмечал: "Повышение эффективности и селективности катализаторов всегда считалось первостепенной задачей науки о катализе. В наши дни актуальность работ в этом направлении подчеркивается постоянно растущими масштабами выпуска химической продукции, необходимостью повышения производительности труда, заданиями по снижению доли непроизводительного расхода энергии и природных ресурсов, необходимостью защиты окружающей среды. Таким образом, решение ряда проблем, поставленных на повестку дня требованиями времени, оказывается в зависимости от фундаментальных работ, направленных на изучение механизма действия катализаторов. Металлокомплексный катализ не только предложил ряд новых, принятых практикой технических решений, но и открыл не существовавшие ранее в гетерогенном катализе возможности выяснения природы активных центров, изучения механизма их взаимодействия с субстратом"<sup>8</sup>. Синтезированный в лаборатории кластер палладия, содержащий 561 атом палладия, нашел применение для каталитического окисления олефинов.

## Изучение высокочистых веществ

В лаборатории высокочистых веществ (заведующий лабораторией – доктор химических наук В.А. Федоров) выполнены систематические исследования физико-химических основ синтеза и глубокой очистки веществ, перспективных для микроэлектроники и оптики, а также для получения ряда полупроводниковых материалов (очистка галогенидов фосфора, мышьяка и кремния, а также металлоорганических соединений элементов II–VI групп периодической системы). Использование высоко-

ния неорганических материалов. М.: Наука, 1981. С. 20–21; см. также: Лазарев В.Б., Шевченко В.Я., Гринберг Я.Х., Соболев В.В. Полупроводниковые соединения группы АВ. М.: Наука, 1978. 256 с.

<sup>8</sup> Моисеев И.И. Металлокомплексный катализ: координационная химия и некоторые проблемы химической технологии // Исследования по неорганической химии и химической технологии. М.: Наука, 1988. С. 98.

чистых МОС позволило разработать принципиально новый метод выращивания эпитаксиальных структур арсенида галлия субмикронных толщин, необходимых для создания важнейшего класса полупроводниковых приборов.

### Исследования процессов разделения и очистки веществ

Основное внимание лаборатории процессов разделения и очистки веществ (заведующий лабораторией – доктор химических наук Н.Н. Кулов) было направлено на исследование механизма и кинетики процессов абсорбции, ректификации и кристаллизации. Идет поиск методов их интенсификации, новых методов разделения смесей и аппаратов для их осуществления.

В результате многолетних исследований удалось внести значительные уточнения в теорию и существующие инженерные методы расчета процессов ректификации, основанные на последовательном использовании математического аппарата неравновесной термодинамики. В частности, на базе фундаментальных исследований И. Пригожина были исключены термодинамические ошибки традиционных методов расчета, вызванные необоснованным использованием в качестве конечного состояния эволюции системы состояния устойчивого термодинамического равновесия. Для системы, которая заключена в ректификационную колонну и при неизменных условиях непрерывно обменивается массой и энергией с окружающей средой, таким конечным состоянием эволюции может быть только стационарное неравновесное состояние. Учет этого обстоятельства позволил не только повысить точность и надежность определения расчетов конструктивных размеров колонных аппаратов и составов продуктов разделения, но и исключить ошибки, которые при разделении азеотропных смесей могут привести к проектированию технологически нероботоспособных схем разделения. Одновременно был разработан комплекс программ для ЭВМ, позволяющий практически использовать разработки института для проектирования, физического моделирования и исследования процессов ректификации, который по многим показателям превосходит имеющиеся за рубежом.

### Изучение роста и физико-химических свойств монокристаллов

Лаборатория роста и физико-химических исследований монокристаллов была организована в 1968 г. под руководством доктора химических наук Г.М. Сафронова и просуществовала до 1985 г., когда была введена в состав лаборатории разделения и очистки веществ. Основное направление исследований, проводимых в лаборатории роста и физико-химических исследований монокристаллов – изучение процессов кристаллизации соединений с нецентросимметричными структурами для получения новых монокристаллов и выявления их практической значимости, а

также для изыскания возможностей повышения эффективности производства и качества применяемых в народном хозяйстве кристаллов. Эти задачи решались путем физико-химического анализа ряда систем в широком интервале параметров состояния, поиска сред для синтеза и выращивания кристаллов, изучения фазовых равновесий в соответствующих системах и взаимосвязи фазового состава со стехиометрией и типом образующихся твердых фаз. В результате определялись оптимальные параметры выращивания кристаллов в лабораторных условиях, а в некоторых случаях проводились полупромышленные испытания разработанных способов получения монокристаллов.

Список выращенных в лаборатории кристаллов, пригодных для различных физических исследований, содержит более 100 наименований. Среди исследованных объектов – генетические ряды специально подобранных уранилацетатов, -пропионатов, -бутиратов, -формиатов щелочных металлов и аммония, хлоратов, броматов, иодатов, селенатов, нитратов, висмутитов, германатов и халькогенидов редкоземельных и других элементов, а также всех разновидностей кварца. В 1980-е годы особое внимание уделялось исследованию люминесцентных материалов с добавками редкоземельных элементов (совместно с лабораторией И.В. Тананаева) методами переноса через газовую фазу и из раствора в расплаве. В результате был получен ряд кристаллов ортофосфатов РЗЭ как чистых, так и легированных различными активаторами. Совместно с лабораторией роста кристаллов геологического факультета МГУ был предложен метод получения монокристаллов для миниатюрных лазеров на основе фосфатов неодима. Разработан метод гидротермального выращивания титанатов щелочных металлов, используемых для очистки вод, загрязненных радиоактивными отходами, и для извлечения урана из морской воды. В лаборатории проведены исследования по определению технологических параметров получения оптически однородных кристаллов парателлурита, перспективных для изготовления акустооптических модуляторов и дефлекторов лазерного луча.

Из водных растворов получены монокристаллы дигидратов формиатов иттрия и эрбия, бромидов и иодидов ртути, обладающих комплексом свойств, необходимых для применения в квантовой электронике – высокими нелинейными свойствами, хорошим оптическим качеством и высокой лучевой прочностью.

Большой объем в тематике лаборатории занимали работы по подбору сред, используемых при гидротермальном выращивании кристаллов кварца с целью улучшения их качества (совместно с заводом "Кристалл", НПО "Фонон" и др.). Эффективным оказалось введение в кристаллы кварца примесей щелочных металлов, в частности лития. Кварц, выращенный этим способом, позволил повысить на один-три порядка устойчивость частоты в изготовленных из него резонаторах к специфическому и приблизительного его добротность на частоте 1 мГц к максимальной. Часть результатов этих исследований легла в основу работы "Разработка и промышленное освоение методов синтеза и облагораживания камнесамоцветного сырья", удостоенной Государственной премии СССР за 1979 г.



В связи с дефицитом природного сырья для наплава кварцевого стекла в 1980-е годы были начаты эксперименты по перекристаллизации аморфного кремнезема, которые получили свое дальнейшее развитие уже в лаборатории химической термодинамики (заведующий лабораторией – доктор химических наук В.Б. Лазарев) под руководством доктора химических наук Г.П. Панасюка.

### Изучение физико-химических свойств халькогенидов

Лаборатория химии халькогенидов возникла в недрах лаборатории химии полупроводников (заведующая лабораторией – доктор химических наук Н.П. Лужная) в ранге группы с 1962 г., сектора – с 1985 г., лаборатории – с 1988 г. (заведующий лабораторией – доктор химических наук С.А. Дембовский). Одно из основных направлений исследований лаборатории – изучение диаграмм состояния полупроводниковых стеклообразующих систем, например Se-As, S-As и сложных типа Se-Ge-As и т.п. Установлен ряд зависимостей между диаграммой и свойствами стекол и получен ряд новых стекол и стеклообразующих соединений, в том числе аналогов халькогенов типа AsSeJ. Второе, связанное с первым направление – технология халькогенидных стеклообразных полупроводников для электрографии (ксерографии), производство которых (в том числе As<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>) было внедрено на Рачинском химическом заводе. В 1980 г. возникло новое направление – физикохимия некристаллического состояния, основанное на обнаруженных Н.А. Поповым квазимолекулярных дефектах. В результате была создана модель стекла, основанная на мягких трехцентровых связях в жесткой ковалентной сетке (С.А. Дембовский, Е.А. Четкина). Обнаружено влияние очень слабых внешних полей на свойства стекол. Результаты нашли отражение в монографии С.А. Дембовского и Е.А. Четкиной "Стеклообразование" (1990).

### Изучение безводных перхлоратов металлов

Главная тема научных исследований лаборатории окислителей (заведующий лабораторией – член-корреспондент РАН Е.Г. Ипполитов) – изучение безводных перхлоратов металлов, которые превосходят все известные твердые вещества по содержанию кислорода. В отличие от пероксидов и надпероксидов щелочных металлов освобождение кислорода из перхлоратов не требует затраты энергии. Термический распад всех известных перхлоратов экзотермичен, кислород в перхлоратах энергетически активен. Высокая энергетика в сочетании с относительной химической пассивностью и стабильностью делают перхлораты перспективными компонентами твердых источников кислорода и определяют их использование в энергоемких составах различного назначения.

### Изучение химии и технологии природных солей

В традиционном направлении физико-химического анализа идет работа лаборатории химии и технологии природных солей (заведующий лабораторией – доктор химических наук В.П. Данилов). В ней исследо-

вались физико-химические основы действия добавок сульфатов и гидрокосульфатов железа, алюминия, двойных гидрокосульфатов магния (цинка)–алюминия на гидратацию и твердение портландцемента. Разработаны новые регуляторы схватывания и твердения цементного теста. На основании использования крупнотоннажных отходов железного купороса и каолина титанового производства разработаны комплексные добавки к портландцементу, ускоряющие его твердение и повышающие прочность<sup>9</sup>.

На основе изучения фазовых равновесий в водно-солевых системах из неорганических солей и амидов синтезированы новые двойные соединения, которые являются низкотемпературными некоррозионными антифризами. Организовано массовое производство этих антифризов, нашедших широкое применение в народном хозяйстве с большим экономическим эффектом. В качестве низкотемпературных антифризов для борьбы с гололедом на дорогах и для размораживания грунтов и их предупреждения от смерзания при строительстве сооружений в зимних условиях рекомендованы растворы, являющиеся отходами предприятий цветной металлургии.

Распространение методов и принципов физико-химического анализа на исследования при экстремальных параметрах состояния оказалось исключительно плодотворным для развития химии водных систем при высоких температурах и давлениях – сравнительно молодого, но весьма перспективного направления, которое уже сейчас питает своими сведениями такие важнейшие разделы современной науки и техники, как тепловая и атомная энергетика, гидрометаллургия и технология роста кристаллов, поиск и извлечение полезных ископаемых, очистка и опреснение вод.

### Исследования химико-металлургических процессов

В лаборатории химико-металлургических процессов (заведующий лабораторией – доктор химических наук В.А. Кренев) велись целенаправленные фундаментальные исследования по термодинамике, кинетике и механизму процессов химической возгонки, химического осаждения и растворения соединений цветных, редких металлов и мышьяка в сложных многокомпонентных системах, включающих газовую, жидкую и твердые фазы. В результате этих исследований разработаны научные основы гидрометаллургической переработки хлоридных возгонов, обеспечивающей получение высококачественных концентратов цветных металлов, сопутную регенерацию хлоринатора и исключение сточных вод. Результаты фундаментальных исследований послужили основой для разработки эффективного способа химико-металлургического обогащения сульфидно-кварцевых хвостов доводочной фабрики Новосибирского

<sup>9</sup>См.: Данилов В.П., Юдович Б.Э., Лепешков И.Н. и др. // Физико-химические и технологические основы жаростойких цементов и бетонов. М.: Наука, 1986. С. 42–51.

оловокомбината, обеспечивающего извлечение олова, свинца, висмута, индия в товарный концентрат, мышьяка в концентрированной малотоксичный продукт и сопутную регенерацию растворов хлорида кальция, используемых для приготовления шихты; способа химико-металлургической переработки уникальных окисленных оловянно-полиметаллических руд месторождения Сарыбулак Восточной Киргизии<sup>10</sup>.

### Кристаллохимические исследования

В 1980-х годах определяющим направлением работ лаборатории кристаллохимии стало изучение кристаллохимии и стереохимии отдельных классов соединений, главным образом по признаку родственности лигандов. Основная задача этих исследований – установление корреляций и закономерностей стереохимического характера, существенных для фундаментальной химии и способствующих решению практически важных задач, связанных с использованием координационных соединений в катализе, медицине, в качестве материалов специального назначения и т.п.

Использование структурных данных позволило решать чисто химические задачи. Появилась реальная возможность довольно четко предсказывать направление реакции и целенаправленно выбирать реагенты для получения нужных полиядерных систем. В серии работ члена-корреспондента РАН М.А. Порай-Кошица основное внимание было обращено на изучение строения комплексов с биологически активными лигандами, нитратных комплексов редкоземельных элементов с крупными органическими лигандами, строения полиаминных комплексов *d*-металлов.

Лаборатория рентгеноструктурного анализа (заведующий лабораторией – кандидат химических наук Ю.Н. Михайлов) развивает структурно-химические дифракционные исследования по фундаментальным проблемам теории строения и химической связи на основе изучения координационных соединений рения, технеция и молибдена. Ценные данные были получены в ходе структурно-химического анализа конденсированных фосфатов металлов IV–VI групп. При этом была показана определенная роль катионов в формировании структуры фосфатов. Структурно-химические исследования комплексных фторидов теллура позволили установить основные закономерности формирования кристаллохимических структур этого класса соединений.

Рентгеноэлектронные исследования химических соединений и материалов взяла на себя лаборатория электронной спектроскопии и квантовой химии под руководством доктора химических наук В.И. Нефедова. Ее основные направления: 1) исследование химической связи, состава и модификации поверхности твердых тел; 2) рентгеноэлектронные и рентгеноспектральные исследования электронного строения химических

<sup>10</sup>Химические методы переработки рудного сырья. М.: Недра, 1980. С. 47–61; Водокимов В.И., Топтыгина Г.М. Химическое обогащение полиметаллического минерального сырья // Исследования по неорганической химии и химической технологии. М.: Наука, 1988. С. 301–309.

соединений; 3) исследование химических соединений методом ЭПР; 4) квантовая химия. Лаборатория является базовой для рентгеноэлектронных исследований координационных соединений. Изучено свыше 500 различных соединений Pt, Pd, Ir, Rh, Co, Ni и других элементов<sup>11</sup>. Полученные экспериментальные данные позволили дать количественную оценку способности лигандов к проявлению взаимного влияния в соединениях переходных металлов. Квантовая химия твердого тела тем самым обогащалась новыми данными.

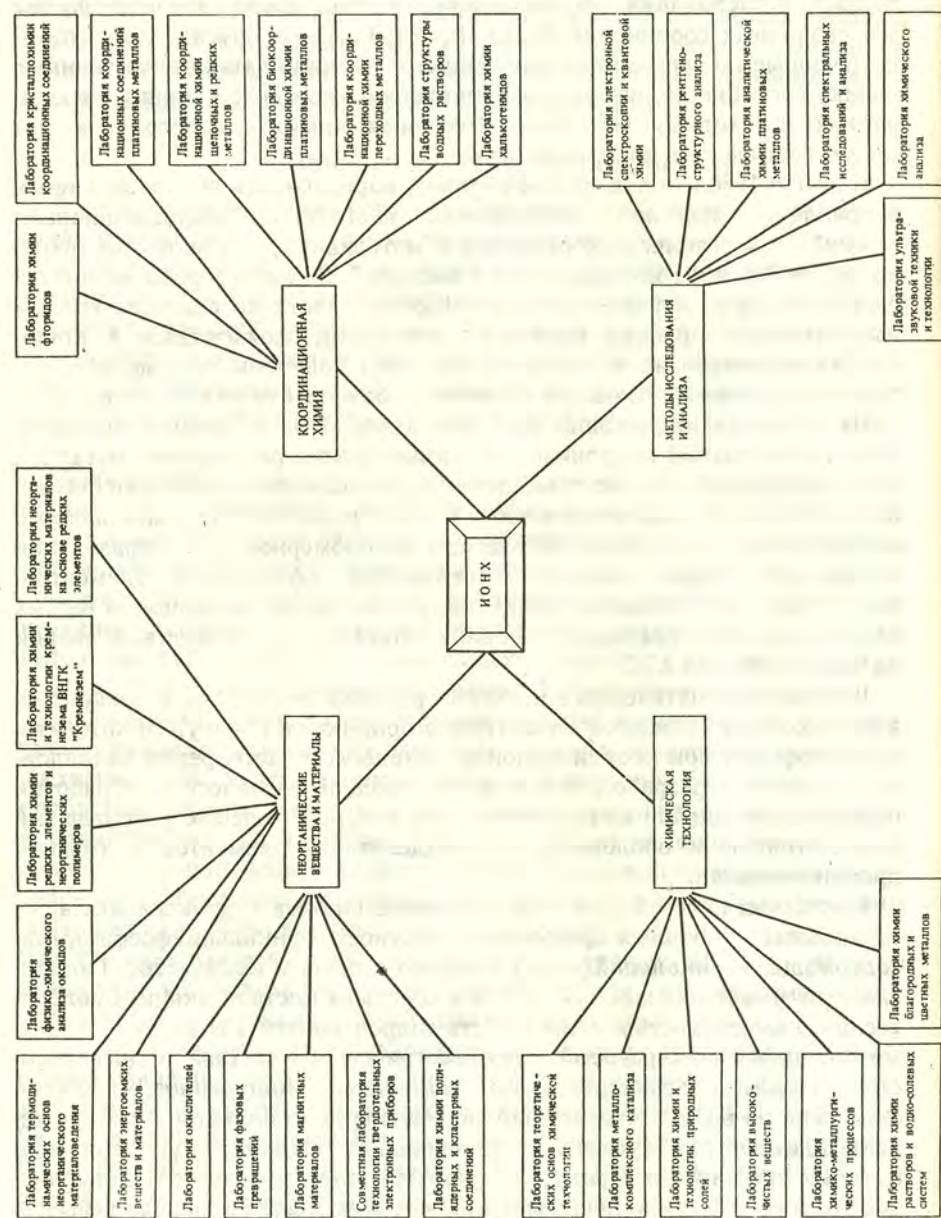
К концу 1980-х годов, таким образом, определились четыре основных направления научной деятельности института: "Координационная химия", "Неорганические вещества и материалы", "Химическая технология" и "Методы исследования и анализа". 33 лаборатории института направили свою научно-исследовательскую работу на развитие указанных основных проблем (структура института, сложившаяся к концу 1991 г., представлена на схеме 4). При этом получены важные научные результаты имеющие большое теоретическое и практическое значение.

Из основных достижений ИОНХа к концу 1990 г. следует выделить цикл исследований координационно-химического растворения металлов и их соединений, успешно примененного для развития концепции бескислотной дезактивации поверхности. В итоге развития фундаментального направления, определяемого поиском закономерностей в образовании смешанных координационных соединений переходных элементов, разработаны оригинальные дезактивирующие среды, оказавшиеся весьма эффективными в реальных условиях ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

В итоге систематического изучения реакций замещения в соединениях переходных элементов с участием фторид-ионов обнаружен каталитический эффект при координационно-химическом растворении металлов, что позволило разработать метод безотходной химической обработки поверхности изделий из циркония и его сплавов, успешно развиваемый применительно к оболочкам тепловыделяющих элементов в атомной промышленности.

Разработан простой оригинальный метод синтеза гидроксиапатита, не содержащего побочных продуктов, в частности трикальцийфосфата, или содержащего трикальцийфосфат в строго заданном количестве. Гидроксиапатит имеет одинаковый состав с составом костной ткани. Биологическая совместимость и устойчивость гидроксиапатита в живом организме определяется строгостью стехиометрического состава и дисперсно-структурными характеристиками материала. Полученное вещество стабильно во всем температурном интервале до плавления. Такой материал идеален для зубного протезирования. Выявлены условия, при которых при синтезе наряду с гидроксиапатитом образуется определенное количество трикальцийфосфата – такие составы необходимы для протезирования крупных костей (бедер и др.). Синтезированный в

<sup>11</sup>Нефедов В.И. Рентгеноэлектронная спектроскопия химических соединений. М.: Химия, 1984. 256 с.



ИОНХе материал находится на уровне высшего мирового стандарта материалов для имплантации.

Осуществлено прямое селективное окисление этана и пропана с образованием сложных эфиров моно- и двухатомных спиртов. Этан и пропан окисляются в растворе трифторуксусной кислоты как кобальтом(III), так и кислородом в присутствии кобальта(II) при 130–180° С и 10–30 атм, образуя трифторуксусные эфиры этанола и изопропанола соответственно, а также трифторацетаты этиленгликоля и 1,2-пропандиола. Обнаружено, что дигаптокоординированные мостиковые карбонильная группа, дифенилкарбеновый и дифенилфосфидный лиганды в кластерах палладия способны вступать в необычное окислительно-восстановительное взаимодействие с карбоксилатным лигандом, в ходе которого последний отщепляет атом кислорода, окисляя соответствующую мостиковую группу. Впервые осуществлено стехиометрическое карбоксилирование ароматических и алкилароматических углеводородов с образованием бензойной кислоты из бензола и смеси фенилуксусной и изомерных толиловых кислот из толуола при реакции с четырехъядерными кластерами палладия (I).

Разработан экспрессный атомно-абсорбционный метод анализа микроколичеств монокристаллов и пленок. Предложена уникальная спектральная лампа для атомно-абсорбционного определения иридия с полым катодом из монокристаллического иридия, изготовленного по специальной технологии. На основе принципов проточно-инжекционного анализа разработаны новые автоматизированные аналитические системы для химико-экологических и геохимических исследований водного бассейна. Системы использованы для определения девяти гидрохимических параметров – общей щелочности, содержания карбонатов, сульфатов, сульфидов, фосфатов, силикатов и др. в морских и иловых водах, а также для определения марганца в глубинной морской воде с целью химической индикации действующих минеральных источников на дне океана. Методы использованы в условиях морских экспедиций.

Использование в народном хозяйстве научных разработок ИОНХа за последние годы выразилось экономическим эффектом в десятки миллионов рублей.

#### НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИОНХа

В 1980–1990 гг.

В 1980-х годах ИОНХ организовал и провел ряд всесоюзных конференций по различным проблемам неорганической химии и физико-химическим методам исследования координационных и иных соединений.

Так, в январе 1980 г. и в октябре 1985 г. ИОНХ провел две всесоюзные конференции: "Синтез и исследования неорганических соединений в неводных средах" (г. Иваново), "Химия неводных растворов неорганических и комплексных соединений" (г. Ростов-на-Дону). Основные рекомендации конференций были сформулированы так: "Считать основополагаю-

щим направлением исследований дальнейшее развитие теоретических основ химии неводных растворов. Обратить особое внимание на выяснение механизма междучастотных взаимодействий в многокомпонентных жидких растворах, на изучение структуры растворителей и растворов, получение количественных характеристик различных физико-химических свойств систем и выявление роли отдельных компонентов, сольватационные процессы и процессы переноса. Считать одной из основных задач исследователей разработку научных принципов подбора растворителей для более эффективного проведения синтеза, экстракции, катализа и других процессов, имеющих наиболее широкое практическое применение. Считать необходимым дальнейшее повышение теоретического и экспериментального уровня научно-исследовательских работ в области химии неводных растворов, обратив особое внимание на разработку новых эффективных методов синтеза неорганических и комплексных соединений, синтез новых типов лигандов и комплексов на их основе, разработку новых материалов со специальными свойствами, а также совершенных технологий, необходимых для решения энергетических, экологических и других проблем".

В сентябре 1985 г. в Киеве состоялось XV Всесоюзное Чугаевское совещание по химии комплексных соединений, в резолюции которого отмечалось: "Работа советской школы химиков-комплексников охватывает все области координационной химии. Важно более интенсивно использовать результаты для нужд народного хозяйства". В 1986 г. ИОНХ широко отметил 60-летие закономерности трансвлияния И.И. Черняева, определившей важнейшее направление развития координационной химии — исследование взаимного влияния лигандов в координационных соединениях.

В июне 1988 г. институт провел Юбилейную научную сессию ученого совета, посвященную 70-летию со дня образования ИОНХа, на которой был заслушан доклад академика Н.М. Жаворонкова о достижениях и перспективах развития института.

В октябре 1988 г. ИОНХ провел III Всесоюзную конференцию по физико-химическим основам технологии сегнетоэлектрических и родственных материалов. Ее основная цель: дальнейшее развитие физико-химических основ технологии различных материалов в виде керамики, монокристаллов, пленок и мелкодисперсных порошков, а также разработка новых более конкурентных материалов, более качественных и дешевых реактивов.

В 1990 г. институт был организатором следующих конференций и совещаний: XII Всесоюзное Чугаевское совещание по химии комплексных соединений (Минск, май); IX симпозиум по химии неорганических фторидов (Череповец, август); VIII совещание "Материаловедение полупроводниковых соединений группы  $A^{II}BV$  (Черновцы, сентябрь); VI совещание "Спектроскопия координационных соединений (Краснодар, октябрь); Всесоюзная конференция по истории и методологии аналитической химии (Москва, ноябрь); II школа "Современные проблемы тепло-

массообмена в химической технологии: колонные аппараты и химические реакторы" (Звенигород, ноябрь).

В том же году сотрудники института приняли участие в работе 97 научных совещаний и конференций.

Уже многие годы ИОНХ ежегодно проводит памятные Курнаковские, Чугаевские и Черняевские чтения, на которых зачитываются и обсуждаются научные доклады, охватывающие широкий спектр проблем неорганической химии.

Премиями им. Н.С. Курнакова и Л.А. Чугаева были отмечены многие оригинальные работы и монографии сотрудников института.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы заключаем историческое повествование о научной и научно-организационной деятельности Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН. В истории нашей науки институт занимает уникальное положение многолетнего лидера в развитии общей и неорганической химии. Научные идеи и школы, созданные Н.С. Курнаковым и Л.А. Чугаевым, определили основное направление научной деятельности института. Опираясь на достигнутые результаты, современный ИОНХ далеко ушел вперед и принял на себя разработку как традиционных, так и совершенно новых направлений развития физико-химического анализа и координационной химии. Физико-химический анализ открыл дверь в химию твердого тела. Здесь химиков ожидало знакомство с полупроводниками, диэлектриками, сверхпроводниками. Все это имело огромное значение для развития электроники.

Если специалисты говорят о ренессансе неорганической химии во второй половине XX в., то они верно отражают суть дела. Возрождение этой области химии произошло в результате главным образом успехов координационной химии во взаимодействии с квантовой химией и физическими методами исследования.

Причины интенсивного изучения химии координационных соединений во многом заключаются в том, что в этой области сходятся интересы химиков-неоргаников, синтезирующих и исследующих строение координационных соединений, химиков-органиков, использующих металлоорганические комплексы как катализаторы для синтеза различных органических соединений, и, наконец, биохимиков, изучающих действие металлоферментов и структуру координационных соединений, лежащих в основе некоторых витаминов, гемоглобина, хлорофилла, многих лекарственных препаратов. И.И. Черняев не без основания считал, что "весь прогресс современной химии, включая и органическую, зависит от нашего понимания химии комплексных соединений"<sup>1</sup>.

Объяснение механизма каталитических реакций через комплексобразование стало в настоящее время основным направлением в теории катализа. Как катализаторы комплексные соединения играют огромную роль в разнообразных реакциях органического синтеза. Исследования в этом направлении — путь создания искусственных биокатализаторов—

<sup>1</sup>Черняев И.И. Задачи химии комплексных соединений // Вестн. АН СССР. 1959. № 9. С. 3.

ферментов, которые позволяют в будущем использовать химические процессы, протекающие в живых организмах.

Широкое использование координационных соединений открывает благоприятные перспективы коренного усовершенствования химико-технологических процессов и получения различных новых материалов.

В 1960 г. известный английский химик Дж. Чатт писал: "...Создание таких аппаратов современной технологии, как атомные реакторы и ракеты, потребовало исследовать заново химию металлических элементов для нахождения лучших способов их очистки и получения новых материалов, пригодных для продолжительного использования в напряженных физических условиях. Возможно, не случайным было и то, что единственная страна, которая посвятила значительную часть своих усилий в области химических исследований в 20–30-х годах разработке координационной химии, была и первой страной, пославшей ракету на Луну"<sup>2</sup>.

Трудно переоценить роль ИОНХа в изучении соляных ресурсов и рудных месторождений страны. Пути их использования, намеченные в трудах ученых института, реализуются на практике и обеспечивают нашу промышленность ценными продуктами.

В течение многих лет проявляется устойчивый интерес промышленных предприятий к научным открытиям ученых ИОНХа. На их основе совершенствовались традиционные способы получения ценных материалов, рождались новые методы, без которых трудно представить современный научно-технический прогресс.

<sup>2</sup>Чатт Дж. Предисловие // Современная химия координационных соединений / Под ред. Дж. Льюиса и Р. Уилкинса. М.: Изд-во иностр. лит., 1963. С. V.

Приложение 1

**ВЫСТУПЛЕНИЕ ВИЦЕ-ПРЕЗИДЕНТА АН СССР  
АКАДЕМИКА Г.М. КРЖИЖАНОВСКОГО  
НА ЗАСЕДАНИИ ПРЕЗИДИУМА АН СССР  
ПО ДОКЛАДУ АКАДЕМИКА Н.С. КУРНАКОВА  
О РАБОТЕ ИНСТИТУТА ОБЩЕЙ  
И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ АН СССР  
15 МАЯ 1936 г.<sup>1</sup>**

От имени Химической группы внесен проект постановления, но, видимо, на этом проекте мы сейчас останавливаться не будем. Ход прений показал, что в основу принять его мы можем, однако я думаю, что важность общей и неорганической химии такова, что все-таки на этот проект мы можем смотреть только как на материал в первом приближении. Нужна самая серьезная проработка этого материала. Нужно, конечно, избежать многотемности, избежать смешения важного с второстепенным. Поэтому я бы думал, что нужно было бы составить специальную комиссию, в состав которой ввести прежде всего тов. Курнакова и тех лиц из его ближайшего окружения, которых он пожелает ввести. Затем нужно ввести тов. Фрумкина<sup>2</sup>, тов. Брицке<sup>3</sup>, представителей наших общественных организаций и Н.П. Горбунова<sup>4</sup>. Этой комиссии мы поручим проработать окончательно проект постановления, учтя тот обмен мнений, который здесь сегодня мы слышали.

Товарищи, я хочу прежде всего подчеркнуть то обстоятельство, что недаром мы сегодня столько часов уделили общей и неорганической химии. Появление в повестке заседания Президиума в качестве одной из первых тем для такого серьезного обсуждения именно отчета ИОНХа отнюдь не случайно. Все мы ясно отдаем себе отчет, что в ближайшее время третья пятилетка как раз требует особенного внимания со стороны Президиума к фронту химическому, и мы скажем, что особенно большие надежды в этом отношении мы связываем с упорядочением, с развитием и с поддержкой роста Института, роста общей и неорганической химии.

<sup>1</sup>Арх. РАН. Ф. 461. Оп. 1. № 22. Л. 115–124. Выступление публикуется с некоторыми сокращениями.

<sup>2</sup>Александр Наумович Фрумкин (1895–1976) — известный советский электротехник, академик с 1932 г. В 1935–1937 гг. — член Президиума АН СССР.

<sup>3</sup>Эргард Викторич Брицке (1877–1953) — крупный советский химик-технолог и металлург, академик с 1932 г. В 1936–1939 гг. — вице-президент АН СССР и академик-секретарь Отделения технических наук АН СССР.

<sup>4</sup>Николай Петрович Горбунов (1892–1944) — один из организаторов химической науки в первые годы Советской власти, государственный деятель, с 1935 г. — непреходящий секретарь АН СССР. В 1937 г. арестован, погиб в ГУЛАГе в октябре 1944 г.

Мне сразу хочется подчеркнуть, во избежание всяческих недоразумений между Президиумом и коллективом работников, что Президиум чувствует себя прежде всего в громадном долгу перед всем вашим коллективом, и мы, конечно, испытываем большое чувство смущения, когда здесь работники этого Института один за другим подчеркивали самые элементарные вещи. Но это наша вина, что нам приходится элементарные вещи выслушивать. Товарищи знают, что переезд в Москву не есть просто переезд в Москву. Но это была реорганизация Академии наук, а реорганизация — нелегкое дело. И они могут понять, что для того, чтобы сразу поднять работу Академии, нам тоже было нелегко.

Принцип, на котором мы будем двигаться вперед, — это принцип сотрудничества и взаимного понимания, чтобы не было здесь каких-либо недоразумений и недоговоренности, поэтому я прежде всего благодарен тем товарищам, которые здесь открыто и честно выступили и старались помочь нам наметить те пробелы, с устранения которых нам необходимо начать.

Прежде всего, товарищи, для нас всех в Академии наук ясно, и для Президиума это особенно ясно, что одна из главнейших задач, которые стоят перед нами, задача догона и перегона европейской науки была бы совершенно неразрешима, если бы мы ударились в голый практицизм и чистый эмпиризм и если бы мы пошли по элементарному пути подражаний нашим отраслевым институтам. Это для нас совершенно ясно. Для нас совершенно ясно, что для того, чтобы в области химии не отставать, мало понимать и расшифровывать ту огромную мировую химическую практику, которая на многих фронтах нас опережает. Возьмем очень поучительный опыт такого огромного раздела, как машиностроение. Когда мы просто пытались перенести лучшие американские станки к нам, не ухватывая ведущего начала, которое двигает вперед американское машиностроение, мы создали для нашей страны очень невыгодное положение. Большие затраты требовались для того, чтобы сразу окупались модели, которые мы приобретали, и станки самого разнообразного вида должны были себя окупить прежде, чем заказать новые станки. Но что же получается? Не успеем мы поработать на станке американской новой конструкции, как этот станок является уже устаревшим. А этого ведущего начала в станкостроении, которое давало бы нам теоретический путь предвосхищения событий на технологическом поле, — это нами долгое время не было усвоено.

Я очень рад констатировать прежде всего, что здесь мы имеем как раз в Институте гарантию того, что это у нас не повторится. Если мы слышим, что в целом ряде разделов мы занимаем сейчас в мировом масштабе ведущие позиции, то первая наша задача — не утерять эти позиции, сохранить за собою в области высокой теории то, что Институт сегодня здесь нам демонстрировал, — на этих позициях сохранить такую динамику и такую жизнь, чтобы здесь нам не сдрейфить, потому что иначе простая элементарная связь с техникой и с практикой нам не поможет.

Поэтому я могу успокоить как платиников, так и комплексников по линии благородных металлов, чтобы они не думали, что мы недооцениваем связь их работ с высокой теорией. Очень оцениваем и очень скорбим, что при переезде в Москву нам пришлось временно иметь на этом фронте некоторое неблагополучие. Мы должны его исправить в ближайший срок.

Поэтому мы высказываем сейчас пожелание такого рода, чтобы Николай Семенович, — а когда я говорю слова Николай Семенович, то мне хочется по-другому сказать, чтобы Микула Селянинович (аплодисменты) не растерял того круга работников, который он десятилетиями создавал около себя. Мы думаем, что именно он сам, намечая свои собственные пути, намечая все необходимые пристройки к своему институту, именно он сам на своих могучих плечах еще сумеет нам создать не только такой институт, которым мы сейчас пользуемся и которым мы гордимся, но создаст действительно такой институт общей и неорганической химии, который будет создан не по заглавиям учебника, а по внутренней логике развития, движения вперед от того пути, от того фундамента, который Николай Семенович наметил, и он сам по-

полнит все недостающие звенья. Николай Семенович сам знает, чего тут не хватает, а мы будем всемерно ему помогать.

Вот этот общий принципиальный вопрос мы все единогласно решаем в таком смысле. Мы даем этому Институту высокую оценку, но именно в силу того, что высоко ценим чем обладаем, мы надеемся на его дальнейший рост, на его дальнейшее развитие, не на такое развитие, которое затирало бы старый генералитет, но на такое развитие, которое позволяет этому генералитету приобретать новых сотрудников, чтобы идти вперед, а не останавливаться на данном состоянии.

Итак, я полагаю, что товарищи это ясно восприняли и на этой почве у нас никаких недоразумений впредь не будет.

Затем, по вопросу о многоотчности работы Института и о распределении сил и средств. Вы знаете, что мы в Президиуме здесь защищаем такую точку зрения, что у нас Институт — основная, действующая величина и ему предоставляется выбор схемы. Мы даже не пишем сейчас план работ. Мы стоим за развитие планового начала — упорно стоим. Но мы отмечаем и Химическая группа отмечает, что в плановом отношении можно здесь многое сделать, и знаем, что элементарно подойти тут нельзя. Здесь правильно подчеркивалось, что многие из тем, которые сегодня являются не важными, завтра будут важными. Много по ходу работ из плана мы смело выбрасываем за борт, если видим, что общая конъюнктура работ требует этого. У нас в этом отношении нет никакого фетишизма. Однако странно было бы подчеркивать и сомневаться в том, что мы все стоим за то, чтобы Институт не больше шел в этом смысле в глубину, чем вел экстенсивную политику. Тут нужна такая тематика, чтобы все перестраивалось в смысле целеустремленности, и поэтому первый голос здесь имеет сам Институт, и это перераспределение сил, сосредоточение важнейших тем в руках наиболее солидных групп работников, обеспечение этих тем наиболее благоприятной обстановкой — это прежде всего дело самого вашего Института (...). Наше мнение таково, что те линии работы, которые намечены Институтом, заслуживают уже сейчас, в настоящее время, даже при отсутствии надлежащей целеустремленности, все-таки внимания Президиума, и, я думаю, от имени Президиума могу вас заверить, что ваши заявки, ваши требования мы поставим при учете в той сводке на первом месте. Вы знаете, что наши средства сейчас, в общем, ограничены, но вашу тематику мы поддержим. От имени Президиума я заявляю, что мы с чрезвычайной готовностью сделаем все, что зависит от нас.

Мы здесь слышали целый ряд заявлений от представителей металлургии, представителей прикладной химии, мы слышали заявление от нашего Технического отделения, и эти заявления нам говорят фактами, весьма многочисленными и многозначительными, что здесь нет такого положения, что этот институт дает нам сейчас только на копейку, он дает не на копейку, а на многие миллионы.

Я должен сказать Николаю Семеновичу, что на некоторой ступени добродетель может обращаться в порок. И вот перед нами задача: как бы нам немножко побороться с излишней скромностью Николая Семеновича, как бы нам его в этом отношении немного энергифицировать, чтобы он почаще приходил к нам и заявлял: "Черт возьми, я этого не потерплю, я этого требую!" (Аплодисменты.) К сожалению, я должен сказать и упрекнуть Николая Семеновича, что он предоставляет нам догадываться о том, что ему нужно. А пусть-ка он почаще к нам приходит и пусть он будет уверен, что мы питаем к нему такие чувства, что о желании пойти ему навстречу тут не может быть и речи.

Чего мы желаем? Чего мы крепко желаем? Все-таки соединенными усилиями нам нужно сделать так, чтобы эта огромная работа, которая имеется в нашем литературном наследстве и в нынешней акции, реализовалась. Пусть сам Институт подумает об этом, пусть группа подумает, чтобы она приняла характер более демонстративный (...). Не только в нашей стране широкие круги, но и в самой среде академиков еще недостаточно знают об удельном весе работы этого Института, о значении этих

работ, а отсюда вытекают, конечно, отрицательные последствия для работы самого Института, и мы это отлично знаем.

О Николае Семеновиче мы знаем, что это самый дружный наш товарищ, когда мы ездим по заданиям Президиума в различные области, на различные заводы. И сегодня мы слышали очень поучительные заявления от практических работников о значении в этом отношении работы Николая Семеновича. Я думаю, что нужно нам добиться того, чтобы об этом знали не только мы, не только отдельные круги, но знала бы вся страна. Поэтому нужно подумать о специальном типе издания, которое по-настоящему популяризировало бы, с одной стороны, работу Института, с другой стороны, давало бы различным кругам нашей общественности различного рода работы, широко поднимая внимание и создавая более дружественное окружение этому Институту.

Я думаю, что должна быть поставлена еще специальная задача относительно связи работы этого Института на новой фазе, с другими организациями. Тут кое-что уже толковали в этом отношении, но желательно сделать так, чтобы, сжимая работы, не разбрасываясь по различным темам, ставя около крупнейших работников надлежащий штаб сотрудников... вместе с тем серьезно подумать нашей Химической группе о правильной кооперации наших сил (...). Надо сделать так, чтобы действительно Техническое отделение было в этом отношении не пристройкой, а чем-то органически связанным. Я думаю, что то, что мы сегодня обсуждали, и то, над чем мы будем в дальнейшем работать, в ближайшее время должно привести, в связи с той тематикой, которую мы наметили на сессии, к специальной сессии Академии наук, где, я надеюсь, наш Институт общей и неорганической химии выступит уже не при таком случайном составе лиц и учреждений, связанных с ним, а подойдет к этому вопросу, серьезно поработавши за это время над выработкой некоторого разностороннего плана, который бы нам фактически и показывал, что в этом Институте мы имеем действительно штаб нашей неорганической химии, штаб, многосторонне связанный с огромной периферией, развертывающийся на наших глазах и имеющий в третьей пятилетке серьезные задачи, которых мы сегодня коснулись отнюдь не исчерпывающим образом.

Вот такова, товарищи, общая программа. Мы видим, что здесь главное находится в наших руках. Самое главное, это драгоценный труд сотрудников, который рекомендовал уже себя перед мировой наукой. Затем, в этом Институте, как мы уже слышали, мы имеем и круг молодых работников. Смычка этих сил и увязка работ этого Института более тесная, чем сейчас, в организованном плане с нашей промышленностью, — то, что вы предлагаете, — увязка с заводскими лабораториями может иметь огромное значение. Вот тогда, я думаю, в тематике мы избежим такой многоотчности, потому что не все будем делать сами, но будем следить за всей работой. Правильно было подчеркнуто, что большая опасность заключается в работах, не доведенных до логического конца, оставшихся только в виде книжного достояния. Это то (...) что нет продуманной линии от штаба до завода. Все это мы должны соединенными силами проделать, но... не спуститься до голого практицизма и на этом растерять теоретические звенья. Нет, нужно, чтобы эти теоретические звенья оплодотворялись, как до сих пор, нажимом социального заказа, который пойдет к нам со всех практических опорных пунктов...

Академик И.И. Черняев

СЛОВО О НИКОЛАЕ СЕМЕНОВИЧЕ КУРНАКОВЕ<sup>1</sup>

Первый раз в моей жизни я увидел Н.С. Курнакова около 1914–1915 г. на его докладе в Русском физико-химическом обществе; от своего имени, от имени Глазунова, еще кого-то, чуть ли не Жемчужного, он докладывал об исследовании каких-то сплавов.

Что меня поразило в его наружности и поведении? Прежде всего, какой-то неповторимый тембр голоса и манера при произнесении фразы, которая ему кажется важной, как-то по особенному фыркать в усы. Довольно длинный лекционный стол аудитории казался ему чересчур мал, так как он двигался из конца в конец и во время доклада, и во время прений. Стремления как-то загипнотизировать аудиторию путем подчеркивания актерскими приемами важности произносимого доклада у него решительно не было. Произносил он его скорее хлопотливо, как бы приглашая слушателей обсудить тему доклада, по-товарищески совместно. Потом я убедился, что отсутствие нажима на собеседника характеризовало Н.С. Курнакова и как редактора; обычно, если только не было явной нелепости в изложении, Н.С. Курнаков стремился сохранить стиль автора и не подвергал статьи какой-нибудь правке. Статьи он, разумеется, прочитывал, но просто он был чрезвычайно терпим к чужому мнению и не считал обязательным во всех случаях жизни проводить свою линию.

Гораздо ближе я познакомился с Н.С. Курнаковым во время подготовки III Менделеевского съезда в 1922 г. Было неизвестно, что из этого съезда, намеченного на июнь месяц, может получиться, и властимущие химики разделились на две группы — пессимистов и оптимистов. Пессимисты во главе с А.Е. Фаворским, В.Е. Тищенко, В.Н. Ипатьевым и др.

Органики считали, что очень большой риск созывать съезд в такое время, может ничего не выйти, люди не приедут, доклады поступают вяло, получится провал, весьма неприятный не только в моральном, но и в материальном отношении — власти откажут в кредитах Физико-химическому обществу, а на членские взносы оно не просуществоует.

Оптимисты, Н.С. Курнаков — председатель Оргкомитета и Л.А. Чугаев — делопроизводитель, считали, что все будет хорошо. Однако нужно было обладать умением Н.С. Курнакова сглаживать острые углы и его терпимостью к чужому мнению, чтобы как-то довести дело подготовки съезда до благополучного конца. Эта способность примирять прямо противоположные мнения была особенно ценна в те времена. В самом начале революции оставалась еще в полной сохранности та беспредельная свобода мнений о любом предмете и по любому вопросу, которая была столь характерна для русской интеллигенции в период между революцией 1905 г. и октябрём 1917 г. Стоит вспомнить бесконечные митинги на всех перекрестках улиц, а то и просто посередине улицы, возникавшие по любому поводу, чтобы убедиться в разноречии и инакомыслии людей по любому вопросу, начиная с финансовых вопросов и кончая "проливами". Помню, как-то после смерти А.П. Карпинского я встретил его дочь и выразил сожаление по поводу его кончины. Дочь мне ответила: "Он же был человеком, который всех примирял".

Вот такую же роль Карпинского для химиков не только Ленинграда, но и всей России, а в дальнейшем и Союза играл и Н.С. Курнаков.

Нельзя сказать, чтобы примиренческая позиция Курнакова по многим вопросам

<sup>1</sup> Арх. РАН. Ф. 1597. Оп. 1. № 47. Л. 9–16. (Выступление на заседании Ученого совета ИОНХа 19 марта 1951 г., посвященном десятилетию со дня смерти Н.С. Курнакова.)

химического порядка была продиктована эгоизмом, трусостью или ленью разбираться в сложнейшей обстановке жизни начала революции. Эта позиция зависела от его оптимизма и веры в лучшее будущее.

Верой в лучшее будущее тогда нужно было обладать в высокой степени, ибо даже люди, которым следовало бы понять, какими интересами живет Н.С. Курнаков, часто острили по его адресу так: "Когда он (Курнаков) пьет чай с сахаром, то думает: почему этот раствор жидкий, а не твердый — ведь это же раствор". Это был еще сносный случай, а то попросту считали, что Курнаков занимается никому не нужной чепухой, не утруждая себя желанием в этой "чепухе" разобраться. Н.С. как-то мне сказал о бертоллидах: "Если бы это учение проповедовал не я, а кто-нибудь другой, то ничего бы не добился, но и мне влетало".

Может быть, не стоило воскрешать в памяти эти эпизоды, так как они не зависели от персональных данных Курнакова. Про Чугаева говорили прежде: "Он всегда делает один и тот же доклад", очевидно считая, что упоминание теории А. Вернера и "координационного числа" есть признак застоя в науке.

Положение с планированием науки было таково: было неизвестно, какие события произойдут в ближайшее время и понадобится ли наука вообще. Возникал вопрос не о том, как бы удивить мир интересной тематикой и дать более важные результаты для практики, а наметить такие вопросы, которые были бы важны "для всех времен и народов". Я помню, как в одно из заседаний совета Института платины, в 1919 г. (а может, и в 1920 г.), обсуждались вопросы постановки аффинажа благородных металлов в России. Л.А. Чугаев, вообще по натуре оптимист, сказал: "Вот мы тут сидим и рассуждаем, что делать, а дипломаты договорятся и напишут ноту — прекратить всякие исследования и продавать только сырую платину, и вся наша работа пойдет насмарку".

Ясно, что планировать длительные работы и фундаментальные исследования в этих условиях было трудней, чем теперь. Как-то я во время особенно свирепой реформы вузов, при которой роль преподавателя сводилась практически к нулю, пожаловался Н.С. Курнакову на наше нелепое положение. Всегда выдержанный, Н.С. вдруг рассвирепел и, шаркая ногами, с краской на лице начал мне доказывать, что подобное положение не может длиться сколь-нибудь значительное время. Я тогда понял, насколько глубоко затрагивают его психику вопросы повседневной научной жизни и какой он обладает выдержкой, способной дать ему возможность не обнаруживать своих чувств. Сейчас, когда научная работа сделалась совершенно необходимой не только в вузах, как было раньше, но и в повседневной жизни не только фабрик и заводов, но и села, ученые ведут себя все проще и проще. В конце XIX века и начале XX люди, посвятившие себя науке, частенько отрешались от действительности, иногда бессознательно из экономии нервов, иногда сознательно, считая, что только к концу жизни они могут дать нечто ценное для практики. Наружно это сказывалось появлением "профессорской рассеянности или глубокомыслия". У Н.С. Курнакова ни в его наружности, ни в поведении не было того специфического оттенка, по которому можно было признать "жреца науки". Обладая счастливой внешностью, мало доступной влиянию времени, Н.С. Курнаков производил впечатление скорее отставного бравого военного, занявшегося практическими вопросами. Но под этой наружностью скрывалось все-таки горячее сердце настоящего ученого-исследователя, и Н.С. Курнаков не один раз мне говорил, когда я сообщал какую-нибудь интересную новость: "Что ж, батенька, помолчите. О хороших вещах следует как можно дольше молчать". Это совсем не значило, что Н.С. был мракобесом, считавшим, что высокая наука доступна только избранным натурам. Просто этим выражалась мысль о необходимости как следует подготовить работу к опубликованию, собрав все доказательства в пользу мысли, кажущихся интересными. С другой стороны, Н.С. Курнаков стремился путем задержки опубликования выяснять вопрос о практической важности работы и использовать результаты работы для нашей Родины. Кстати сказать, Н.С. Курнаков был настолько русским патриотом в хорошем зна-



чении этого слова, что я никак не мог представить себе его находящимся за границей в эмиграции, вдали от нашей русской действительности. Время, в которое складывался характер Н.С. Курнакова, располагало к некоторой скрытности в обществе, такова была политическая атмосфера, но он делался совсем другим и гораздо более интересным человеком в товарищеской беседе. Этот другой человек уже был пропагандистом своих идей, красноречивым проповедником величия науки, тонко понимающим оттенки господствующих теоретических воззрений, имеющих свои взгляды и симпатии, направленные главным образом на познание химических превращений такого порядка, который не всегда был доступен для объяснения классической теорией строения. Когда-то в молодости Н.С. сам занимался этой теорией в приложении к комплексным соединениям, но ко времени моего знакомства с ним прошло после этого примерно тридцать лет, и он к этим вопросам охладил настолько, что неоднократно говорил мне: "Я не поклонник теории строения", в ответ на мои попытки заинтересовать его деталями химии комплексных соединений. Может быть, такое равнодушие к вопросам "строения" происходило по той причине, что примерно до начала XX века химии разделились на органиков, занимавшихся собственно только теорией строения, и неоргаников, занятых другими вопросами. Знаменем неоргаников было полное пренебрежение к теории строения и всякое сочувствие к ней означало ренегатство.

Однако я забежал вперед — более основательное знакомство с Н.С. Курнаковым произошло после смерти Л.А. Чугаева, когда Н.С. Курнаков стал директором Института платины. Тогда его терпимость к чужому мнению сыграла большую положительную роль, так как помогла ему сбросить то направление в химии комплексных соединений, идущее от него же, потом от Чугаева и сохранившее до наших дней свое научное значение.

Н.С. Курнаков никогда не тратил свой порох по мелочам, не выступал с возражениями по вопросам второстепенного значения. Помню, мы сидели рядом на докладе А.А. Байкова — о химических процессах при твердении цемента. Байков докладывал довольно ясно и четко формулировал основные явления, происходящие при гидролизе силиката кальция. Однако Н.С. Курнаков подметил, что Байков ничего не говорит про одну фазу, которая играет, по-видимому, существенную роль в этих процессах. Я тогда сказал Н.С. — выступите с возражением, но он махнул рукой и промолчал. По молодости лет такая терпимость показалась мне ненужной, необоснованной, и только потом я смог оценить это спасительное качество Курнакова. Оно помогло ему взять очень дальний и очень верный прицел не только в научных исследованиях, но и при выполнении работ с практическим оттенком. В начале работы по аффинажу благородных металлов преследовали сугубо практическую и очень безотлагательную цель — разделения и очистки платиновых металлов. Однако Курнаков поставил дело так, что на договорные средства велись работы, имеющие и теоретическое значение, в том числе и работы по сплавам благородных металлов. В то время работы по сплавам не имели выхода в практику по той простой причине, что в чистом виде не имелось тех металлов, из которых нужно было получать эти сплавы.

Со стороны заводских работников довольно долго наблюдалось достаточно злопыхательское отношение к этим работам. Протоколы заседаний аффинажной комиссии назывались "Записками Пикквикского клуба", а при отпуске денег обычно говорилось, что там имеются две статьи: первая на "дело" (т.е. аффинаж и анализ), а вторая на "науку" (т.е. на работы по сплавам). Однако уже довольно скоро стало ясно, что обе статьи, столь различные в глазах заводских работников, на самом деле имеют для "дела" и для "науки" одинаковое значение. Это умение предугадать будущее, практическое значение областей исследования у Н.С. Курнакова появилось в результате большой работы в разных областях химии, начиная с химии солей и платиновых металлов и кончая химией сплавов. Положение главы советской неорганической химии, достигнутое Н.С. Курнаковым, далось ему в результате длительной упорной работы. Он заработал свои чины, ордена и звания. Во времена, в

которые ему пришлось жить, иногда такие отличия выигрывались путем умелой политики без особых усилий для движения науки вперед. Его увлеченность наукой внешне мало сказывалась, но следует принять во внимание, что со времени его избрания в академики ему пришлось руководить тремя лабораториями: лабораторией Академии наук, Горного и Политехнического институтов, а нести такой тройной груз мог только человек, преданный своему призванию целиком.

Кроме того, на нем лежали обязанности руководства Институтом прикладной химии, участие в многочисленных академических советах и комиссиях. "Судьба распорядилась так, — сказал он мне в откровенную минуту, — что к старости я нагружаюсь все больше и больше, вместо того, чтобы разгружаться". Во всех учреждениях, где ему приходилось работать, он выполнял свои обязанности не за страх, а за совесть.

Мне кажется, что эта способность пройти через все превратности жизни, оставаясь самим собой, зависела от влюбленности Н.С. Курнакова в науку, в свои идеи, наконец, в свою Родину. Его любимый герой Бертолле смог пройти через все превратности революции, правление Наполеона и кончить жизнь пэром Франции, уже при Бурбонах, вероятно, из-за той же одержимости своими идеями. Я бы уподобил поведение ученых подобных Курнакову или Бертолле поведению лунатиков. Они могут пройти по самым опасным местам в этом состоянии, совершенно без вреда для себя. Жизненный путь, пройденный Курнаковым, есть поступательное движение вперед только вперед. Он как-то не очень любил вспоминать прошлое и рассказывать истории из былых времен, но, подчас вспоминая жизнь крупных химиков, выражал свое сожаление о том, что иногда наши большие люди уходили в промышленность или в политическую деятельность, расходуя свое время на задачи, далекие от науки.

Наконец, следует вспомнить еще одно качество Н.С. Курнакова: способность к воспитанию учеников, причем очень различных по своим химическим интересам и индивидуальности. Вообще организация школы есть особое свойство, не прямо зависящее от масштаба ученого. Подобно тому как красота женщины вовсе не пропорциональна числу детей, научная значимость ученого не всегда соответствует численности его учеников. Очень крупный ученый может просто отпугивать молодежь от себя, так как она теряет надежду когда-либо достичь тех вершин знания, на которых находится учитель. Простота Курнакова и отсутствие погони за внешними эффектами способствовали возникновению у молодых ученых надежды сделаться когда-нибудь Курнаковым, потому что казалось, что для этого нужно только одно — работать, работать и работать, как Н.С. Курнаков, при всех условиях, вплоть до самой смерти.

### Приложение 3

УРАЗОВ ГЕОРГИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ  
(18.I.1884-27.IV.1957)

### АВТОБИОГРАФИЯ<sup>1</sup>

Родился 18 января 1884 г. в селе Шатое Терской области, Аргунского округа, в семье врача. Среднее образование получил в Ереванской классической гимназии, которую окончил с золотой медалью в 1903 г. В том же году был принят на Metallургическое отделение Петербургского политехнического института, который окончил в

<sup>1</sup>Арх. РАН. Ф. 411. Оп. 3. № 214. Л. 8-25.

январе 1909 г. со званием инженера-металлурга. В 1912 г., подвергшись испытаниям в физико-математической испытательной комиссии при Петербургском университете по группе химии и представив одобренное сочинение, был удостоен диплома первой степени( . . . )

За пройденный мною трудовой путь главная деятельность моя протекала в Петербургском, а затем Ленинградском политехническом институте и в Академии наук СССР, в Институте физико-химического анализа, а затем в Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова.

В первом учреждении начиная с 1903 г. мною пройдены этапы: студента, стипендиата для подготовки к профессорской деятельности, младшего лаборанта, ассистента и профессора. Служение в этой высшей технической школе продолжалось до 1938 г. С 1918 г. и по сие время работаю в Академии наук СССР.

Много лет мною посвящено исследованиям различного рода полезных ископаемых, в связи с чем приходилось организовывать и руководить специальными лабораториями. Первою из таких лабораторий была лаборатория при Управлении промышленных разведок Северной области, где были начаты исследования составов, свойств и методов переработки хивинских бокситов. Работы здесь протекали с 1919 по 1924 г. В последнем году эти работы были перенесены в Геологический комитет (затем ЦНИГРИ), где они получили значительное развитие и расширение. Была создана специальная физико-химическая лаборатория, которая своим оборудованием и работами соревновалась с лучшими лабораториями Ленинграда. Работа здесь протекала до 1941 г. Аналогичная лаборатория, но меньшего диапазона, была создана в Ленинграде, в Нефтяном институте.

В течение ряда лет (с 1931 г.) и до войны работал в ГИПХе, где руководил и консультировал ряд работ. Центром исследований здесь являлся вопрос применения хлора к переработке руд цветных и редких металлов.

С переездом в Москву центр тяжести работ, в том числе и педагогической, переместился сюда.

В июне 1934 г. Высшей аттестационной комиссией был утвержден в ученой степени доктора технических наук.

В июне 1935 г. Президиум Академии наук СССР присудил ученую степень доктора химии.

В январе 1939 г. Общим собранием Академии наук СССР утвержден членом-корреспондентом Академии наук СССР.

С 1937 г. руковожу кафедрой в Московском институте тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова, а с 1943 г. и кафедрой в Московском институте цветных металлов и золота им. М.И. Калинина . . .

Выше приведена внешняя сторона моей биографии, за которой кроется внутренняя ее сторона. В обычных справках анкетного характера ею почти не интересуются. Но по сути дела она во многих отношениях содержит в себе те внутренние причины, которые направляют и характеризуют деятельность отдельных лиц. Несколько слов об этой стороне моей биографии.

Я кончил гимназию с золотой медалью, и этот успех завершения первого этапа моей жизни объяснялся не столько моими дарованиями — они были не выше средних, сколько трудолюбием и вниманием к окружающим явлениям.

Вся моя самостоятельная деятельность, в студенческие и последующие годы, проистекала из настроений гимназического периода, которые складывались из чисто личных ощущений, определявшихся душевным складом, и влияния близких людей, в особенности отца. Последний, являясь большим патриотом, считал, что в складывающихся международных отношениях, чтобы России быть сильной, ей нужен сильный флот. В связи с этим он хотел в одном из своих старших сыновей видеть опытного кораблестроителя, для чего я был предназначен для отправки в Германию в одну из морских школ. Мне было предложено изучать немецкий язык, и учеником пятого и шестого классов я готовился к отъезду, когда к этому представлялся благо-

приятные обстоятельства . . . Но их я так и не дождался. Семья все время росла (нас было девять детей в живых), свободных материальных возможностей для поездки в Германию из года в год становилось меньше. И кончилось тем, что я благополучно окончил гимназию и поступил затем на Metallургическое отделение Петербургского политехнического института. Этим осуществилось до некоторой степени пожелание отца, так как для строительства флота нужны и металлурги.

Меня же в юношеские годы влекло чувство любви к ближнему, желание помочь ему. И удовлетворение этой потребности я видел в деятельности врача. Эти настроения мои окрепли больше, когда я учеником 7 класса вместе с отцом совершил почти полуторамесячную поездку по селам и деревням Ереванской губернии, регистрируя и выявляя прокаженных. Я участвовал в этой экспедиции в качестве фотографа, на обязанности которого было запечатлеть различные формы этого неизлечимого и тяжелого недуга. Это нужно было для составления книги о распространении проказы в Закавказье; целью ее было возбудить внимание к этому заболеванию в общественных и официальных кругах и тем способствовать постройке лепрозория.

Будучи студентом 1-го курса Metallургического отделения, я был недалек от решения перейти в Военно-медицинскую академию, но надвинувшаяся катастрофа над моей семьей (смерть отца) изменила мои настроения; мне нужно было думать о семье, о моей меньшей братии, разделяя в этом отношении заботы матери.

Изменению этих настроений способствовала и та обстановка, которая окружала нас, молодых студентов, в СПбургском политехническом институте. Блестящая профессура, новые здания института, грандиозностью и красотой своею сравнимые с дворцами, прекрасные аудитории, богато оборудованные лаборатории и кабинеты, совершенно необычная система преподавания и весь уклад жизни, сложившийся в этой кузнице науки, объединившей и профессорско-преподавательский и студенческий состав в единую семью, все это не могло не влиять на настроения и на образ мысли молодых людей, жаждущих новых впечатлений и знаний.

Принятая в Политехническом институте, в особенности в первые годы его существования, система обучения, в которой особое внимание уделялось практическим занятиям в лабораториях, предоставляла студентам большие возможности близкого общения с профессорско-преподавательским составом и наилучшего этим самым освоения отдельных предметов.

Я не могу забыть той неотразимой, притягательной силы, какую оказывали лабораторные занятия на меня, — далекого и глубокого провинциала, знакомого из своей практики средней школы только с методом обучения при помощи доски и мела.

Больше всего нас, металлургов, интересовали химические лаборатории, где желающие, как вообще и в других лабораториях, могли значительно расширять свои занятия сверх положенной программы и даже принимать участие, сначала, правда, скромное, в научно-исследовательской деятельности отдельных лабораторий. Это обстоятельство в значительной мере способствовало тому, что я прошел расширенный практикум по аналитической химии в лаборатории профессора Н.А. Меншуткина, под руководством одного из его талантливых ассистентов (ныне профессора) — Д.Н. Монастырского. Этот практикум был завершен производством полного анализа силиката и оставил во мне глубокий след. Здесь я впервые полюбил химической эксперимент, приобрел аккуратность в работе и способность к химическому мышлению. По окончании этого практикума, весной 1906 г. по совету Д.Н. Монастырского, я и мой друг А.Е. Раковсков направились в лабораторию проф. Н.С. Курнакова, который в это время налаживал и начинал свои приобретшие затем мировую известность работы по изучению металлических сплавов. Здесь мы были тепло встречены Н.С. Курнаковым и его верным и славным сподвижником С.Ф. Жемчужным, который и явился нашим непосредственным руководителем и учителем освоения экспериментальной техники металлографических исследований. Результатом этих занятий явилась первая моя работа, выполненная совместно с А.Е. Раковсковым, под руководством С.Ф. Жемчужного, по сплавам марганца с медью и никелем.

Эти работы настолько увлекли меня, что все последующие годы своего пребывания студентом в СПбургском политехническом ин-те во время каникул я проводил время в лаборатории Н.С. Курнакова, когда были мною уже в значительной мере самостоятельно выполнены две работы (сплавы меди и магния, а затем — ауриды магния), составившие предмет моей дипломной работы.

Будучи стипендиатом при кафедре общей химии, мною было проведено изучение электропроводности твердости сплавов магния с кадмием. За эту работу мне Отделением химии Русского физико-химического общества была присуждена премия имени Д.И. Менделеева.

Указанное исследование было начато под влиянием только что перед тем установленных Н.С. Курнаковым и С.Ф. Жемчужным закономерностей, связывающих изменение свойств твердых растворов (электропроводности и твердости) в зависимости от их состава. В связи с этим было интересно приложить эти закономерности к определению состава химического соединения, способного образовывать твердые растворы с избытками своих компонентов. И одним из первых таких примеров явился кадмид магния, который был обнаружен мною. Вторым примером этого же рода явился аргентид магния, изученный одновременно Н.С. Курнаковым и В.И. Смирновым. Эти два примера, наряду с исследованиями Н.С. Курнакова с С.Ф. Жемчужным, Н.Н. Ефремовым и др. вязкости жидких систем, образованных органическими веществами, явились основанием для установления сингулярных элементов химических диаграмм "состав—свойство" и классификации последних.

Вскоре установленные Н.С. Курнаковым два типа интерметаллических соединений переменного состава, дальтониды и бертоллиды, вызвали оживленные исследования веществ этого рода, и как дань этому течению появился и ряд моих исследований по изучению силицидов, антимонидов, сульфидов и ряда металлов.

Н.С. Курнаков в своих работах останавливал свое внимание не только на разрешении теоретических, но и важных практических вопросов. Этот вкус к всестороннему освещению действительности он передавал и своим ближайшим сотрудникам, и в частности мне, поручив в начале моей деятельности исследование ядовитых свойств технических сортов ферросилиция и устроив командировку в район Баку для обследования вопроса о распространении иода в бакинских озерах и нефтяных водах.

Последнее исследование ввело меня в совершенно новый дотол для меня круг галургических вопросов, результатом чего явилась позднее моя работа, посвященная Соликамскому месторождению калиевых солей, вызвавшая к себе большой интерес со стороны зарубежных геохимиков и химиков.

Изучение распространения иода в бакинских озерах и буровых водах повлекло целый ряд работ по вопросам извлечения из них иода и привлечения внимания к этому роду вопросам целого ряда лиц и организаций. Совместно с моим товарищем по СПбургскому политехническому институту В.П. Ильинским — ныне профессором — разрабатывался электрохимический метод выделения иода, совместно с С.В. Константиновым был предложен ряд методов химического и электрохимического получения иода. Мои ученики в этой области — проф. Л.М. Зарудский и главный инженер одного из главков НКХП Г.С. Клебанов — являются видными деятелями в создании отечественной иодобромной промышленности.

Привлечение Н.С. Курнаковым меня в 1917 г. к работам Аллюминиевой комиссии, а затем участие в работах Бокситового комитета при Северообластном управлении промышленных разведок послужило началом целой серии моих работ по изучению вопросов переработки бедных кремнеземистых бокситов и применения в практике кремнийсодержащих сплавов алюминия.

В первом направлении с большой группой сотрудников (проф. Ю.В. Морачевский, инж.-металлурги А.В. Читаев, Я.Е. Вильянский (ныне профессор), инж.-хи-

мики Л.Б. Струтинский, Н.Д. Палицын, А.В. Егоров, Е.П. Левандо и др.) были произведены обширные исследования по изучению физико-химических свойств отечественных бокситов и способов их переработки щелочными методами, в том числе и известково-натровым. Последний способ в большом масштабе был реализован ГИПХом для переработки тихвинских бокситов, под руководством проф. А.А. Яковкина.

Во втором направлении был произведен ряд исследований сплавов, продолжающийся и поныне. Из числа моих первых сотрудников в этой области многие теперь достигли высоких и ответственных положений. Из них укажу на генерал-майора (Гл. арт. упр.) В.Н. Константинова, профессора Арт. акад. Н.А. Кондратьева, проф. Магнитогорского металлург. ин-та Г.М. Заморюева, инженеров-металлургов В.А. Боброва, Г.К. Амстердамского, И.И. Зедина, А.Н. Филина, А.В. Шatina и др.

Исследования в области бокситов привлекли мое внимание к изучению и других естественных образований с целью их промышленного использования и освещения отдельных сторон образования их в природных условиях. В этом направлении мною производились многочисленные работы в руководимой и созданной мною физико-химической лаборатории в Геолкоме (впоследствии в ЦНИГРИ), в Нефтяном институте в Ленинграде. Здесь велись работы над изучением глин, известняков, доломитов, отбеливающих земель, сульфидных руд, руд цветных металлов, солей и т.д.

Избрание меня в 1920 г. профессором по металлургии цветных металлов в Ленинградском политехническом институте кладет начало обширных работ по изучению отдельных сторон методов переработки руд цветных металлов. Эти работы затем получили расширение в исследованиях по переработке руд редких металлов, организованных в ГИПХе, а затем и в ИОНХе Академии наук СССР, а в последние годы в Московском институте тонкой химической технологии имени М.В. Ломоносова и в Московском институте цветных металлов и золота имени М.И. Калинина. В этих учреждениях с особенной сердечностью я должен упомянуть сотрудничество со следующими лицами: профессором П.С. Киндяковым, доцентами А.Н. Филиным, А.В. Шатиным, Л.Р. Эдельсоном, К.А. Большаковым, старшими научными сотрудниками М.А. Соколовой, И.С. Морозовым, Н.Н. Ногиновым, Л.Э. Ротман и др.

Работа моя во вузах, начатая с 1911 г. (не считая аспирантуры с 1909 по 1911 г.) и продолжающаяся и поныне, является одной из существенных сторон моей деятельности. Здесь я нашел выход и применение моим стремлениям с молодых лет быть непосредственно полезным людям. Моя педагогическая работа давала мне в этом отношении большое удовлетворение, и я на очень многих примерах вижу пользу этого, когда встречаю моих учеников, занимающих ответственные и приносящие пользу стране и людям посты.

Вся моя разносторонняя по объектам изучения исследовательская деятельность объединяется и направляется единым научным методом, который создан моим учителем Н.С. Курнаковым, — физико-химическим анализом.

18. III. 1945.

Г. Уразов

Академик И.В. Гребенщиков

ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
И.И. ЧЕРНЯЕВА<sup>1</sup>

Илья Ильич Черняев, ученик покойного профессора Л.А. Чугаева, с 1915 г. работает в области комплексных соединений.

Основным направлением работы И.И. Черняева с 1923 г. являются работы, посвященные вопросам динамики внутренней сферы комплексных соединений, преследующие цель определить на опыте направление и характер сил, вызывающих координацию молекул, присоединяющихся к центральному атому комплекса. В связи с этим в 1923 г. И.И. Черняевым был выставлен принцип трансвлияния, сводящийся к тому, что реакционная способность координированных вокруг центрального атома групп или атомов зависит от природы стоящих в *транс*-положении к ним заместителей. Кислые остатки, координированные вокруг центрального атома, при этом показывают значительно более сильное лабильное трансвлияние на противостоящие заместители, нежели нейтральные группы, как, например,  $H_2O$ ,  $NH_3$  и т.д.

И.И. Черняевым на основе этого было показано, что почти все найденные ранее эмпирические закономерности для реакций замещения во внутренней сфере комплекса (закономерности Пейроне, Иергенсена и Курнакова) сводятся к этому принципу и могут быть им объяснены. Справедливость правила трансвлияния была подтверждена И.И. Черняевым на целом ряде различных комплексных соединений платины.

В дальнейшем было показано, что закономерность И.И. Черняева может быть целиком приложена к комплексным соединениям платины и других металлов.

Эти представления были расширены в последнее время другими исследователями (А. Гельман) на примере соединений платины с ненасыщенными молекулами.

Далее И.И. Черняев показал возможность возникновения новых типов геометрических изомеров для двух- и четырехвалентной платины в ряду циклических соединений ее с этилендиамином, а также и простых аммиачных (и других аминовых) соединений. И.И. Черняевым была найдена оптическая деятельность соединений четырехвалентной платины, причем особенно интересным является тот факт, что эти соединения содержали только один этилендиаминовый цикл. Таким образом, эти соединения являются переходными к случаю оптической деятельности соединений с асимметрическим атомом платины и служат как бы переходным звеном между оптической деятельностью углерода и платины.

Далее И.И. Черняевым было открыто явление амидоинверсии у соединений платины, заключающееся в том, что при потере одного водородного иона от внутрисферного аммиака (или какого-либо амина) всегда происходит перемена знака вращения и увеличение абсолютной величины угла вращения и появление дисперсии. Кроме того, И.И. Черняевым было экспериментально доказано, что действие щелочи на соединения четырехвалентной платины всегда приводит к отщеплению одного иона водорода из внутренней сферы (амидореакция), независимо от координационного типа исследуемых соединений.

Как следствие выставленного принципа трансвлияния И.И. Черняевым были получены новые типы изомерии в триаминовом ряду платиновых соединений, а именно,

<sup>1</sup>Арх. РАН. Ф. 411. Оп. 3. № 280. Л. 28—33. (Характеристика была представлена в Президиум АН СССР в связи с утверждением члена-корреспондента АН СССР И.И. Черняева директором Института общей и неорганической химии АН СССР).

им была осуществлена изомерия граневых триаминов, т.е. таких триаминов, у которых все кислые заместители находятся на одной грани октаэдра. Таким образом, на этих соединениях И.И. Черняев впервые наблюдал своеобразную изомерию, зависящую не от взаимного расположения отрицательных и дипольных групп, но зависящую только от относительного расположения отрицательных групп.

Далее, опираясь на принцип трансвлияния, И.И. Черняев показал, что триамины обычного строения при действии аммиака или аминов гладко переходят в *цис*-тетраамины — соединения, соответствующие виолео-солям кобальта, бывшие до сих пор неизвестными для платины. С получением этих тетрааминов можно считать доказанным то положение, что процесс замещения хлоров аммиаком во внутренней сфере комплекса зависит только от геометрического расположения этих хлоров. Получением изомера соли Гро существенно дополнен основной Вернеровский ряд простейших аммиачных соединений платины.

Кроме того, исходя из принципа трансвлияния И.И. Черняеву удалось синтезировать ряд этилендиаминово-аммиачных соединений класса пентаминов, открытых в свое время профессором Л.А. Чугаевым.

Наконец, в работе с А.М. Рубинштейном И.И. Черняев показал, что внедрение пиридина во внутреннюю сферу четырехвалентной платины идет также согласно выставленному принципу.

Переходя к соединениям двухвалентной платины, необходимо отметить, что в этом ряду И.И. Черняевым была открыта изомерия нитрохлоридов, причем им было показано, что диамин-*транс*-нитрохлориды  $2APtNO_2Cl$ , независимо от природы аминов, подходящих во внутренней сфере, в силу трансвлияния нитрогруппы, обладают подвижным хлором.

Следует отметить также работу И.И. Черняева с В.И. Горемыкиным, в которой было показано, что при окислении гидросиламиновых соединений двухвалентной платины одновременно с окислением гидросиламина идет процесс отщепления *транс*-заместителя, что указывает на то, что процесс разрушения и процесс окисления молекул не должны происходить обязательно в одном и том же месте молекулы.

В последнее время И.И. Черняевым совместно с Гельман были исследованы соединения платины с этиленом, причем ими было обнаружено, что молекула этилена обладает исключительно сильным трансвлиянием. На основе этого наблюдения И.И. Черняевым был осуществлен синтез геометрических изомеров аммиакди-хлорэтиленовых соединений платины, показавших то же различие в химическом поведении хлора, что и в нитрохлоридах, с той лишь разницей, что, согласно требованиям принципа трансвлияния, повышенную активность хлора показал не *транс*-изомер. Эта работа была в дальнейшем развита А.Д. Гельман в ее докторской диссертации.

Из работ И.И. Черняева по двухвалентной платине следует отметить также работу, посвященную вопросу о восстановлении стоящих внутри сферы нитрогрупп. И.И. Черняеву удалось показать, что нитрогруппа гладко восстанавливается до аммиака. Последнее наблюдение позволяет сделать вывод, что реакция Зинина может быть распространена также и на соединения двухвалентной платины.

Наконец, И.И. Черняев дал ряд работ по получению других платиновых металлов. Среди них нужно отметить работу по восстановлению четырехвалентного иридия в трехвалентный посредством сахаров. Им было обнаружено, что альдосахара (глюкоза) в кислом растворе восстанавливают четырехвалентный иридий несравненно медленнее, чем кетосахара, в то время как обычно (в щелочном растворе) до сих пор наблюдалось как раз наоборот. И.И. Черняевым было доказано также, что реакция восстановления четырехвалентного иридия при помощи сахара относится к мономолекулярным реакциям при всех исследованных температурах и концентрациях.

Настоящая работа стоит в связи с вопросами аффинажа платиновых металлов, которым И.И. Черняев уделял и продолжает уделять много внимания. Из работ этого характера следует отметить метод получения в техническом масштабе чистого осмия

и рутения и, наконец, серию работ, связанных с основными процессами аффинажа природной платины и выделения из нее чистой платины.

И.И. Черняев создал вокруг себя школу молодых химиков, с успехом работающих в области комплексных соединений; общее число их в настоящее время достигает 15–20 человек.

И.И. Черняев имеет в настоящее время 50 напечатанных научных работ. Кроме того, 5 научных работ готовится к печати.

Следует отметить также организационную роль И.И. Черняева в деле созыва периодических всесоюзных совещаний по комплексным соединениям. Таких совещаний состоялось два, и оба они прошли с большим успехом и содействовали дальнейшему развитию научной работы в этой области.

За свои работы И.И. Черняев получил целый ряд премий, как, например, премию Комитета по химизации, премию имени Зинина и Воскресенского, ряд премий от Президиума Академии наук, премию имени Л.В. Писаржевского Украинской Академии наук и др.

29.IV.1941 г.

## Приложение 5

### НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ, ЛАБОРАТОРИИ, РУКОВОДИТЕЛИ ЛАБОРАТОРИЙ, ВЕДУЩИЕ И СТАРШИЕ НАУЧНЫЕ СОТРУДНИКИ ИОНХА<sup>1</sup>

#### Координационная химия

(кураторы — Ю.А. Буслаев, М.А. Порай-Кошиц, В.М. Новоторцев)

*Лаборатория химии фторидов* (Ю.А. Буслаев, Ю.В. Кокунов, Е.Г. Ильин, В.Ф. Суховерхов, А.В. Копытин, В.П. Тарасов, С.Г. Сахаров, Э.А. Кравченко, В.И. Привалов, С.П. Петросянц, А.А. Коновалова, В.Д. Будкий, В.В. Левин). Координационная химия галогенидов переходных и непереходных элементов в различных степенях окисления. Координационные соединения изучаются в растворах и в твердом состоянии с применением спектроскопии ядерного магнитного и ядерного квадрупольного резонансов. Синтез и исследование соединений для твердых электролитов, ионоселективных электродов и высокотемпературных смазок.

*Лаборатория кристаллохимии координационных соединений* (М.А. Порай-Кошиц, В.С. Сергиенко, Л.Г. Кузьмина, А.С. Анцишкина, Л.А. Бутман, Г.Г. Садилов). Изучение кристаллохимии и стереохимии соединений отдельных классов, главным образом по признаку родственности лигандов. Цель — установление корреляций и закономерностей стереохимического характера, существенных для фундаментальной химии и способствующих решению практически важных задач, связанных с использованием координационных соединений в катализе, медицине, в качестве материалов.

*Лаборатория биокоординационной химии платиновых металлов* (И.А. Ефименко, А.П. Курбакова, Е.Ф. Шубочкина). Изучение закономерностей влияния природы

центрального атома, способов координации биологически активных лигандов, их взаимного расположения, условий реакции на характер комплексообразования этих лигандов с соединениями платиновых металлов. Выявление корреляции, строение комплекса — биологическая активность и определение химических критериев отбора соединений платиновых металлов для их практического использования.

*Лаборатория координационной химии переходных элементов* (Р.Н. Щелоков, Г.М. Ларин, А.В. Сергеев, А.Г. Бейрахов, В.В. Кириленко, А.В. Ротов, В.В. Минин). Изучение взаимного замещения лигандов в соединениях уранила и родственных комплексообразователей как основы направленного синтеза смешанных соединений; исследование смешанных фторсодержащих координационных соединений переходных элементов. Исследование свойств координационных соединений в полимерной матрице, в частности изучение фотолюминесценции. Исследование химических соединений методом ЭПР.

*Лаборатория координационных соединений платиновых металлов* (И.Б. Барановский, П.А. Чельцов-Бебутов, И.Ф. Голованова, В.А. Палкин, В.Е. Абашкин, А.Н. Жилев). Исследование взаимного влияния лигандов, реакций координированных лигандов и процессов образования связи металл—металл в координационных соединениях благородных металлов; оптической активности комплексов платины. Синтез, строение и реакционная способность координационных соединений и кластеров платиновых металлов. Поиск работы по синтезу биядерных комплексов платины с противоопухолевой активностью.

*Лаборатория координационной химии щелочных и редких металлов* (А.Ю. Цивадзе, И.К. Киреева, А.В. Левкин, В.И. Беломестных). Синтез и физико-химическое исследование комплексов щелочных, щелочноземельных и 3d-металлов с макроциклическими полиэфирами и их линейными аналогами. Изучение разделяющей способности макроциклических полиэфириров и их аналогов. Направленный поиск биоактивных веществ с заданными свойствами, а также материалов для химических источников тока и ионоселективных электродов.

*Лаборатория структуры водных растворов, сектор колебательной спектроскопии* (А.К. Лященко, А.С. Лилеев, Г.В. Юхневич, В.В. Гончаров, А.Ф. Борина). Изучение гидратации ионов и молекул, комплексообразования и структур смешанных водно-электролитных и водно-неэлектролитных растворителей и их связи с процессами разделения веществ и получения материалов. Методы исследования — диэлектрическая СВЧ-спектроскопия (7–25 ГГц), электронная спектроскопия, ЯМР, ИКС; изучение вязкости, электропроводности; физико-химический анализ.

*Лаборатория химии халькогенидов* (С.А. Дембовский, Г.З. Виноградова, Е.А. Четкина, С.А. Козюхин). Исследование собственных и примесных дефектов в некристаллических веществах; изучение халькогенидных расплавов с целью поиска новых областей стеклообразования.

#### Неорганические вещества и материалы

(кураторы И.В. Тананаев, В.Б. Лазарев, Н.Т. Кузнецов, Е.Г. Ипполитов)

*Лаборатория энергоемких веществ и материалов* (Н.Т. Кузнецов, К.А. Солнцев, Ю.И. Красилов, И.А. Розанов, А.Л. Шилев, В.Е. Коноплев, В.В. Цапкин, Л.М. Дорожкин, Э.Н. Берсенева, Д.А. Мурашов, Н.Н. Мальцева, С.И. Бакум, В.А. Кецко). Синтез и физико-химическое исследование комплексов соединений актинидов, гидридов, разработка физико-химических основ и методов получения материалов для квантовой электроники. Химия метафосфиматов — нового класса неорганических и координационных соединений с конформационно-лабильными гетероциклическими лигандами. Химия полиэдрических бороводородных соединений и их производных.

<sup>1</sup>Составители В.А. Лотхов и В.В. Гончаров.

*Лаборатория термодинамических основ неорганического материаловедения* (В.Б. Лазарев, И.С. Шаплыгин, С.Ф. Маренкин, Г.И. Пасюк, Я.Х. Гринберг, А.Д. Изотов, М.Г. Васильев, В.Е. Горбунов, Г.А. Шарпата, А.А. Шелякин, В.П. Саныгин, К.С. Гавричев, В.В. Волков, В.Н. Гуськов). Калориметрические исследования неорганических соединений; теоретическое и экспериментальное изучение  $P-T-X$ -фазовых диаграмм, термодинамической устойчивости кристаллической структуры вещества и ее зависимости от состава, температуры, давления. Исследование структурных превращений кремнезема под влиянием химических агентов. Материаловедение полупроводников группы  $A^{III}B^V-A^{II}B^V$  и тройных соединений. Синтез и изучение физических свойств, в том числе электропроводности и сверхпроводимости, простых и сложных оксидов.

*Лаборатория химии редких элементов и неорганических полимеров* (В.Ф. Джурицкий, Н.Н. Чудинова, Т.Б. Кувшинова, Г.В. Лысанова, Г.А. Бандуркин, Л.З. Гофман). Изучение химии мономерных, олигомерных и полимерных фосфатов, относящихся к трем гомологическим рядам соединений, в том числе замещенных фосфатов (тио- и фторфосфатов). Исследование соединений лантанидов со смешанными оксидными анионами; спектрофотометрия комплексообразования в расплавленных и полимерных средах.

*Лаборатория неорганических материалов на основе редких элементов* (В.П. Орловский, А.В. Лавров, Б.М. Жигарновский, Ж.А. Ежова, Г.В. Родичева, Э.Н. Муравьев, В.И. Бутаков). Технология диоксидов циркония и гафния особой чистоты, включающая очистку хлороксидов циркония и гафния от органических и неорганических примесей, обоснование оптимальных условий получения мелкодисперсных порошков гидроксидов циркония и гафния. Химические транспортные реакции как эффективный метод поиска новых и координационных соединений в газовой фазе. Разработка метода синтеза гидроксиапатита — биологически совместимого материала для протезов.

*Лаборатория физико-химического анализа оксидов* (В.М. Скориков, Г.С. Сулейманова, Ю.Ф. Каргин, В.И. Чмырев, В.А. Чижов, В.В. Волков). Химия оксидных соединений многовалентных металлов, оксидных соединений висмута; поиск и получение монокристаллов соединений со структурами типа силленита, эклитина, перовскита, пироклора, обладающих уникальными физическими и химическими свойствами.

*Лаборатория окислителей* (Е.Г. Ипполитов, П.Н. Дьячков, В.П. Бабаева, М.А. Федоров, Н.В. Кривцов, Д.Г. Лемешева, Т.А. Трипольская). Синтез и изучение свойств нового класса комплексных соединений — перхлоратометаллов; технология пероксида кальция; исследование пероксокомплексов непереходных элементов. Исследование соединений окисленного графита, их строения и физико-химических свойств. Получение материалов на основе оксидов, фторидов графита и солей графита.

*Лаборатория магнитных материалов* (В.М. Новоторцев, А.А. Пасынский, И.Л. Еременко, А.В. Филатов, О.Г. Эллерт, Т.И. Конешова, Г.Г. Шабунина, С.Е. Нефедов, Т.Г. Аминов). Физикохимия сложных халькогенидов и создание на их основе магнитных материалов с заданными свойствами; теория обменных взаимодействий; направленный синтез модельных магнитоактивных кластеров переходных металлов.

*Лаборатория химии полядерных и кластерных соединений* (С.П. Губин, В.Г. Лебедев, В.И. Куликовский). Разработка методов синтеза и исследование полядерных и кластерных соединений редких элементов в неводных средах.

## Химическая технология

(кураторы — В.А. Малюсов, И.И. Моисеев, В.А. Лотхов)

*Лаборатория металлокомплексного катализа* (И.И. Моисеев, М.Н. Варгафтик, Т.А. Стромнова, А.Е. Гехман, И.П. Столяров). Кинетика и металлокомплексный катализ жидкофазных органических реакций. Синтез новых координационных соединений. Фундаментальные исследования кинетики и механизма промышленно важных каталитических реакций: окисления, эпексидирования и изомеризации алкенов, превращения пероксида водорода, оксидов углерода, спиртов и их эфиров.

*Лаборатория теоретических основ химической технологии* (Н.Н. Кулов, В.А. Малюсов, В.В. Дильман, В.А. Лотхов, С.К. Мясников, В.В. Максимов, С.В. Фомичев). Интенсификация и изучение механизма перспективных методов разделения и очистки веществ, разработка методов расчета и новой высокоэффективной аппаратуры. Кинетика тепло- и массообмена в процессах абсорбции, ректификации, кристаллизации. Мембранные процессы разделения жидких смесей. Физические методы воздействия на процессы разделения.

*Лаборатория химии и технологии природных солей* (В.П. Данилов, И.Н. Лепешков, В.Т. Орлова, С.М. Портнова, И.Б. Кудинов, О.Н. Краснобаева). Физико-химическое исследование минерально-солевых ресурсов и научное обоснование методов их комплексной переработки с получением различных солей и редких элементов. Синтез новых соединений, комплексных минеральных удобрений, некоррозионных, низкотемпературных антифризов, теплоносителей, материалов для оптической, радиоэлектронной и лазерной техники.

*Лаборатория высокочистых веществ* (В.А. Федоров, Э.Г. Жуков, И.Б. Трубников, И.С. Ковалева, А.А. Бабицына). Физико-химические основы получения летучих высокочистых алкильных и алкоксипроизводных элементов II—IV групп и ряда неорганических веществ с применением адсорбционных, ректификационных и химических методов. Изучение прямого лазерного высокочастотного термохимического синтеза летучих гидридов. Физикохимия и получение полупроводниковых, магнитных и оптических материалов на основе халькогенидов, галогенидов и арсенидов металлов.

*Лаборатория химико-металлургических процессов* (В.А. Кренин, Г.М. Топтыгина, В.И. Евдокимов, Н.П. Дергачева, Н.Ф. Дробот). Процессы химического обогащения полиметаллических труднообогатимых руд, основанные на хлоридовозгонке и последующей гидрометаллургической переработке хлоридных возгонов. Термодинамический анализ гетерогенных многокомпонентных систем.

*Лаборатория водных растворов и водно-солевых систем* (В.М. Валяшко, М.Н. Родинова, К.Г. Кравчук, М.А. Урсова). Фазовые равновесия водно-солевых систем при высоких параметрах состояния; свойства высокотемпературных водных растворов электролитов и их молекулярное строение. Исследование растворителей с пространственной сеткой водородных связей. Накопление и стандартизация данных по свойствам водных систем; термодинамические методы расчета многокомпонентных равновесий.

## Методы исследования и анализа

(кураторы — Ю.А. Золотов, В.И. Нефедов, А.И. Холькин)

*Лаборатория аналитической химии платиновых металлов* (Ю.А. Золотов, Л.К. Шпигун, Н.К. Бельский, Н.А. Езерская, В.Б. Иванов). Развитие проточно-инжекционного анализа для определения неорганических и органических компонентов в объектах окружающей среды и технологических растворах. Изучение электрохимических свойств

кулонометрических методов определения этих металлов. Развитие атомно-абсорбционного анализа, создание соответствующих методик. Биологические тест-методы.

*Лаборатория химии цветных и благородных металлов* (А.И. Холькин, Л.К. Шубочкин, В.Г. Ягодин). Синтез и исследование полиядерных комплексов рутения, осмия и иридия в различных степенях окисления с кислородсодержащими лигандами, изучение их реакционной способности. Исследование термических свойств гетерогенных хлорамминных двухкомплексных соединений. Разработка научных основ экстракционных и сорбционных методов извлечения и разделения веществ.

*Лаборатория электронной спектроскопии и квантовой химии* (В.И. Нефедов, А.А. Левин, О.А. Басченко, А.П. Клягина, В.А. Иванов). Исследование химической связи, состава и поверхности твердых тел, рентгеноэлектронные и рентгеноспектальные исследования электронного строения химических соединений. Теоретические исследования электронного строения свободных молекул, изолированных групп в кристаллах и твердых телах.

*Лаборатория рентгеноструктурного анализа* (Ю.Н. Михайлов, П.А. Козьмин, В.И. Пахомов, Г.З. Пинскер, К.К. Палкина, Ю.Е. Горбунова, В.Э. Мистрюков). Кристаллохимия соединений с кратными связями металл-металл, стереохимия координационных соединений уранила, кристаллохимия фосфатов и соединений на основе неполовалентных *p*-элементов. Стереохимия комплексонатов *d*- и *f*-металлов, включая смешаннолигандные; кристаллохимия биоактивных координационных соединений на основе платиновых металлов. Исследования дифракции на аморфных и стеклообразных веществах, изучение структур кристаллов с нелинейными свойствами.

*Лаборатория спектральных исследований и анализа* (Н.А. Чумаевский, Р.К. Мазитов, В.И. Горгораки, А.С. Алиханян, И.П. Малкерова, А.В. Стеблевский). Спектроскопия молекул, кристаллов в широком интервале температур. Исследование строения и физико-химических свойств соединений с необычными степенью окисления и координационным числом входящих в них элементов. Элементный масс-спектральный анализ с использованием лазерного и искрового масс-спектрометров, получение термодинамических данных процессов парообразования; высокотемпературная масс-спектрометрия. Изучение методом ЯМР подвижности, распределения ионов и релаксации ядер различных элементов в воде и растворах солей.

*Лаборатория химического анализа* (Г.И. Рамендик, А.И. Степанов). Теоретическая и экспериментальная масс-спектрометрия; рентгенофазовый анализ; хромато-масс-спектрометрия; элементный анализ.

#### Приложение 6

### СОТРУДНИКИ ИОНХа – ЛАУРЕАТЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРЕМИИ

Н.С. Курнаков, 1941	Х.Б. Фрадкина, 1941
С.И. Куненков, 1941	И.И. Черняев, 1946, 1949, 1951, 1953
Н.П. Лужная, 1941	О.Е. Звягинцев, 1946
С.З. Макаров, 1941	В.В. Лебединский, 1946
Г.С. Седельников, 1941	Н.К. Пшеницын, 1946

А.М. Рубинштейн, 1946, 1951	Ю.А. Золотов, 1972, 1991
М.А. Клочко, 1948	Ю.А. Буслаев, 1976, 1986
В.А. Немилев, 1948	Г.М. Сафронов, 1979
И.В. Тананаев, 1949, 1951, 1971	Г.З. Виноградова, 1980
Н.С. Николаев, 1951	В.Б. Лазарев, 1981
В.Г. Тронеv, 1951	Л.К. Шубочкин, 1984
В.Н. Чулков, 1951	Р.Н. Щелоков, 1984
Н.В. Вьяль, 1952	В.И. Нефедов, 1985, 1990
И.И. Корнилов, 1952	В.М. Скориков, 1985
В.Ф. Проханов, 1952	Т.Н. Дымова, 1986
Л.И. Пряхина, 1952	В.И. Пахомов, 1986
Н.М. Жаворонков, 1943, 1984	В.Ф. Суховерхов, 1986
Е.М. Савицкий, 1953, 1968	

#### Приложение 7

### СОТРУДНИКИ ИОНХа – УДОСТОЕННЫЕ ПРЕМИИ им. Н.С. КУРНАКОВА

И.В. Тананаев, 1947	В.И. Михеева, 1979
В.Я. Аносов, 1950	Н.М. Жаворонков, 1982
С.А. Погодин, 1950	С.А. Дембовский, 1988
Ф.Е. Боровая, 1967	Ю.Д. Третьяков, 1988
М.И. Равич, 1967	Б.Ф. Джурицкий, 1991
И.Н. Лепешков, 1970	

#### Приложение 8

### СОТРУДНИКИ ИОНХа, УДОСТОЕННЫЕ ПРЕМИИ им. Л.А. ЧУГАЕВА

В.Г. Кузнецов, 1953	Ю.А. Буслаев, 1985
И.И. Черняев, 1970	Е.Г. Ильин, 1985
Р.Н. Щелоков, 1970	Ю.В. Кокунов, 1985
Г.В. Эллерт, 1970	Ю.А. Золотов, 1988