

# АКАДЕМИЯ НАУК СССР









Л. А. ЧУГАЕВ



О. Е. Звягинцев, Ю. И. Соловьев,  
П. И. Старосельский

*Лев Александрович*  
**ЧУГАЕВ**



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1965



## *Предисловие*

Книга о Льве Александровиче Чугаеве, несомненно, полезный и своевременный труд. Из многочисленных со-трудников Л. А. Чугаева остались в живых единицы, и уже скоро не будет очевидцев его светлой и трудной жизни. Вот почему я считаю своим долгом дать оценку этой книге.

Всякий крупный ученый есть явление неповторимое и незаменимое. Прежде всего это ярко выраженная индивидуальность, дело его можно продолжить далеко не всегда тем путем, по которому пошел бы сам ученый.

Книга о Чугаеве представляет собой концентрированное изложение его трудов и дает довольно точное представление о его творчестве. Чугаев был одним из немногих химиков XX в., кто свободно разбирался и плодотворно работал в области органической и физической химии, неорганической и аналитической химии, биохимии и истории химии. 429 работ, выполненных и опубликованных за 25 лет, — вот результат, которым по праву мог гордиться ученый.

Всемирную известность приобрели исследования Чугаева по химии комплексных соединений, составляющие гордость отечественной науки. По химии платины и ее спутников Лев Александрович был бесспорно единственным

в своем роде специалистом не только в России, но и во всем мире. Его фундаментальные работы по химии платиновых металлов обогатили наши знания новыми типами комплексных соединений, принципиально важными в теоретическом и практическом отношении. Особое внимание в работах Чугаева и его учеников обращено на определение строения комплексных соединений и на изучение их взаимных переходов. Подробно изучены общие реакции образования и превращения этих соединений, установлено влияние циклических группировок на степень устойчивости комплексов.

Работы Льва Александровича по химии терпенов и камфоры вошли в золотой фонд органической химии. Разработанный им ксантогеновый метод получения терпеновых углеводородов позволил открыть ряд новых соединений и внести ясность в ту, крайне сложную область органической химии, каковой является химия терпенов.

Л. А. Чугаев умер, не достигнув пятидесяти лет, но за свою сравнительно короткую жизнь он успел поработать во многих областях химии. Начав с углерода, он перешел к химии меди, никеля, кобальта и, наконец, платиновых металлов. Меня всегда удивляла в нем способность ставить очень сложные и длительные опыты, казалось бы невыполнимые при его вспыльчивом «южном» темпераменте.

Редкое сочетание ораторского дара со способностью проникать в суть вещей было его особенностью, которую мне не приходилось встречать ни у кого другого в столь ярко выраженной форме. Острейшая наблюдательность, правда в соединении с «профессорской» рассеянностью, сочеталась в нем с умением делать далеко идущие выводы, всегда обоснованные данными опыта. Как бы ни была логична теория, может случиться, что опыт все же опровергнет ее,— говорил Чугаев. Такое преклонение перед

опытом не было следствием презрения к теории. Наоборот, редко можно было найти человека, так хорошо знающего теоретическую химию и способного здраво и точно оценить любое достижение в этой области. И опыты свои он ставил не наобум, но всегда с целью проверить следствие, вытекающее из теории. Единственно во что он непоколебимо верил без доказательств — это существование атомов, логическим следствием чего была вера в теорию строения. Про Оствальда, отрицавшего существование атомов, он частенько повторял слова Д. И. Менделеева: «Гений, гений, но туп».

Разработку вопросов химии можно вести либо вширь, либо вглубь. Чугаев, однако, работал одновременно и вширь и вглубь, выполнив колоссальную работу в довольно короткий срок. Это, по-видимому, и подорвало его здоровье. Как-то вскоре после смерти А. Вернера Чугаев делал доклад о его деятельности. В беседе после доклада Лев Александрович так объяснил мне преждевременную смерть Вернера: «покойник сделал очень много, а это даром не проходит». Сам он как бы предчувствовал, что не проживет долго, и все торопился закончить любое задуманное дело. Отсюда проистекало его поистине жадное отношение к работе; какова бы ни была тема, пускай даже мелкая, он начинал работать над ней с юношеским пылом.

Даже в каникулы Лев Александрович не предавался сладкому безделью, он оформлял работы либо писал статьи. Такое постоянное напряжение сказалось в конце концов — организм не выдержал и наступил конец.

На русских химиков смерть Чугаева произвела впечатление внезапной катастрофы. Крупнейшие химики Петрограда особенно остро переживали это тяжелое событие. Академик Н. С. Курнаков при встрече со мной сказал: «Угас химический огонь, равного которому у нас не осталось».

Я вовсе не имел целью дополнить книгу о Чугаеве какими-либо сведениями о нем. Я написал все это потому, что при чтении книги многое тепло и ясно вспомнилось, а это, как мне кажется, лучшая рекомендация труду о Чугаеве. Книга написана хорошо, раз она вызывает не возражения, а воспоминания. Если когда-нибудь она возбудит у кого-либо желание работать на пользу науке столь же безоглядно, как работал Л. А. Чугаев, значит книга достигла своей цели, и труд ее создания вознагражден сторицей.

*Академик И. Черняев*

## Глава первая

---

### Биографический очерк

Лев Александрович Чугаев родился в Москве 5 октября 1873 г. в семье учителя физики. О своих ранних годах Лев Александрович не любил вспоминать; ему, очевидно, не хотелось касаться семейной драмы своих родителей. Романтическая история его отца и матери в свое время привлекла внимание московского общества. В то время редко случалось, чтобы замужняя женщина, бросив семью, нашла в себе смелость открыто уйти к любимому человеку. Но так поступила мать Льва Александровича — Анна Дмитриевна Глики\*.

Совсем еще юной девушкой Анна Глики, обучаясь в частном московском пансионе Кноль, познакомилась с молодым учителем физики — Александром Фомичем Чугаевым. Молодые люди полюбили друг друга, и это было глубокое, сильное чувство. Мать Анны Дмитриевны — женщина властного и деспотического характера — невзлюбила Чугаева и категорически отказалась выдать свою дочь замуж за скромного, небогатого учителя. Она «благословила» брак Анны Дмитриевны с почтенным состоятельным человеком Н. М. Ипатьевым. Вскоре у Ипатьевых родился сын Владимир — будущий академик В. Н. Ипатьев\*\*. Н. М. Ипатьев любил свою жену,

---

\* Отец Анны Дмитриевны — Дмитрий Лазаревич Глики был родом из Греции. В раннем возрасте он переехал в Россию, получил здесь образование и стал впоследствии видным деятелем Московской городской думы.

\*\* О том, что Л. А. Чугаев его брат, В. Н. Ипатьев впервые узнал в 1907 г.

но взаимного чувства не было: вступая в брак, Анна Глики покорно выполнила волю родителей. Но через три года после замужества любовь к А. Ф. Чугаеву, по-видимому, пересилила супружеский долг. Анна Дмитриевна решительно порвала семейные узы и переехала в скромный домик учителя физики. У них родился сын, которого называли Львом\*.

Судьба Анны Глики напоминает судьбу Анны Карениной. Отвергнутая родителями и обществом, она тихо угасала на руках любимого человека: всего три года спустя после рождения сына Анна Дмитриевна умерла от туберкулеза легких.

Заботы о маленьком Леве взяла на себя близкая подруга матери Софья Ивановна Мейнцингер. Она страстно привязалась к мальчику и старалась заменить ему мать. На всю жизнь сохранил Лев Александрович чувство любви и глубокого уважения к своей воспитательнице.

Александр Фомич дал своему единственному сыну хорошее образование. Уже в детстве Лева Чугаев овладел тремя европейскими языками (немецким, французским и английским) настолько хорошо, что впоследствии писал на этих языках свои научные труды. Первоначальное образование мальчик получил в кадетском корпусе, где отлично учился по всем предметам.

После окончания корпуса Лев Чугаев решил учиться в Московском университете, но туда принимали только с гимназическим аттестатом зрелости. Не теряя времени, юноша взялся за изучение древних языков — латинского и греческого — и успешно сдал экзамены в выпускной 8-ой класс гимназии. Летом 1890 г. Чугаев был зачислен в гимназию, где когда-то много лет преподавал физику и математику его отец. В характеристике выпускника гимназии Льва Чугаева значится: «На основании наблюдений за все время обучения его в Московской IV гимназии, поведение его вообще было отличное, исправность в посещениях и приготовлении уроков, а также в исполнении

---

\* «Свидетельство из Московской духовной консистории выдано сие в том, что в метрической книге Московской Успенской, что на Покровке церкви, тысяча восемьсот семьдесят третьего года писано: Октября пятого дня у женщины неизвестного звания незаконно родился мальчик Лев, крещен 8 числа» (ЦГАМ, ф. 418. оп. 305, д. 761, л. 10).



письменных работ очень хорошая, прилежание и любознательность отличные»<sup>1</sup>.

Осенью 1891 г. исполнилась заветная мечта Льва Александровича — он студент физико-математического факультета Московского университета.

В 90-х годах прошлого столетия во главе многих кафедр университета стояли крупные ученые, создатели научных школ, известных далеко за пределами России. Среди преподавателей физико-математического факультета были такие видные профессора химии, как Владимир Васильевич Марковников, Александр Павлович Сабанеев, Иван Алексеевич Каблуков, Владимир Федорович Лугинин, Николай Дмитриевич Зелинский. Физические дисциплины были представлены первоклассными учеными — Николаем Алексеевичем Умовым и Петром Николаевичем Лебедевым. Кафедру физиологии растений возглавлял Климент Аркадьевич Тимирязев, а профессором минералогии был Владимир Иванович Вернадский.

Льву Александровичу часто приходилось заниматься по ночам, так как много времени он тратил на частные уроки, дававшие ему средства к существованию. После смерти отца не осталось никакого состояния, и все годы студенчества Чугаев испытывал материальные затруднения. На втором курсе он был вынужден обратиться к ректору университета с просьбой освободить его от платы за учение. В свидетельстве, приложенном к прошению, подтверждалось, что Л. А. Чугаев «состояния бедного и средств для продолжения курса в университете не имеет». Нелегкое материальное положение не мешало Льву Александровичу учиться очень хорошо. Много времени уделял он работе в лаборатории, овладевая техникой экспериментирования в области органического синтеза. Зелинский, внимательно следивший за успехами своего одаренного ученика, предложил ему принять участие в исследовательской работе. Таким образом, научная деятельность Чугаева началась еще со студенческих лет. В год окончания университета (1895) в немецком журнале была опубликована совместная работа Зелинского и Чугаева «О триметилдиоксиглutarовой кислоте»<sup>2</sup>.

Государственные экзамены проводились специальной комиссией, в которой тогда председательствовал известный профессор химии Петербургского университета

Н. А. Меншуткин. Лев Чугаев по всем предметам получил высшую оценку «весьма удовлетворительно» и был удостоен диплома первой степени со всеми вытекающими правами и преимуществами.

Годы учения в Московском университете остались позади. Начиналась новая самостоятельная жизнь. Перед молодым человеком, еще не снявшим студенческой формы, открылись двери Бактериологического института Московского университета. По рекомендации Зелинского Лев Александрович был приглашен туда для организации химического отделения. Здесь в стенах только что открывшегося научного учреждения должна была начаться творческая деятельность будущего ученого, которому в то время еще не исполнилось 23 лет.

Во главе Бактериологического института стоял выдающийся исследователь и талантливый организатор — Георгий Норбертович Габричевский.

Еще в начале 90-х годов Габричевский задумал устроить при Московском университете бактериологическую лабораторию, но университет не имел на это средств, и планы Габричевского не осуществились. И только когда в 1894 г. французский бактериолог Ру, сподвижник великого Пастера, сообщил на международном конгрессе в Будапеште о поразительных результатах, достигнутых в борьбе с дифтерией с помощью лечебной сыворотки, — в московских общественных кругах стали раздаваться призывы к организации специального бактериологического учреждения, которое занялось бы изготовлением лечебных сывороток. Был объявлен сбор пожертвований на строительство Бактериологического института. «Не щедры были они, — грустно констатировал Чугаев, вспоминая об истории организации института. — Московских капиталистов трудно убеждать в целесообразности пожертвования на научные цели даже тогда, когда прямая практическая польза нового начинания очевидна»<sup>3</sup>.

Только благодаря Габричевскому новое медицинское учреждение не превратилось в коммерческое предприятие, вырабатывающее лечебные сыворотки. С самого основания Бактериологический институт стал рассадником подлинной науки. В круг научных интересов института вошли многие проблемы наук, соприкасающихся с бактериоло-

# АТТЕСТАТЪ ЗРѢЛОСТИ.

Данъ сей

въ роисповѣданіи

православномъ

званіи Свѣдѣніи Свѣдѣніи

родившемуся

въ Москвѣ

1873 года

Октября 5<sup>го</sup> дня

обучавшемуся скланныхъ курсъ въ Моск. Вѣстникъ курсъ въ Моск. Вѣстникъ 4<sup>го</sup> гимназій пробы-

шену Одинъ годъ въ VIII классѣ, въ томъ: во первыхъ, что, на

основаніи наблюденій за все время обученія его въ Моск. Вѣстникъ 4<sup>го</sup>

гимназій, поведеніе его вообще было Они Хорошій

исправность въ посѣщеніи и приготовленіи уроковъ, а также въ испол-

неніи письменныхъ работъ Они Хорошій прилежаніе и

любопытность Они Хорошій и во вторыхъ, что онъ обнару-

жилъ нижеслѣдующія познанія:

Предметы гимназическаго курса.	ОТМѢТКИ ВЫСТАВЛЕННЫЯ	
	По педагогическимъ свѣдѣніямъ изъ основаній § 74 правилъ объ отпускахъ учащихся изъ гимназій, изданныхъ Министерствомъ Народнаго Просвѣщенія.	По свѣдѣніямъ, произведеннымъ 12.10.73 г. въ Моск. Вѣстникъ 4 <sup>го</sup> (и др.) года.
Вѣдѣніе Россій.	(Они) 5	Они 5
Русскій языкъ и сложе- ныя.	(Они) 5	Они 5
Логика.	(Они) 5	
Логическій языкъ.	(Хорошо) 4	Они 5
Греческій языкъ.	(Хорошо) 4	Хорошо 4
Латинскій языкъ.	(Хорошо) 4	Они 5
Французскій языкъ.	(Они) 5	
Исторія.	(Хорошо) 4	Они 5
Географія.	(Они) 5	
Математическій языкъ.	(Они) 5	Они 5
Французскій языкъ.	(Они) 5	Они 5

На основаніи чего и выданъ сей аттестатъ зрѣлости, предоставляю-

Аттестат зрелости (публикуется впервые)

гией. Одной из таких наук была, конечно, химия. Поэтому Габричевский с большим одобрением отнесся к намерениям Чугаева организовать в институте хорошо оборудованную химическую лабораторию. Несмотря на ограниченные финансовые возможности института, Чугаеву были выделены довольно значительные по тем временам средства для оснащения лаборатории всем необходимым. Лев Александрович с увлечением взялся за эту первую самостоятельную работу, проявив незаурядные организаторские способности. Он вникал во все: заказывал мебель для лаборатории, приобретал реактивы и аппаратуру, запасался химической посудой. Бактериологический институт занимал небольшое помещение, и под химическую лабораторию была отведена только одна комната. Чугаев отвоевал добавочную площадь на чердаке и провел туда газ. Установив поляриметр и другие приборы, он оборудовал чердак для физико-химических измерений. Не прошло года и Бактериологический институт мог гордиться хорошо оборудованной химической лабораторией. Чугаев развернул в ней научную работу в двух направлениях: изучение оптической активности органических соединений и биохимические и чисто бактериологические исследования (например, изучение действия ядов на микроорганизмы).

Вскоре наметилось третье, особенно плодотворное направление — изучение сложнейших природных соединений — терпенов.

Уже в 1897—1898 гг. в русских и зарубежных журналах появились работы, вышедшие из химической лаборатории Бактериологического института. В 1899 г. Чугаев выступил на страницах журнала «Русский архив патологии, клинической медицины и бактериологии» с большой статьей «Оксидазы или окислительные ферменты», в которой он осветил развитие научных представлений об окислительных ферментативных процессах, протекающих в живых организмах, и сообщил о собственных исследованиях в этой области. В конце статьи Чугаев пишет: «Учение об окислительных ферментах получило свое начало благодаря стремлению понять процесс «внутреннего горения» живых организмов, проникнуть в механизм этой грандиозной топки, дающей организованной машине жизнь и движение»<sup>4</sup>.

# ДИПЛОМЪ

Продолжитель сего, Левъ Александровичъ Чукаевъ, сынъ Дѣйствительнаго Отставнаго Советника, дворянскаго звѣданія, по оцѣнѣ удовлетворительно выдержавъ въ Московскомъ Университетѣ, въ 1892 и 1893 годахъ, публичнаго экзамена и по оцѣнѣ опредѣленнаго Уставомъ числа предметовъ на Физико-Математическомъ факультетѣ означеннаго Университета, по отдѣленію естественныхъ наукъ, подвергавшагося испытанію въ Физико-Математической Императорской Комиссіи при ИМПЕРАТОРСКОМЪ Московскомъ Университетѣ, въ Августѣ и въ Маѣ мѣсяцѣ 1895 года, пріемы оказали слѣдующія результаты: по соизвѣнію оцѣнѣ удовлетворительно, по письменному отвѣту по химіи оцѣнѣ удовлетворительно, по химіи оцѣнѣ удовлетворительно, по физіологической оцѣнѣ удовлетворительно, по зоологіи съ сравнительной анатоміей оцѣнѣ удовлетворительно, по фитогеогіи оцѣнѣ удовлетворительно, по морфологіи и систематикѣ растений оцѣнѣ удовлетворительно, по гистологіи и фибрологіи растений оцѣнѣ удовлетворительно, по минералогіи оцѣнѣ удовлетворительно, по геологіи съ палеонтологіей оцѣнѣ удовлетворительно, по физической географіи и метеорологіи оцѣнѣ удовлетворительно.

По сему и на основаніи ст. 81 Общаго Устава ИМПЕРАТОРСКИХЪ Россійскихъ Университетовъ 28 Августа 1894 года, г. Чукаевъ, 31 Маѣ 1895 года, удостоенъ диплома первой степени, съ всѣми правами и преимуществами, соединяющимися съ ст. 92 Устава и въ У. п. ВѢСОЧАЙШЕ утвержденнаго въ 28 днѣ Августа 1894 г. мѣсяца Государственнаго Совета. Въ удостовѣреніе сего и данъ сей дипломъ г. Чукаеву, за надлежащую подписью и съ приложеніемъ печати Государственнаго Московскаго Учебнаго Округа. Городъ Москва. *Россійскій* 3 днѣ 1895 года.

Почетнаго Московскаго Учебнаго Округа

*подп. Н. Родичевъ*

Председатель Физико-Математической Императорской Комиссіи

*подп. Н. Родичевъ*

Протоколъ Конференціи

*подп. В. Родичевъ*

Подлинникъ Диплома посылается, съ приложеніемъ къ нему, въ Физико-Математическую Императорскую Комиссію при Московскомъ Университетѣ.

7 декабря  
1895 г.

*подп. В. Родичевъ*

Дипломъ Л. А. Чукаева объ окончаніи университета  
(публикуется впервые)

В Бактериологическом институте Чугаев сделал первые шаги на педагогическом поприще. При институте были организованы курсы для врачей и ветеринаров, съезжавшихся со всех концов России. Лев Александрович читал курсантам лекции по химической дезинфекции.

Вскоре после открытия института Габричевский организовал при нем бактериологический кружок, на заседаниях которого Лев Александрович нередко выступал с сообщениями на различные темы. Один из своих докладов он посвятил законам ферментативного действия и роли ферментов в процессах дыхания и брожения. В Обществе испытателей природы Чугаев прочел очень интересный доклад об окраске и спектрах поглощения органических соединений.

В Бактериологическом институте создался дружный коллектив научных работников. «За долгие годы совместной работы в институте,— пишет Чугаев в своих воспоминаниях,— у нас сложился добрый обычай жить как бы общей, коллективной жизнью, постоянно обмениваясь впечатлениями от пережитого главным образом, конечно, в области научной деятельности... Обыкновенно раз в день, около часу, мы все (сотрудники Георгия Норбертовича и он сам) собирались за завтраком... Здесь шла оживленная и разнообразная беседа: обменивались впечатлениями дня, обсуждались лабораторные работы настоящие и будущие, разбирались причины неудач и радовались успешным результатам, обсуждались и новые работы из последней книжки журнала... Шли горячие споры по поводу текущих и злободневных вопросов бактериологии: по вопросу об иммунитете, о токсинах и антитоксинах, о их взаимном соотношении... Разговор наш часто покидал область бактериологии и медицины, переходя на вопросы более общего характера, на темы общепроизводственные и научно-философские... Мы расходились после этих бесед с новыми мыслями, новыми планами дальнейших работ, с новыми расширенными горизонтами, а главное, мы чувствовали прилив новой энергии, как бы приток новых сил для продолжения начатых научных работ. А как много значит этот моральный стимул в нашей русской обстановке, где так много причин для утраты душевной бодрости и веры в свои силы, конечно, хорошо знает всякий, работавший на научном поприще!.. Институт



*Л. А. Чугаев — студент Московского университета  
(публикуется впервые)*

как бы обладал иммунитетом против тех житейских дразг и профессиональных интриг, которые так часто заводят себе гнездо в наших учреждениях... причастных к научной жизни... Для института во времена самой мрачной реакции, во времена Горемыкина, Сипягина, Плеве и их приспешников, были возможны такие порядки, которые считались немислимыми в других... академических учреждениях»<sup>3</sup>.

Многие вопросы волновали Чугаева в этот период: эволюция вещества в мертвой и живой природе, учение Дарвина, проблемы происхождения жизни. Его выступления отличались глубоко обоснованными, меткими суждениями, свидетельствующими о эрудиции молодого ученого в различных областях естествознания. В спорах проявлялся пылкий темперамент Льва Александровича. С веселым задором отстаивал он свои взгляды, проявляя иногда юношескую нетерпимость. В записках П. В. Циклинской, ассистентки Бактериологического института, мы находим интересные сведения о Чугаеве того времени: «Нередко среди разговоров выделялся звонкий смех Льва Александровича, сопровождавший сказанное им меткое слово по поводу полученных впечатлений. Но несмотря на остроту его замечаний, на громкий хохот, иногда покрывавший все голоса, во всех этих проявлениях всегда чувствовалось неизменное добродушие и отсутствие чего-либо злого. Л. А. Чугаев проводил целые дни в лаборатории, где работал с утра до вечера. Его жизнь и жизнь лаборатории сливались вместе. Будучи совершенно выдающимся по своим способностям человеком и уже в то время вполне самостоятельным работником, он не только никогда не проявлял и тени какого-нибудь сомнения, но всегда отличался необыкновенной скромностью»<sup>5</sup>.

В характере Льва Александровича была очень привлекательная черта — «чувство локтя». Он интересовался работой своих товарищей и всегда готов был прийти на помощь и советом и делом. С годами рос научный авторитет Чугаева среди работников института. К его мнению стали внимательно прислушиваться, к нему часто обращались за консультацией. Врачи выполняли свою научную работу под его руководством, если тема исследования требовала применения химических методов.



За время работы в Бактериологическом институте (1896—1904) Лев Александрович опубликовал десятки научных трудов. За его исследования отделение химии Общества естествознания, антропологии и этнографии присудило ему премию имени В. М. Мошнина. В журнале «Научное слово», издававшемся в Москве под редакцией известного профессора Московского университета Н. А. Умова, напечатано несколько научно-популярных статей Чугаева: «Организм человека и животных в борьбе с бактериями», «Невидимые микробы», «Первый продукт химического синтеза в растениях». В статье «О родственной связи между красящим веществом крови и пигментом зеленых растений» автор рассказал о работах выдающегося биохимика М. В. Ненцкого и его сотрудников. Этими работами впервые вскрыты генетические отношения между важнейшими пигментами живой природы — хлорофиллом и гемоглобином. «Установление кровного родства между хлорофиллом и гемоглобином,— писал Чугаев,— имеет огромное значение для биологии. Оно до известной степени позволяет нам глазами химика заглянуть в глубь веков и в связи с другими фактами отчасти восстановить биохимическую историю органического мира. Прежде всего, общность происхождения растительного и животного царства получает здесь совершенно неожиданно новое подтверждение. Но этого мало. На основании тех же самых наблюдений существует возможность составить себе представление и о последовательности самого хода эволюции органического мира»<sup>6</sup>.

В этом же журнале мы находим рецензии Чугаева на книгу Оствальда «Катализ» и книгу Големана «Учебник органической химии», а также прекрасную статью, посвященную памяти выдающегося русского химика Е. Е. Вагнера. В журнале «Русский архив патологии, клинической медицины и бактериологии» помещены оригинальные бактериологические работы Чугаева: «О действии ядов на микроорганизмы» и «К физиологии фосфоресцирующих бактерий», а также критический обзор новых теорий дезинфицирующего действия.

Напряженная научная деятельность не помешала Чугаеву готовиться к магистерским экзаменам. Несколько лет он штудировал курсы физики, химии, кристаллографии и других наук, с завидным прилежанием и упорством

одолевал многочисленные сочинения русских и иностранных ученых, успевая внимательно следить за текущей научной литературой. В начале 1899 г. физико-математический факультет Московского университета допустил Чугаева к испытаниям на степень магистра химии. Вскоре после экзаменов Чугаев обратился к декану физико-математического факультета с просьбой допустить его к чтению пробных лекций для получения звания приват-доцента. По установленным правилам тему одной из лекций выбирал сам магистрант, а тему другой определял факультет. Лев Александрович избрал для своей лекции тему «Катализ в мертвой и живой природе». 30 мая 1900 г. физико-математический факультет постановил: «К чтению лекций допустить, избранную тему одобрить, приискание темы для второй лекции поручить экстраординарному профессору Н. Д. Зелинскому»<sup>7</sup>. В начале нового учебного года Чугаев в присутствии профессуры Московского университета с большим успехом прочитал пробные лекции и 26 октября 1900 г. был назначен приват-доцентом кафедры химии.

Приблизительно в этот период времени Лев Александрович женился на Александре Александровне Буниной. У него было два сына. Старший Александр еще юношей умер от туберкулеза в Крыму, второй сын Владимир был химиком-силикатчиком (умер в 1942 г.). А. А. Чугаева — спокойная, хозяйственная женщина — всю жизнь проявляла большую заботу о семье. Она создавала для Льва Александровича условия, способствующие его научной работе.

Чугаев работал в эти годы очень интенсивно, его рабочий день продолжался много часов, часто он покидал свою лабораторию далеко за полночь. Один из его учеников, будущий академик И. И. Черняев, касаясь этого периода научной деятельности Чугаева, пишет: «Энтузиазм, с которым он взялся за свое первое серьезное исследование в области терпенов — органических соединений, производные которых нашли широкое применение в различных отраслях промышленности и медицины, — и камфоры, граничил с одержимостью. Соединения, с которыми он работал (производные сероуглерода), часто невообразимо дурно пахли, но он всегда говорил о них с приятной улыбкой, называя их ласкательными пменами»<sup>8</sup>.



*Л. А. и А. А. Чугаевы (публикуется впервые)*

В начале 1903 г. Чугаев представил Московскому университету магистерскую диссертацию на тему «Исследования в области терпенов и камфоры»; в этой работе были обобщены его многолетние экспериментальные исследования. В своем отзыве Зелинский отметил большой научный интерес диссертации, новаторский подход Чугаева к решению сложнейших вопросов химии терпенов и экспериментальное мастерство. Рецензент рекомендовал опубликовать работу диссертанта в Ученых записках Московского университета. Спустя несколько месяцев монография вышла в свет.

Осенью того же года Чугаев защитил диссертацию на степень магистра химии<sup>9</sup>. На защите присутствовали виднейшие профессора физико-математического факультета, в том числе: декан А. П. Сабанеев, В. В. Марковников, Н. А. Умов, Н. Н. Любавин, Н. Д. Зелинский, В. И. Вернадский, Э. Е. Лейст, И. А. Каблуков. Официальными оппонентами выступили Зелинский, Марковников и Каблуков.

После оживленного обмена мнениями было постановлено «ходатайствовать перед Советом об утверждении Л. А. Чугаева в степени магистра химии»<sup>10</sup>. При этом было отмечено, что, следуя установившимся традициям, факультет не может удостоить диссертанта сразу степени доктора, а должен требовать последовательного представления двух диссертаций, но защищенный Л. А. Чугаевым труд по своему выдающемуся научному значению вполне соответствует степени доктора химии. 10 ноября Чугаев был утвержден Советом Московского университета в степени магистра химии.

Магистерская диссертация Чугаева привлекла к себе внимание русских научных кругов. Особенно заинтересовался его работами профессор Варшавского университета Е. Е. Вагнер — выдающийся исследователь терпенов. Он предложил молодому магистру переехать в Варшаву и принять профессию в Варшавском политехническом институте. В ноябре 1903 г. директор этого института направил Московскому университету письмо с просьбой освободить Л. А. Чугаева от работы в Бактериологическом институте, так как он назначен исполняющим обязанности экстраординарного профессора и ему будет предоставлена научная командировка за границу<sup>11</sup>.

Лев Александрович стал готовиться к отъезду в Варшаву, но как раз в это время Московское техническое училище объявило конкурс на вакантную должность профессора органической и неорганической химии, и он решил принять участие в конкурсе. Среди соискателей было несколько видных ученых, но совет Технического училища остановился на кандидатуре молодого магистра, и Чугаев был избран адъюнкт-профессором химии. К этой работе он должен был приступить только с нового учебного года. До этого срока Лев Александрович продолжал работать в Бактериологическом институте все в той же скромной должности сверхштатного помощника профессора.

В феврале 1904 г. Чугаев впервые выступил в Петербурге на заседании отделения химии Русского физико-химического общества с сообщениями о своих исследованиях. Один из его докладов, посвященный вопросу о цвете и спектрах поглощения органических соединений, содержал интересные данные о различных окрашенных соединениях. В другом докладе Чугаев рассказал о попытках синтеза гемопиролла. Третьей темой его выступления была «Методика получения ксантогеновых соединений».

Спустя два месяца Лев Александрович сделал доклад о металло-аммиачных производных сукцинимидов. Эта работа ознаменовала новое направление его исследований — изучение химии комплексных соединений.

В октябре 1904 г. Чугаев прочел вступительную лекцию на тему «Предмет и задачи современной химии»; на лекции, согласно традициям, присутствовали все профессора и преподаватели Технического училища во главе с директором. С большим мастерством обрисовал лектор картину прогресса химической науки за последнее столетие, охарактеризовав основные исторические этапы ее развития.

Он отметил «два направления, по которым до сих пор развивалась химия — направление материальное и энергетическое»<sup>12</sup>. Целью первого направления являлось изучение состава (материала) вещества и его изменений при химических превращениях. Для этого разрабатывались многочисленные экспериментальные приемы химического анализа и химического синтеза. Путеводной звездой

служила атомистическая теория, которая «сделала возможным связать основные законы стехиометрии в стройную систему, разработка и совершенствование которой продолжались в течение целого столетия. Разрешение одной из основных задач атомистики — определение состава химической частицы — завершилось в 50—60-х годах, после всеобщего признания принципа Авогадро, обоснованного замечательными работами Лорана и Жерара и подкрепленного выводами кинетической теории газов. Непосредственным следствием отсюда была прочная установка атомных весов, которая в свою очередь тесно связана с историей столь важного по своим последствиям периодического закона Менделеева... И другая не менее существенная и глубокая задача атомистики не замедлила выступить на сцену: явилась потребность проникнуть умственным взором в самые недра химической молекулы, уяснить себе ее внутреннее строение. После того, как самая возможность такой постановки вопроса... была с особенной настойчивостью выдвинута благодаря вновь открытому явлению *изомерии*, заманчивая идея получила блестящее осуществление в структурной теории, ...разработанной нашим выдающимся соотечественником А. М. Бутлеровым... Новые факты вызывают к жизни новые теории, допускающие, что самые атомы имеют известную структуру, подлежащую изучению»<sup>13</sup>.

Другое направление в развитии химии — *энергетическое* — нашло свое выражение в глубоких обобщениях физической химии, которая на первый план выдвинула учение о химической энергии. По мнению лектора, преподавание общей химии будет соответствовать современному этапу развития науки только в том случае, если оно будет опираться на теоретические положения физической химии. Красной нитью через всю лекцию проходила мысль, что между обоими направлениями химии — «материальным и энергетическим» — должна существовать неразрывная глубокая связь. «Химические молекулы, — подчеркивал Чугаев, — представляют из себя механизмы, в которые вложен известный запас энергии. Чтобы постигнуть действие этих механизмов, в одинаковой степени необходимо знать их внутреннее устройство и распределение в них энергии»<sup>14</sup>. В заключительной части лекции Чугаев затронул вопрос о взаимоотноше-

ниях теории и практики, науки и техники, указав на громадное значение «чистой» науки для технического прогресса России: «Если мы хотим уберечь нашу технику от застоя, обеспечить ей известный самостоятельный прогресс, то мы должны всеми силами заботиться о том, чтобы создать людей, способных научно работать и двигать вперед чистое знание»<sup>15</sup>.

Чугаев читал обширные курсы неорганической и органической химии (четыре часа в неделю весь учебный год) и заведовал лабораторией органической химии. За короткий срок он оснастил лабораторию современными приборами и аппаратами, значительно обогатил ассортимент химических реактивов для студенческих работ и научных исследований. Лабораторными занятиями по органической химии руководили В. В. Шарвин и Ф. В. Церевитинов; впоследствии оба преподавателя стали видными учеными. Лаборатория занимала обширное помещение на 90 рабочих мест. Практические занятия были рассчитаны на 25 часов в неделю в течение трех семестров. По инициативе Чугаева на химическом отделении ввели специальный лабораторный практикум по органической химии, которым руководил он сам. Практикум ставил целью научить студентов применять физико-химические методы (криоскопия, рефрактометрия, поляриметрия, спектроскопия, определение электропроводности и др.) к изучению органических соединений, ознакомить их с передовыми приемами научного исследования. В методическом отношении практикум совершенствовался из года в год и постепенно стал образцом для других учебных заведений. Наиболее способные студенты выполняли дипломные работы чисто исследовательского характера, на темы, предлагаемые заведующим лабораторией.

Лев Александрович быстро становится одним из самых популярных профессоров Московского технического училища. Замечательный лектор, он привлекал студентов не столько внешними приемами ораторского искусства, сколько глубиной мысли, строгой логичностью изложения. Идейная сторона органической химии всегда была на первом плане. В своем курсе Чугаев неразрывно связывал описание различных классов органических соединений с теоретическими положениями и обобщениями: с

теорией химического строения, со стереохимическими представлениями, с учением о таутомерных превращениях. Видное место отводилось изложению физико-химических теорий, представляющих интерес для органической химии. При рассмотрении органических соединений лектор не ограничивался готовыми структурными формулами, но приводил «и те факты, добытые экспериментальным исследованием, из которых формулы эти могут быть выведены с помощью соответствующих умозаключений». Лев Александрович исходил из того, что в противном случае «начинающий легко приучается к механическому заучиванию структурных формул и совершенно забывает о тех химических превращениях, которые составляют их реальное содержание»<sup>16</sup>.

Рассказывая о научных открытиях, о рождении и падении гипотез, молодой профессор воссоздавал перед слушателями историческую обстановку эпохи, вводил их в мир научных исканий, научного творчества. Он не постулировал готовые теоретические положения, а раскрывал перед аудиторией тернистые пути становления научной истины, динамический процесс превращения «незнания» в «полузнание», а «полузнания» в относительно совершенное знание. Его лекции будили воображение учащейся молодежи, призывали к научным поискам. Вот почему уже с первого года работы Льва Александровича в Техническом училище в его научных исследованиях начали участвовать наиболее пытливые студенты, их имена стали появляться на страницах научных журналов рядом с именем учителя. Взгляды Чугаева на роль профессора высшей школы прекрасно характеризуются его высказыванием: «Для натуралиста вообще, и особенно для химика, эти два понятия (ученого и учителя. — *Авт.*) неразделимы. Трудно представить себе преподавателя нашей науки *академического* в истинном смысле этого слова, который не был бы вместе с тем и ученым, не умел бы и не любил бы работать в лаборатории и своим живым примером не заражал бы учеников. В способности быть носителем этой «живой заразы», думаю, мне, и лежит самое драгоценное качество профессора-педагога. Такой профессор не может не пользоваться авторитетом и уважением среди своих слушателей, ибо они будут видеть в нем представителя настоящей науки, будут ждать от



него не только слов, но и дела. Такой профессор, конечно, оставит после себя и школу. Его имя не будет стоять изолированно в науке. Оно будет связано с рядом учеников и вместе с ними передастся потомству»<sup>17</sup>.

Возглавляя две кафедры, Чугаев находил время вести большую плодотворную научную работу. Он начал разрабатывать новую область химии — область комплексных соединений, и это направление органически сливалось с его предыдущими работами. И. И. Черняев писал: «Переход от химии углерода к проблемам химии комплексных соединений, вызвавший такие недоуменные толки о Л. А. Чугаеве, был не бегством из области органической химии, а закономерным развитием интересов Льва Александровича»<sup>18</sup>. И сам Чугаев подчеркивал, что когда он предпринимал все новые исследования комплексных соединений, им руководила мысль «на почве новых фактов лучше и точнее обосновать отчасти уже раньше намечавшуюся точку зрения, согласно которой комплексные соединения во многих отношениях проявляют известные черты аналогии с соединениями углерода, составляющими предмет изучения органической химии. Эта аналогия и подтверждается в настоящем исследовании с различных сторон новыми данными»<sup>19</sup>.

Совместно со студентами и сотрудниками Чугаев поднимал глубокие пласты «комплексной целины». Уже в середине 1906 г. он опубликовал монографию «Исследования в области комплексных соединений», где объединил свои многочисленные опытные наблюдения и интересные теоретические обобщения. Работа была представлена физико-математическому факультету Московского университета в качестве докторской диссертации. Знакомство с ней вызывает чувство изумления, как можно было получить такой обильный экспериментальный материал за сравнительно небольшой период времени — немногим более двух лет. Раскрытие этого «секрета» мы найдем, может быть, в следующих словах служителя, бесценно работавшего в лаборатории Льва Александровича: «Вот когда мы работали над докторской диссертацией, он (Чугаев.— Авт.) работал по 18 часов в сутки»<sup>20</sup>. По 18 часов в сутки — изо дня в день, из месяца в месяц... Это была работа подвижника, энтузиаста науки: «Редко удается встречать людей, столь отрешившихся от всяких

житейских дел и столь увлеченных своей работой, как Лев Александрович Чугаев; с годами это увлечение не проходило, а возрастало. Лев Александрович был очарован химией до полного самозабвения»<sup>20</sup>.

Публичная защита диссертации состоялась 15 декабря 1906 г. Официальными оппонентами по-прежнему были Зелинский и Каблуков. Протокольная запись гласит: «Защита признана удовлетворительной и постановлено ходатайствовать перед Советом об утверждении Л. А. Чугаева в степени доктора химии»<sup>21</sup>. Совет университета определил: «Утвердить Л. А. Чугаева в степени доктора химии, на каковую и выдать ему надлежащий диплом». Новому доктору химии только что исполнилось 33 года.

Докторская диссертация Чугаева — исследование первостепенного значения, капитальный вклад в химию комплексных соединений. В автобиографии, касаясь своих работ этого периода, Чугаев пишет: «В числе разнообразных достигнутых в этой области (комплексных соединений. — *Авт.*) результатов отметим лишь немногие важнейшие: открытие новых интересных в теоретическом и практическом отношении классов комплексных соединений, как-то диоксиминов платины, палладия... кобальта, никеля, железа и меди»<sup>22</sup>. В ходе исследований было найдено, что диметилглиоксим является характерным и весьма чувствительным реактивом на никель. Открытая Чугаевым качественная реакция на никель известна теперь в мировой литературе под названием «реакции Чугаева». С его именем связано новое направление в аналитической химии — применение органических реактивов в качественном и количественном анализе. Это направление получило особо широкое развитие в наше время.

В лаборатории Технического училища Чугаев совместно с Церевитиновым продолжал начатые еще в Бактериологическом институте исследования, посвященные количественному определению гидроксильных групп в органических соединениях. Эти исследования завершились разработкой метода, получившего широкую известность в лабораторной практике под названием метода Чугаева — Церевитинова. При действии магнийиодметила на гидроксилсодержащие соединения выделяется метан, по объему которого можно судить о количестве гидроксильных групп в данном соединении.



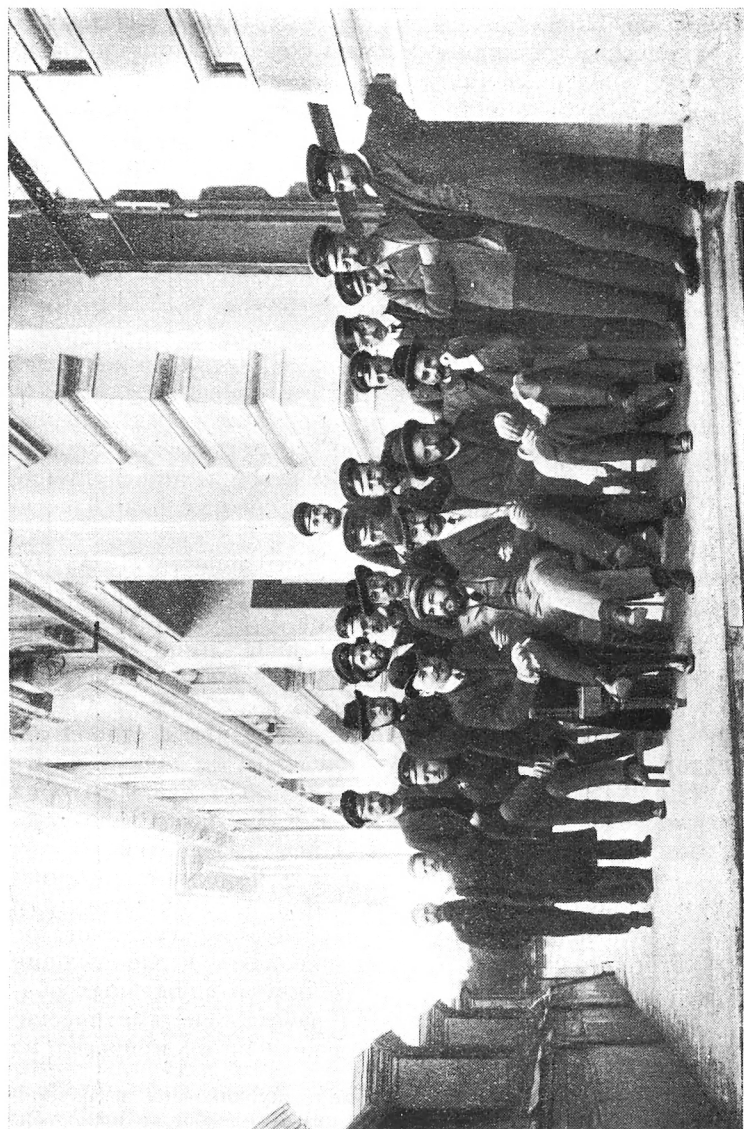
*Л. А. Чугаев (публикуется впервые)*

Как известно, французский ученый Гриньяр незадолго до работ Чугаева открыл, что некоторые гидроксилсодержащие соединения обладают способностью реагировать с магнииодалкилами. Касаясь этого факта, один из биографов Чугаева писал: «Во время своей деятельности в Московском техническом училище Лев Александрович, согласно его личным воспоминаниям, был накануне открытия гриньяровской реакции, как была опубликована первая работа Гриньяра, и если бы не технический уклон училища и малочисленность студентов-специалистов, то Лев Александрович поспел бы первым»<sup>23</sup>.

В декабре 1907 г., меньше чем через год после кончины Д. И. Менделеева, в Петербурге был созван Первый менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Председателем съезда был избран академик Н. Н. Бекетов, а секретарем — Л. А. Чугаев. На первом же заседании отдела химии, 21 декабря 1907 г., Чугаев выступил с интересным докладом об открытом им классе комплексных соединений (диоксиминов)<sup>24</sup> и продемонстрировал знаменитую качественную реакцию на никель — взаимодействие соли никеля с диметилглиоксимом с образованием красного кристаллического осадка глиоксимата никеля. Доклад Чугаева вызвал оживленный обмен мнениями. В развернувшейся дискуссии участвовали видные ученые: Курнаков, Яковкин, Флавицкий, Каблуков и др.

Во время работы Менделеевского съезда Чугаев получил приглашение занять кафедру неорганической химии в Петербургском университете. Его кандидатура была обсуждена несколькими месяцами ранее комиссией физико-математического факультета Петербургского университета, в состав которой входили профессора И. И. Боргман, В. И. Палладин, В. Е. Тищенко, А. Е. Фаворский и О. Д. Хвольсон. Чугаев должен был заместить на кафедре химии ушедшего в отставку Д. П. Коновалова. Фаворский в своем отзыве писал: «При солидных научных достоинствах Л. А. Чугаев пользуется репутацией прекрасного лектора и руководителя научных занятий студентов в лаборатории, увлекаясь сам научной работой, он умеет увлечь и других»<sup>25</sup>.

25 января 1908 г. Льва Александровича единогласно избрали экстраординарным профессором кафедры химии Петербургского университета. Приняв лестное приглашение



*Л. А. Чукаев среди сотрудников Московского технического училища (1908) (публикуется впервые)*

занять кафедру, которую возглавлял Менделеев, затем Коновалов, Лев Александрович с грустью расставался с Техническим училищем. Ученый совет училища выразил Чугаеву «поздравления с избранием на должность, которая даст возможность ему шире, чем то можно было в Московском техническом училище, развить приложение своих глубоких и обширных знаний и выдающегося таланта, а также искреннее сожаление о том, что Л. А. Чугаев покидает так блестяще начатую им деятельность в Московском техническом училище, где он сразу выдвинул занятия по химии на большую научную высоту и приобрел несколько даровитых учеников»<sup>26</sup>.

К началу нового учебного года Лев Александрович окончательно завершил свои дела в Москве и переехал на постоянное жительство в столицу. 11 сентября 1908 г. он прочел в Петербургском университете перед переполненной студенческой аудиторией вступительную лекцию на тему «Эволюция вещества в мертвой и живой природе»<sup>27</sup>. По словам В. Н. Ипатьева, эта лекция была блестящей\*.

Так начался новый период в деятельности Л. А. Чугаева — петербургский.

Помимо лекционной работы, на Чугаева было возложено заведование лабораторией общей химии. Два года посвятил Лев Александрович реорганизации, обновлению и расширению этой лаборатории. В результате к 1913 г. в ней могли работать 25 человек, тогда как в старой лаборатории работало только 6—8 человек. За первые шесть лет (1909—1914) 72 студента выполнили в лаборатории дипломные работы. За это же время Чугаевым и его учениками опубликовано около 100 научных статей.

Ближайший сотрудник Чугаева Э. Фрицман вспоминает: «С удивительной легкостью Лев Александрович сам лично руководил сразу 25 студентами-специалистами. С утра его можно было видеть ежедневно в лаборатории во всякое время, свободное от лекций и служебных обязанностей. В своем кабинете он работал систематически, с утра до поздней ночи. Почти ежедневно он прибегал из

---

\* В 1917 г. лекция Чугаева была опубликована в научно-популярном журнале «Знание для всех» в виде богато иллюстрированного очерка под названием «История вещества в живой и мертвой природе».

своего кабинета в лабораторию, живо интересуясь ходом работ и справляясь у каждого о новых результатах. Чем больше было работающих, чем интенсивнее она шла у каждого, тем более Лев Александрович чувствовал себя счастливым и удовлетворенным... Из лаборатории он обычно уходил около 12 часов ночи домой и садился за письменные работы до самого утра. Казалось, он работал круглые сутки. Работа для него была все: без нее он не мог жить, и в ней он видел свое призвание. В угоду ей он отказывал себе в удобствах, радостях и наслаждениях жизни»<sup>28</sup>.

В университете Чугаев вел курс неорганической и общей химии. К чтению курса он готовился очень серьезно. Летом 1908 г. он поехал за границу с тем, чтобы ознакомиться в Бреславльском университете с лабораторией известного немецкого химика Абегга, с постановкой в ней практикума физической химии, с новейшими приборами и аппаратами. С осени 1909 г. он начал читать курс органической химии в Петербургском технологическом институте.

Два года спустя Лев Александрович был утвержден ординарным профессором Петербургского университета. Обстановка в университете в то время была неспокойной. Студенческие волнения не прекращались. Реакционная политика министра просвещения Кассо, его возмутительное отношение к преподавателям Московского университета в 1911 г. всколыхнули общественность Петербурга. Настроения передовой профессуры хорошо отражены в письме Чугаева П. П. Лазареву от 10 февраля 1911 г.

«Дорогой Петр Петрович!

Всем сердцем сочувствую тяжелому горю, постигшему Московский университет и вас лично. Передайте, пожалуйста, мой глубокий поклон и сочувствие Петру Николаевичу Лебедеву... и другим московским физикам, которые вынуждены были покинуть университет. Хочется надеяться, что должно же, наконец, наше правительство понять, что Россия не может разбрасывать так небрежно свои лучшие и притом столь многочисленные научные силы. Должны же они понять, что это именно, прежде всего, и ведет к Цусиме, должны же они образумиться... Наше положение тоже не сладкое, хотя нам только

угрожает та катастрофа, которая в Москве — уже совершившийся факт. Пока лекции идут (у нас — химиков — довольно спокойно, у юристов и физиков гораздо хуже) при ничтожном числе слушателей (за немногим исключением), а в главном здании в присутствии полиции и при постоянной обструкции»<sup>28</sup>.

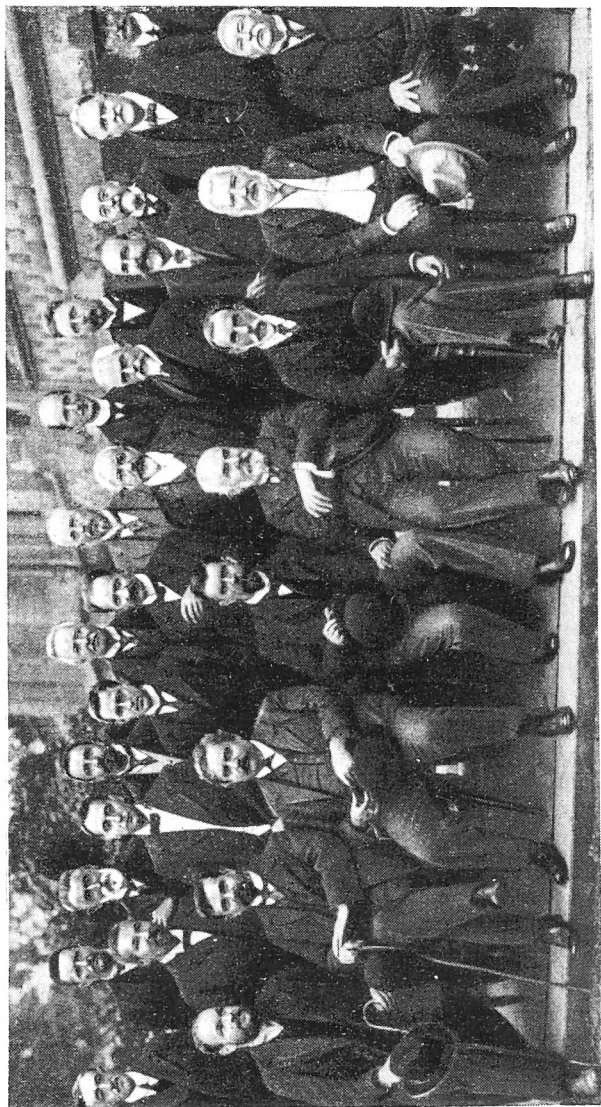
После переезда в Петербург Чугаев занялся главным образом комплексными соединениями, но не утратил его интерес к органической химии, в частности к химии нефти. Об этом свидетельствует, между прочим, письмо Льва Александровича к А. Е. Чичибабину (1 января 1910 г.)

«Многоуважаемый Алексей Евгеньевич!

Нафтеновые кислоты меня действительно интересуют, и я имел в виду заняться ими даже независимо от недавно возникших переговоров относительно возможного их технического применения. Но, само собой разумеется, это не может и не должно никаким образом вас удерживать от работы над тем же объектом. Число нафтенновых кислот так велико, известно о них еще так мало, что, я думаю, здесь работы хватит на несколько лабораторий. Мне давно казалось, что богатое разнообразие материала, которое представляют нафтенновые кислоты, слишком мало утилизируется не только в технике, но и для чисто научных работ. В настоящее время, я предполагаю (после возможного изолирования отдельных индивидуумов) заняться превращением нафтенновых кислот в спирты, кетоны, углеводороды и другие соединения (возможно, близко стоящие к терпеновому ряду). В этом я вижу, между прочим, и один из путей, ведущих к технической утилизации нафтенновых кислот. Конечно, попутно нельзя будет не коснуться вопроса о их строении...»<sup>29</sup>.

В 1909 г. Лев Александрович был участником конгресса прикладной химии в Лондоне. В 1913 г. он снова поехал в Англию, в город Бирмингем, где участвовал в работе Британской ассоциации содействия развитию науки. Затем он направился в Брюссель на съезд Международной ассоциации химических обществ. С 1912 г. он является одним из четырех представителей России (вместе с Н. С. Курнаковым, П. И. Вальденом и В. А. Кистяковским) в совете ассоциации и членом международной комиссии по пересмотру номенклатуры неорганических





Л. А. Чугаев среди участников Международной химической ассоциации.  
Сидят слева направо: Чугаев, Ван-Лаар, Вернер, Гюи, Халлер, Рамзай,  
Оствальд, Патерно.

Стоят в первом ряду: Филтер, Коген, Лаури, Вальден, Якобсон, Меноцци, Бегаль.  
Стоят во втором ряду: Гросли, Казарес, Уотерс, Крисмер, Ауербах, Хогенерф, Петерсен,  
Бьеррум, Бильман, Моирело, Курнаков

соединений. В марте 1914 г. по приглашению Фарадеевского общества Чугаев прочел в Лондоне обзорный доклад о своих работах по изучению оптических свойств химических соединений. В том же году этот доклад был напечатан в трудах общества.

После переезда в Петербург Чугаев становится одним из видных деятелей Русского физико-химического общества. В течение ряда лет он занимал выборную должность делопроизводителя общества, неоднократно избирался вице-председателем отделения химии. В 1913 г., а затем уже в советское время (1918—1920) Лев Александрович состоял вице-президентом общества, принимая самое активное участие в его деятельности. Он часто делал сообщения о своих работах, выступал по злободневным вопросам научной жизни того времени, неизменно участвовал в творческих дискуссиях. Характеризуя деятельность общества, Чугаев писал, что оно сделалось «ареной самого оживленного обмена мнений, горячих споров, придававших особый интерес заседаниям, тем более, что в них участвовали творцы тех открытий, тех новых направлений, которые составляли предмет спора... Многие из этих заседаний останутся навсегда памятными для принимавших в них участие, иные по справедливости заслужили название исторических»<sup>30</sup>. Образно Чугаев сравнивает общество со «своеобразным ферментом, возбуждающим интерес к науке, вдохновляющим молодых ученых и поощряющих их продолжать с удвоенным рвением начатые искания»<sup>31</sup>.

Лев Александрович возглавлял специальную комиссию, созданную обществом для изучения состояния химического образования в России. Комиссия в составе Фаворского, Тищенко, Порай-Кошица, Бирона и других виднейших ученых разработала ряд мероприятий для коренного улучшения преподавания химии в нашей стране и выдвинула предложение об организации химических отделений на физико-математических факультетах университетов. Чугаев часто избирался в комиссии по присуждению премий общества (премия имени Менделеева, имени Бутлерова и др.). «Эти премии,— отмечал он,— сыграли бесспорно важную роль в истории русской химии, оказывая моральное и отчасти материальное поощрение выдающимся научным работникам»<sup>32</sup>.

Большое значение придавал Чугаев печатному органу общества — ЖРФХО. Несколько лет (1915—1917) он редактировал для журнала протоколы заседаний химического отделения: рефераты научных сообщений, выступления участников прений. Лев Александрович считал, что русские ученые должны публиковать свои труды прежде всего в отечественных журналах, а затем уже за границей; в ЖРФХО были напечатаны все основные работы Чугаева. «Ни одна сколько-нибудь значительная работа русского химика, — отмечал он с удовлетворением, — не проходила без того, чтобы не оставить следа на страницах журнала, который, таким образом, получил значение памятника, запечатлевающего на своих страницах историю развития русского химического творчества».

В 1912 г. Русское физико-химическое общество вступило в Международную ассоциацию химических обществ. На втором съезде ассоциации рассматривался вопрос о химической номенклатуре и утверждался состав пациональных комиссий.

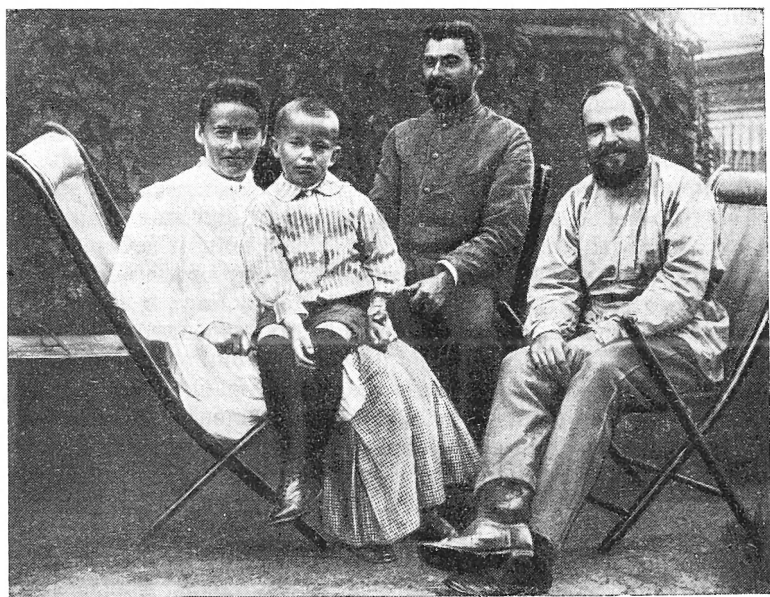
В состав русской комиссии по номенклатуре неорганических соединений вошли Курнаков, Чугаев и Горбов. На третьем съезде ассоциации, который состоялся в Брюсселе в 1913 г., обсуждались предложения русской комиссии по химической номенклатуре. Они были встречены с большим интересом и переданы в специально созданную интернациональную комиссию по номенклатуре неорганических соединений<sup>33</sup>.

В 1914 г. петербургскую общественность взволновало печальное событие: на резиновой фабрике «Треугольник» произошло массовое отравление работниц. Большевистская фракция IV Государственной думы сделала правительству специальный запрос. Для выяснения обстоятельств этого дела Русское физико-химическое общество создало экспертную комиссию, в которую вошел Чугаев<sup>34</sup>. Ученые выяснили, что причиной отравления явилось отсутствие мер безопасности и тяжелые условия труда.

Во время первой мировой войны Чугаев выполнял задания Физико-химического общества, связанные с развитием химической промышленности. Уже в первый месяц войны под его председательством состоялось заседание отделения химии, на котором обсуждалось положение важнейших химических производств. Вместе с другими

русскими химиками Лев Александрович активно включился в работу по мобилизации отечественной промышленности с тем, чтобы способствовать ликвидации «химического голода». В одной из своих статей он писал: «Недостаток реагентов на нашем рынке давно уже давал о себе знать, но до последнего времени это важное обстоятельство оставалось как бы в стороне от общего внимания, будучи затемняемо другими еще более важными и злободневными вопросами, для разрешения которых требовалось участие химиков... На первой очереди стояли вопросы об изготовлении химико-фармацевтических препаратов, взрывчатых веществ, удушающих средств и т. д. И русские химики с самого начала войны старались сделать все возможное для того, чтобы задачи эти, столь тесно связанные с государственной обороной, получили скорейшее разрешение. Но теперь очередь доходит и до реагентов. По мере того, как «химический голод», за отсутствием подвоза из-за границы, главным образом из Германии, давал о себе знать все более и более ощутительным образом, в широкое сознание стала проникать мысль, что борьба с этим голодом, столь необходимая для разных отраслей промышленности, невозможна без участия научно-образованных химиков и химических лабораторий. Практическая важность химика, научной химии стала очевидной для многих. А для того, чтобы работа химических лабораторий шла нормальным порядком, нужны реагенты. Это также очевидно. Но если недостаток в реагентах тормозит работу лабораторий научных, то не менее резким образом отражается он на работе тех лабораторий (главным образом аналитических), которые, преследуя непосредственные практические цели, обслуживают ряд фабрик и заводов (например, металлургических), работающих на оборону. Из сказанного ясно, что вопрос о реагентах не является чисто академическим, каким он может казаться с первого взгляда, что в конечном счете он, хотя и косвенно, затрагивает разнообразнейшие стороны государственной жизни, что на нем должно быть сосредоточено серьезное внимание»<sup>35</sup>.

В 1916 г. лаборатория Чугаева в университете выполняла большую и ответственную задачу — переработку больших количеств платиновой руды на чистую платину. В следующем году по поручению Комиссии по изучению



*Семья Чугаевых на даче (публикуется впервые)*

естественных производительных сил России в лаборатории под непосредственным руководством Чугаева была проведена работа по усовершенствованию методов выделения чистой платины из платиновых руд. В работе принимали участие В. Г. Хлопин, В. В. Лебединский, И. И. Черняев и др.

В военные годы Чугаев читал много популярных лекций. Особенный интерес вызвала его лекция на тему «Что дала и что может дать химия для народного питания». Для военных, прибывавших с фронта, Чугаев читал лекции по химии удушающих средств.

Октябрьскую революцию Лев Александрович встретил сочувственно. В отличие от некоторых представителей русской интеллигенции, занявших выжидательную, а иногда и враждебную позицию по отношению к большевикам, он уже в первые месяцы существования Советского государства принимал активное участие в строительстве нового общественного строя. «„Действуйте, действуйте,

действуйте“, „под лежащий камень вода не течет“ — неустанно повторял он своим ученикам, своим поведением доказывая, что это не пустые слова, а девиз, — пишет Черняев. — Эта кипучая действенность Чугаева была далека от предприимчивого делячества. Она была прежде всего глубоко принципиальной и всегда направленной на пользу науки и просвещения»<sup>36</sup>.

В одном из выступлений тех лет Чугаев изложил свои взгляды на роль науки в современном обществе: «Одной из главнейших забот нашего старого правительства было держать русский народ в невежестве и неуклонно препятствовать всякому проявлению свободной мысли. Наука едва терпелась, а ее распространение в широких массах населения систематически преследовалось с тем, чтобы по возможности отдалить пробуждение сознательной жизни народа. Современная война особенно ярко подтвердила ту истину, что победа зависит от культурного развития, от уровня научного развития и технической подготовки специалистов.

Но еще ярче и отчетливее роль науки и особенно научного творчества выступает в той мирной борьбе за обладание природой, которая объединяет интересы всех классов населения и культивирование которой должно составлять одну из первейших задач нашей молодой демократии, только что завоевавшей свою политическую свободу.

В эпохи великих потрясений политической и общественной жизни, подобных тем, которые переживает в настоящее время Россия, существует большая опасность, что происходящие события, отвлекая на себя всеобщее внимание, могут заставить забыть на время о нуждах науки и просвещения. Для России эта опасность усугубляется еще тем, что кредит науки, так низко стоявший в глазах нашего старого самодержавного правительства, вовсе не стоит на должной высоте и в глазах широких масс населения. У нас науку слишком мало знают, в науку мало верят. Вот почему мы берем на себя смелость выступить в роли защитников или апологетов науки. Мы делаем это будучи глубоко уверены в том, что только опираясь на творческую работу науки и на просвещение народа, окажется возможным вывести страну из того тяжелого кризиса, в который она была ввергнута старым режимом...

Наука, сама по себе, всегда демократична, а если в тех или других случаях плоды ее недостаточно равномерно распределяются между отдельными классами населения, то правильный демократический строй всегда может и должен внести сюда надлежащую поправку»<sup>37</sup>.

Чугаев составил записку «О демократизации науки», которую направил своему ученику Н. П. Горбунову — видному деятелю коммунистической партии, занимавшему в то время пост секретаря Совета Народных Комиссаров. Свою записку Чугаев сопроводил письмом, датированным 26 июня 1918 г.

«Многоуважаемый Николай Петрович!

Зная тот интерес, который вы проявляете к судьбам нашей науки и нашей высшей школы, я хотел повидать вас лично, чтобы передать вам мою записку на эту тему в надежде, что она сможет сослужить некоторую службу, как материал при предполагаемом пересмотре университетского устава, в противовес недостойному походу, который теперь ведется группой лиц против наших рассадников просвещения.

К сожалению, я не застал вас и потому посылаю вам свою рукопись по почте.

Пока всего хорошего.

Ваш Л. Чугаев.

Р. С. Я хотел также поговорить с вами по поводу «Пищевого института», устав которого утвержден. Теперь очень важно, чтобы он был поскорее напечатан в форме декрета, что, как мне сказали в ВСНХ, зависит от вас»<sup>38</sup>.

Горбунов, направляя записку Чугаева заместителю Народного Комиссара по просвещению М. Н. Покровскому, писал: «По просьбе моего учителя, профессора Льва Александровича Чугаева, пересылаю вам его записку с тезисами о „демократизации науки“, которая может сослужить некоторую службу как материал при предполагаемом пересмотре университетского устава»<sup>39</sup>.

Текст записки «О демократизации науки» нам, к сожалению, не удалось разыскать, но в архиве Академии наук СССР хранятся черновые наброски Чугаева, относящиеся к этой записке. Имеется, по-видимому, ее начало,

где Чугаев пишет: «Теперь, когда жизнь перестраивается на новых началах, когда сами народные массы берут в свои руки все управление страной и всю власть, очевидно, народу предстоит составить свое мнение, вынести решение по ряду самых разнообразных вопросов — решить, что в государственном и общественном строе необходимо и полезно для народных масс и что ненужно, бесполезно, а может быть даже вредно.

Приходится вынести такое решение, между прочим, и относительно *науки*. Наука, худо ли, хорошо ли, держалась при старом нашем режиме. Ей, правда, отводилось весьма скромное место, ее, что называется, держали в черном теле, на ее развитие давали буквально гроши, ее деятелей всячески ужимали, но все же и при этих условиях наука русская росла и крепла. Имена Ломоносова, Лобачевского, Зинина, Менделеева, Бутлерова, Чебышева, Мечникова, Лебедева и многих других составляют нашу законную гордость, наряду с именами великих художников слова: Пушкина, Лермонтова, Гоголя, Герцена, Толстого, Некрасова, Достоевского. Спрашивается, что же теперь с изменившимся в корне государственным и социальным порядком, должны ли мы признать за наукой право на существование... К сожалению, мы еще не дожили до того времени, когда положительное знание перестанет нуждаться в постоянной и энергичной защите и пропаганде. Но особенно такая защита и пропаганда является необходимой в эпохи великих потрясений политической и общественной жизни, вызываемые войнами и революциями, когда общее внимание всецело направлено на происходящие события, и нужды науки и просвещения легко могут оказаться в тени. Нечего говорить, что Россия переживает сейчас один из таких исторических моментов и представляется крайне важным, чтобы при самом созидании новой жизни, нового государства и нового общественного строя был услышан и принят во внимание голос науки»<sup>40</sup>.

На этом набросок рукописи обрывается. С полным основанием можно предполагать, что далее Чугаев страстно и убежденно говорит о значении науки в социалистическом обществе, о роли университетского образования в новых условиях.

Всей своей деятельностью Чугаев показывал пример



творческой активности передового ученого, связавшего себя с судьбами революционного народа. В 1917 г. Лев Александрович выступил с запиской «О необходимости учреждения Института для изучения платины, золота и других благородных металлов». Главной задачей института он считал разработку научных основ химии платины и благородных металлов.

Впоследствии Чугаев характеризует работу созданного и руководимого им нового научного учреждения следующим образом: «Наиболее важной и благоприятной для дела стороной в организации деятельности Платинового института я считаю то обстоятельство, что в этом учреждении разработка чисто научных вопросов чрезвычайно тесно связана и, можно сказать, переплетена с разработкой вопросов технического порядка, которые по преимуществу интересуют практиков. Нельзя не признать... огромной пользы, которую сама наука извлекает из соприкосновения с жизнью, с промышленностью. История всей материальной и духовной культуры человечества за последнее столетие красноречиво свидетельствует, что залог максимального развития науки и техники заключается в самом тесном контакте и содружестве между ними»<sup>41</sup>. Эти строки отражают передовые взгляды Чугаева на роль науки в развитии духовной и материальной культуры. Его призывы к тесному единению науки и промышленности нашли живейший отклик в научных и общественных кругах того времени.

В самом начале Октябрьской революции Чугаев принимал активное участие в организации Российского пищевого научно-технического института, в котором руководил отделом синтеза углеводов. 11 июня 1918 г. на организационном собрании Петроградского отделения института Лев Александрович выступил с докладом «Современные задачи химии питательных веществ»<sup>42</sup>. В этом интересном докладе, тема которого сохранила свою актуальность до настоящего времени, Чугаев говорит: «Единственной разумной причиной, до сего времени препятствовавшей развитию фабрикации искусственных пищевых продуктов, была высокая стоимость этих последних при дешевизне продуктов естественных». Однако глубокие научные, экономические и социальные изменения, происшедшие в XX веке, «заставляют произвести

переоценку многих ценностей... Что еще вчера казалось праздной мечтой во вкусе Уэльса, завтра может оказаться основанием для вполне реального и осуществимого плана. Я хочу сказать, что настало время, когда надлежит серьезно взяться за разработку вопросов, связанных с получением синтетических и вообще искусственных питательных веществ». Особое внимание следует обратить на получение основных видов питательных веществ — углеводов, жиров и белков; необходимо разработать способы искусственного получения пищевых продуктов из «непитательных» материалов. Не менее важно широко заменять непитательными материалами «пищевые продукты или изделия из них, употребляемые в технике для целей, питанию посторонних».

Исходя из всего этого, Чугаев полагал, что Пищевой научно-технический институт должен в первую очередь заняться: 1) разработкой наиболее эффективного способа получения спирта в технике; 2) изысканием способов замены льняного масла, употребляемого на изготовление олифы и лаков, эфирами непредельных кислот, непригодных для питания. Исходным сырьем для синтеза указанных эфиров должны служить нафтеновые кислоты, входящие в состав нефти; 3) разработкой синтеза  $\alpha$ -аминокислот из дешевых исходных материалов (альдегиды, синильная кислота, аммиак и др.).

В тяжелые годы (1917—1920) голод, холод, военное положение в городе не повлияли на решение Чугаева оставаться на своем посту в Петроградском университете. Он продолжал читать лекции, работать в лаборатории неорганической химии, где условия работы были исключительно тяжелыми: не было газа, не хватало электрической энергии, очень скудно отпускались керосин и денатурат, с грехом пополам заменявшие газ, не доставало приборов, реактивов, научной литературы. Экспериментальная работа, выполнявшаяся ранее за несколько дней, теперь растягивалась на недели и даже месяцы. Но Лев Александрович продолжал практические занятия со студентами, ценой невероятных усилий вел научную работу. В одной из записок, хранящихся в архиве Академии наук СССР, Чугаев писал: «Во имя чего все это делается? И неотступно преследует иных назойливый вопрос: не лучше ли ученым „закрыть лавочку“, забросить

лекции и лаборатории и заняться какой-либо иной профессией, более выгодной?» На этот вопрос Чугаев отвечает: как это ни трудно, но профессор не может и не должен оставлять свой высокий пост, ибо всегда нужно помнить, что «наука и просвещение являются одним из существенных условий успешной борьбы за идеалы свободы и демократии».

Ученому приходилось думать не только о своей научной работе, но и о том, как прокормить семью, как раздобыть что-либо из одежды или обуви. В апреле 1920 г. Чугаев обратился в ректорат университета с просьбой ходатайствовать о выдаче ему ордера на галоши «ввиду наступившей весенней оттепели и склонности к простуде и ввиду того, что имеющаяся обувь (сапоги, галоши) пришла в полную негодность»<sup>43</sup>; по роду своей деятельности Чугаев должен был часто бывать в отдаленных частях города. Ректорат университета выдал «удостоверение профессору Л. А. Чугаеву на предмет возбуждения перед соответствующими властями ходатайства о предоставлении ему ордера на покупку... вещей». А вот еще один документ, свидетельствующий о тяжелых условиях жизни Чугаева. 10 ноября 1920 г. ректор университета В. М. Шимкевич послал в Калужский губпродком письмо: «Петроградский государственный университет просит Калужский губпродком оказать всяческое содействие при вывозе из пределов Калужской губернии в Петроград 10 пудов картофеля, собранных с огорода, который в течение минувшей весны и лета обрабатывался трудами семьи профессора тов. Чугаева. Тов. Чугаев, проживающий по месту службы в Петрограде, не мог, подобно другим петроградским жителям, уделить время для работ по огороду здесь, так как в качестве ответственного и незаменимого работника по Петроградскому университету был всецело занят исполнением своих служебных обязанностей»<sup>44</sup>.

Жизнь и деятельность именно таких ученых, как Л. А. Чугаев \*, имел в виду А. М. Горький, когда писал:

---

\* Среди имен русских ученых, упоминающихся в заметках Горького, имя Чугаева встречается несколько раз. Горький поддерживал личный контакт с Чугаевым в Петрограде в 1918—1921 гг.

«Я имел высокую честь возвращаться около них (ученых.— *Авт.*) в труднейшие годы — 1919—1920. Я наблюдал, с каким скромным героизмом, с каким стоическим мужеством творцы русской науки переживали мучительные дни голода и холода, видел, как они работали, и видел, как умирали. Мои впечатления за это время сложились в чувство глубокого и почтительного восторга перед вами — герои свободной, бесстрашной исследующей мысли. Я думаю, что русскими учеными, их жизнью и работой в годы интервенции и блокады дан миру великолепный урок стоицизма, и что история расскажет миру об этом страдном времени с той же гордостью русским человеком, с какой я пишу эти простые слова. В них нет никакого преувеличения...»<sup>45</sup>.

В декабре 1920 г. Лев Александрович выехал на несколько месяцев в Вологду для чтения лекций в Институте народного образования и для участия в организации Вологодского государственного университета. На лекциях в Вологде ассистентом Чугаева был Черняев. Осенью следующего года Петроградский университет командировал Чугаева в Москву на конференцию, созванную для обсуждения проекта положения об управлении высшими учебными заведениями, а также материального положения высшей школы и ее работников. Из Москвы Чугаев снова отправляется в Вологду, чтобы продолжить лекционный курс по химии; ему был выдан специальный мандат на провоз в пассажирском вагоне ящиков с химической посудой и реактивами.

По возвращении в Петроград Чугаев принял деятельное участие в подготовке Менделеевского съезда. В феврале 1921 г. под его председательством состоялось заседание совета отделения химии Физико-химического общества, на котором присутствовали виднейшие ученые: Фаворский, Курнаков, Лебедев и др. В своем выступлении Лев Александрович отметил, что «предполагаемый съезд будет третьим по счету Менделеевским съездом, причем в отличие от двух предыдущих будет отсутствовать физическая секция, так как физики в настоящее время организуют самостоятельные съезды; предполагаемый съезд по заданию ВСНХ и по обстоятельствам переживаемого момента будет иметь значительный уклон в сторону прикладной химии». Совет отделения химии Физико-химиче-

ского общества рекомендовал избрать местом съезда Петроград, а все организационные мероприятия по созыву съезда провести совместно с химическим и научно-техническим отделами ВСНХ.

Летом этого года Чугаев доложил на заседании Технического совета химического отдела ВСНХ «Положение о Менделеевском съезде», в котором говорилось: «III Менделеевский съезд по чистой и прикладной химии имеет своей задачей способствовать развитию химической промышленности в России путем создания условий для живого общения и обмена мнений между русскими химиками, работающими в различных областях чистой и прикладной химии».

В феврале 1922 г. на одном из заседаний Технического совета ВСНХ была заслушана подробная информация Чугаева о ходе подготовки к созыву Менделеевского съезда. Было сообщено, что в Петрограде избран президиум организационного комитета в составе: почетный председатель Д. П. Коновалов; председатель Н. С. Курнаков; вице-председатели А. Е. Фаворский, Л. А. Чугаев, В. Е. Тищенко; члены президиума С. В. Лебедев, А. А. Яковкин, А. И. Горбов и др. Для руководства оперативной работой избрано исполнительное бюро во главе с профессором Чугаевым, а также сформирован ряд рабочих комиссий. Положение о III Менделеевском съезде было разослано во все университетские города и на крупнейшие химические заводы. Технический совет одобрил мероприятия организационного комитета и утвердил созыв съезда в мае 1922 г.

Менделеевский съезд по чистой и прикладной химии открылся 25 мая 1922 г. в большой химической аудитории Петроградского университета. Вступительное слово произнес председатель организационного комитета академик Курнаков. Чугаев выступил с кратким отчетом об организации съезда, а на первом пленарном заседании прочел доклад о «Происхождении химических элементов и периодическом законе». На следующий день Чугаев выступил на заседании секции общей химии с сообщением «О пентаминовых соединениях четырехвалентной платины» и на заседании секции технологии минеральных веществ сделал доклад на тему «Российский институт прикладной химии».

Лето 1922 г. Чугаев провел в Вологодской губернии, намереваясь в конце августа возвратиться в Петроград. Этому помешали материальные затруднения. Он обратился в Научно-технический отдел ВСНХ с просьбой об ассигновании единовременной субсидии на переезд, «требующейся ввиду большой стоимости железнодорожных и гужевых перевозок в настоящее время. Размер испрашиваемой субсидии — четыреста миллионов рублей, каковые прошу убедительно перевести срочно через Институт прикладной химии»<sup>46</sup>.

Спустя несколько дней после отправки письма Лев Александрович заболел брюшным тифом.

В начале сентября 1922 г. было решено командировать за границу ряд виднейших ученых для ознакомления с достижениями науки и техники в западноевропейских странах. Научно-технический отдел ВСНХ по рекомендации члена коллегии НТО Н. М. Федоровского и члена президиума Центрального научно-технического совета С. А. Чаплыгина вынес решение командировать профессора Чугаева на три месяца в Германию, Францию и Англию.

Когда решался этот вопрос, тяжело больной Лев Александрович находился в далеком городке Грязовце. 24 сентября 1922 г. в Москву, в адрес Научно-технического отдела ВСНХ пришло по телеграфу скорбное известие: «Профессор Чугаев скончался двадцать третьего ночью».

Похороны состоялись в Павло-Обнорском монастыре Вологодской области.

Весть о внезапной смерти Льва Александровича поразила не только близких ему людей: она взволновала широкие круги химиков на родине и за ее рубежами. Ректор Петроградского университета посылает вдове покойного телеграмму с выражением соболезнования: «Петроградский государственный университет потрясен известием о безвременной кончине своего сочлена... Лев Александрович высоко держал знамя науки и не жалел себя для блага университета. Университет навсегда сохранит о нем благодарную память». Из Москвы пришла телеграмма, выражающая глубокое соболезнование Петроградскому университету. В этой телеграмме Президиум ВСНХ особо подчеркнул «энергичную, полезную деятельность Чугаева... его поддержку Советской власти»<sup>47</sup>.

В некрологе, опубликованном вскоре в журнале «Природа», безвременному ушедшему ученому посвящены теплые слова: «Когда в Петроград пришли первые известия о том, что Лев Александрович заболел тифом в Вологодской губернии, то никто из узнавших об этом и не думал о возможности печального исхода. Ученики и почитатели покойного сожалели, что он в течение нескольких месяцев не сумеет заниматься своей любимой наукой... Под впечатлением безвременной смерти его как-то трудно привыкнуть к мысли, что труды Льва Александровича уже принадлежат только истории, только прошлому нашей науки, и больно поверить, что ни в заседаниях Физико-химического общества, ни в аудитории университета и Технологического института мы никогда более не услышим его мерного голоса...»<sup>48</sup>.

Последняя книга Льва Александровича «Современные достижения химической промышленности» вышла в свет посмертно. Вскоре после выхода она поступила в личную библиотеку В. И. Ленина в Кремле<sup>49</sup>. В предисловии к книге старый друг и товарищ Чугаева, известный физик П. П. Лазарев, пишет: «Мягкий, отзывчивый, добрый Чугаев привлекал к себе всякого, кому приходилось с ним прийти в соприкосновение. И часто Чугаеву приходилось хлопотать и устраивать дела для ряда ему мало знакомых лиц, которые иногда и не знали, как много труда и времени Л. А. тратил на них. Эта мягкость, однако, не переходила у Л. А. в безразличное отношение, как это иногда наблюдается. Чугаев в общих вопросах, связанных с общественной жизнью, был всегда человеком стойким, человеком твердых определенных убеждений, умевшим настаивать и добиваться того, что он считал правым. Это все и привлекало к нему молодежь, это и составляло залог для создания школы».

В 1923 г. Совет Народных Комиссаров постановил приобрести личную библиотеку профессора Л. А. Чугаева и передать ее Петроградскому университету. Библиотека состоит более чем из 10 000 изданий; здесь немецкие, французские, английские и русские химические журналы с 60—70-х годов, классики времен французской революции (Дюма, Лавуазье и др.), целый отдел по истории химии древнего востока (Ассирия, Египет, Китай, Япония), этой колыбели алхимии; отдел натурфилософии — латинские и

греческие авторы (Платон, Аристотель и др.), из новейших — Вольтер и др. Библиотека заняла самостоятельное место в Главной библиотеке Петроградского университета.

7 декабря 1922 г. в Москве, в здании Политехнического музея состоялось открытое заседание химического отделения Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии, посвященное памяти Чугаева. И. А. Каблуков рассказал о работах Льва Александровича по химии комплексных соединений. Свое выступление он закончил словами: «Становится невыразимо больно, когда подумаешь, что он ушел от нас, полный духовной энергии... и наша родина лишилась одного из талантливейших и энергичных научных деятелей, в которых она так нуждается. В лице Л. А. Чугаева не только русская, но и мировая наука потеряла крупного ученого, а Петроградский университет — профессора, который благодаря своему таланту, любви к науке и замечательной трудоспособности являлся достойным хранителем заветов Д. И. Менделеева»<sup>50</sup>.

В выступлении С. С. Наметкина обрисована роль работ Чугаева по органической химии в развитии мировой науки.

Докладчик подчеркнул, что «Лев Александрович представлял собой прекрасный образец естествоиспытателя, не замыкающегося в узкие рамки своих специальных исследований... Ученый с громадным кругозором и редким богатством идей, за работой он превращался в кропотливого исследователя, от пытливого взора которого не ускользнет ни одна деталь изучаемого явления. Такое редкое сочетание тщательности исследования с какой-то особой многогранностью мысли наложило особый, своеобразный отпечаток на все, даже самые ранние его работы.

Теперь его не стало... Но как при жизни всякое общение с ним оставляло неизгладимый, благотворный след не только личной его обаятельности, но и глубокой разносторонней научной мысли, так же точно его научные труды еще долго будут не только восхищать нас и новые поколения химиков своей точностью и мастерством выполнения, но несомненно также — будить мысль и направлять новые силы на решение тех задач, которым Лев Александрович посвятил свою столь рано оборвавшуюся жизнь...»<sup>51</sup>.



Смерть Льва Александровича Чугаева была воспринята как громадная утрата для науки и учеными других стран.

В английском журнале, в статье, посвященной памяти русского ученого, мы читаем: «Умер один из крупнейших членов международной химической семьи... Его потеря — одна из серьезных для химии вообще, а для русской химии она является действительно злополучным роком, так как такие научные труженики, которые обладают энергией и талантом Чугаева, довольно редки во всякой стране, а Россия менее всего могла себе позволить такую преждевременную потерю...»

## Глава вторая

---

### Бактериологические и биохимические исследования

Первая работа Чугаева в области бактериологии посвящена изучению действия ядов на микроорганизмы. В то время это был один из самых темных вопросов биологической науки. Литературные данные касались в основном действия ядов на высшие организмы, относящиеся к типу позвоночных. Почти совершенно отсутствовали работы о действии ядов на другие виды животных, а также на растения и микробы.

Однако при выяснении механизма токсического эффекта наиболее подходящими объектами исследования являются бактерии, так как примитивность биологической организации микробов дает возможность приблизиться к идеальным условиям физиологического опыта над живой протоплазмой.

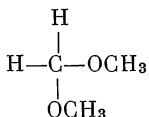
Смерть организма от действия того или иного яда можно поставить в зависимость от нарушения состава или структуры белковых веществ протоплазмы. В том случае, когда известна химическая функция вещества, являющегося ядом для данного организма, становится возможным предположить наличие в белках одной из тех атомных группировок, на которые способен действовать данный яд, и, следовательно, составить хотя бы предварительную характеристику белковых веществ, обрисовать их химическую природу. «Если окажется,— писал Чугаев,— что известная группа веществ, аналогично реагирующих на один и тот же атомный комплекс, является общим ядом для самых разнообразных живых существ, какое бы место

эти последние ни занимали в иерархической лестнице организмов, то мы скажем, что соответствующая атомная группировка является общей для всех или по крайней мере для многих разновидностей белка, что она, следовательно, характеризует функцию белковой частицы. Если, с другой стороны, найдется такое вещество, которое, будучи ядовитым для одних организмов, окажется безвредным для других, по отношению к которым какое-либо иное вещество в свою очередь будет специфическим ядом, то этот факт будет служить указанием на различие двух белков, входящих в состав протоплазмы этих двух организмов. Природа такого различия будет и здесь определяться химическим составом и строением соответствующих специфических ядов. Не трудно видеть, что этот метод в сущности аналогичен приемам качественного химического анализа»<sup>1</sup>.

В качестве объекта исследований Чугаев избрал 16 видов микробов — патогенных и сапрофитных. Степень ядовитости того или иного вещества он определял по концентрации, по той минимальной дозе яда, которая вызывала прекращение размножения бактерий. Задержка развития микрофлоры являлась, таким образом, критерием сравнительной ядовитости химических соединений. Метод вполне оправдал себя и дал возможность составить шкалу ядовитости различных веществ. Было известно, что в молекулах белков содержатся аминные группы. Вещества, способные образовывать с аминной группой стойкие соединения, уничтожают ее лабильность и тем самым нарушают химическую функцию белка. В литературе было высказано предположение, что всякое вещество, связывающее аминные группы, будет проявлять токсическое действие в отношении любого живого организма, так как «белок есть везде, где существует жизнь в какой бы то ни было форме»<sup>2</sup>.

Альдегиды реагируют с аммиаком и с веществами, содержащими аминную группу. В связи с этим Чугаев занялся изучением ядовитого действия на микробы органических соединений, содержащих карбонильную группу, — альдегидов и кетонов. Он хотел выяснить роль самой функциональной группы, а также влияние на токсический эффект состава и строения тех углеводородных радикалов, которые с ней связаны.

Прежде всего были поставлены опыты с формальдегидом, который оказался очень токсичным: уже при концентрации 0,01% приостанавливался рост большинства видов исследуемых микробов. Токсичность в данном случае обуславливалась исключительно наличием альдегидной группы. При ее нарушении ядовитое действие прекращалось. Например, при замещении кислорода двумя метоксильными группами образуется метиловый ацеталь



Это соединение даже при 2%-ном содержании неспособно приостановить рост бактерий и, следовательно, безвредно.

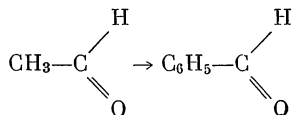
Многочисленные наблюдения позволили Чугаеву сделать вывод, что между химическим составом органических соединений и их токсическим действием на микрофлору существует определенная зависимость.

1. Ядовитые свойства альдегидов связаны с их функциональной группой — СНО.

2. Степень ядовитости членов гомологического ряда альдегидов уменьшается при переходе от низших членов к высшим. Так, при одинаковой концентрации уксусного альдегида и формальдегида токсическое действие первого в 30 раз слабее, чем второго. Высшие гомологи ряда по сравнению с формальдегидом еще менее ядовиты: валериановый альдегид в 50 раз, а энантол в 100 раз.

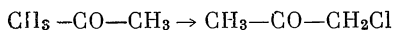
3. Резкое ослабление ядовитости наблюдается при переходе от альдегидов к кетонам. Например, при добавлении к питательному субстрату даже 5% ацетона микробы продолжают расти, хотя быстрота их роста несколько снижается по сравнению с контрольными опытами.

4. Ядовитое действие альдегидов, и кетонов заметно усиливается при замене алифатического радикала ароматическим. Например, переход уксусного альдегида в бензальдегид



сопровождается увеличением токсичности в 3 раза. Если ацетон — почти безвредное соединение, то ацетофенон  $C_6H_5-CO-CH_3$  (продукт замещения одного метилового радикала фениловым) обладает явно выраженной токсичностью: при 0,3%-ной концентрации ацетофенона наблюдается резкая задержка роста бактерий.

5. Токсичность кетонов сильно возрастает при введении в их состав галогена (хлора или брома). Так, ацетон, превращаясь в хлорацетон



по своему токсическому действию на микробы приближается к такому сильному яду, как формальдегид.

Эти эмпирические закономерности нуждались в теоретическом обосновании. «Если бы мы... пожелали... проникнуть в глубь явления,— пишет Чугаев,— и подыскать объяснение для только что отмеченных правильностей, то при современном состоянии нашего знания нам осталось бы только обратиться к гипотезе Леба (немецкий ученый.— Авт.)... Действительно, по теории Леба в частицу... белка входят лабильные аминные остатки... Всякий реактив, посягающий на неприкосновенность аминной группы, должен быть... гибелен для живой плазмы... Между тем все альдегиды, как известно, дают соединения с аммиаком и с веществами, содержащими аминную группу. С формальдегидом реакция протекает наиболее энергично, слабее с высшими альдегидами, еще слабее с кетонами; с ацеталями она вовсе не имеет места. С другой стороны, введение в кетон галоида и отчасти фенильной группы повышает его способность к реакции. Таким образом, все выведенные из опыта соотношения делаются понятными, если стать на точку зрения Леба»<sup>3</sup>. Чугаев указывает, что приведенное объяснение не может считаться окончательным, и вопрос о ядовитом действии карбонильных соединений и их производных требует дальнейшего изучения.

В большой статье «Новая теория дезинфицирующего действия» Чугаев подчеркнул, что теоретические представления и обобщения физической химии дают новое освещение многим вопросам биологической науки. В частности, вопрос о способности различных минеральных соединений

(электролитов) вызывать гибель микроорганизмов он рассматривает на основе теории электролитической диссоциации. Почему для дезинфицирующих целей электролиты применяют в растворенном состоянии? Ответ на этот вопрос, т. е. выяснение зависимости между состоянием электролита в растворе и его токсическими свойствами, очень важен для биологов.

Рассмотрев взгляды Аррениуса на процесс растворения солей, кислот и оснований, Чугаев считает необходимым уточнить, каким образом «явления электролитической диссоциации отражаются на интенсивности дезинфицирующего действия электролитов»<sup>4</sup>. Л. А. Чугаев на многочисленных примерах убедительно показал, что благодаря теории электролитической диссоциации многие наблюдения, связанные с дезинфицирующим действием электролитов, получили логичную, научно обоснованную интерпретацию.

Эта теория вместе с тем ставила дальнейшие задачи, требующие экспериментальной разработки. Чугаев подчеркивал, что идеям новой теории растворов и вообще новым теоретическим обобщениям физической химии «принадлежит будущность... во многих отделах биологической науки»<sup>5</sup>.

Два года спустя было опубликовано исследование Чугаева «К физиологии фосфоресцирующих бактерий»<sup>6</sup>. Светящиеся бактерии открыты в 1875 г. немецким физиологом Пфлюгером. Это открытие разъяснило загадочное до того времени явление самосвечения, наблюдаемое в природе (например, фосфоресценция моря). Было установлено, что слизь, покрывающая тела морских рыб, является благоприятной средой для развития светящейся микрофлоры. Морская вода (или раствор поваренной соли), в которую попала такая слизь, начинает фосфоресцировать.

Светящиеся бактерии морского происхождения относятся к аэробным представителям микромира, их жизнедеятельность возможна только в присутствии кислорода. Явление свечения связано, по-видимому, с внутриклеточным окислительным процессом. Особенность фосфоресцирующих бактерий морского происхождения состоит в том, что для их развития требуется гораздо большая концентрация хлористого натрия в питательном субстрате (3--

4%) по сравнению с другими видами микробов (0,5% NaCl). Если в питательной среде нет достаточного количества солей, рост бактерий приостанавливается и явления свечения не наблюдается. Об этих фактах Чугаев пишет: «Эта характерная биологическая особенность светящихся бактерий морского происхождения, или галофилия (потребность бактерий в повышенном содержании солей.— *Авт.*), находится в тесной зависимости от условий их существования и является одним из многочисленных случаев приспособления организма к окружающей среде (соленой воды морей). В пользу такого заключения говорит, между прочим, и то обстоятельство, что фосфоресцирующие микробы, выделенные из обыкновенной речной воды... не только не требуют для своего развития высокой концентрации соли в питательных средах, но, наоборот, как показали мне специально предпринятые в этом направлении опыты, погибают на тех именно субстратах, которые являются наиболее благоприятными для остальных галофильных фосфоресцирующих бактерий. Таким образом, не подлежит сомнению, что самый акт фосфоресценции не стоит ни в какой необходимой связи с галофилией»<sup>7</sup>.

Чугаев задался целью выяснить физиологическую роль хлористого натрия в жизнедеятельности фосфоресцирующих бактерий. Предстояло установить, имеет ли значение природа соли, т. е. нуждаются ли микробы в строго определенных ионах или же их развитие связано только с осмотическими свойствами раствора. Иначе говоря, надо было ответить на весьма существенный вопрос, — каким процессом является действие соли на микрофлору — химическим или физическим. В своих опытах он добавлял к питательной среде различные соли с таким расчетом, чтобы получаемые смеси были изотоническим раствором среды и 3%-ного хлористого натрия. Исследуемые слои отличались от NaCl либо анионом ( $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NaBr}$ ,  $\text{NaClO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ), либо катионом ( $\text{KCl}$ ,  $\text{BbCl}$ ) или оба иона не совпадали с ионами хлористого натрия ( $\text{KBr}$ ,  $\text{KJ}$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOK}$ ,  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ). В контрольных опытах в питательном субстрате имелось 3% NaCl. Три месяца Чугаев наблюдал за развитием бактериальных культур. Сначала ежедневно, а затем через определенные промежутки времени определялась яркость свечения каждого исследуемого

объекта по сравнению с контрольным опытом. Циклинская пишет в воспоминаниях: «Лев Александрович очень увлекался этой работой и наблюдал свечение в абсолютной темноте по вечерам, для чего специально приходил лишний раз в лабораторию... По окончании работы Лев Александрович делал доклады о ней в Обществе физиологов, а также в Обществе химиков; оба доклада сопровождались красивыми и эффектным демонстрациями многочисленных культур светящихся бактерий и диапозитивов. Для диапозитивов послужили фотографии культур светящихся бактерий, снятых при их собственном свете в темноте. Культуры так ярко светились, что при их свете можно было легко определять время по карманным часам; они были сфотографированы самим Львом Александровичем»<sup>8</sup>.

Наблюдения показали, что одни соли ( $KBr$ ,  $NaNO_3$ ,  $KNO_3$ ,  $KCl$ ,  $KClO_3$ ,  $NaBr$ ,  $NaClO_3$ ) действуют на фосфоресцирующие бактерии почти так же, как  $NaCl$ , т. е. в той же мере благоприятствуют развитию микробов и явлению свечения. Другие же соли ( $NH_4NO_3$ ,  $CH_3COOK$ ,  $CH_3COONa$ ) поддерживают жизнедеятельность микробов, но рост последних замедляется и свечение явно ослабляется. Две соли —  $KJ$  и  $RbCl$  — проявили ядовитые свойства: рост микробов в их присутствии был подавлен и свечения не наблюдалось.

Чугаев высказал предположение, что неодинаковое действие солей связано с избирательной проницаемостью бактериальной протоплазмы: одни соли проникают через нее легко, другие с трудом.

Жизнедеятельность фосфоресцирующих бактерий зависит от изотоничности данного раствора соли и жидкости, содержащейся в протоплазме бактерий. Если раствор соли и плазменная жидкость не изотоничны, нормальный объем содержимого клетки изменяется и, по-видимому, нарушается течение биохимических процессов. Чугаев пришел к убеждению, что «роль солей в явлениях фосфоресценции обуславливается на первом плане осмотическими свойствами их растворов, а не их химической природой»<sup>9</sup>.

В дальнейших опытах Чугаев выяснял зависимость явления свечения от содержания в питательной среде не только солей, но и сахара. Он высевал культуру фосфоресцирующих микробов на субстрате, в котором среди других



компонентов (пептон, хлористый натрий и др.) находилась глюкоза различной концентрации — от 0,1 до 2%. Оказалось, что только при минимальной концентрации глюкозы (0,1%) создаются благоприятные условия для роста микробов и проявления их способности к фосфоресценции. При повышении содержания глюкозы (более 1%) уже через сутки отмечался отрицательный эффект: феномен свечения заметно ослабевал; спустя пять дней фосфоресценция полностью исчезала. Выявилась определенная закономерность: чем выше концентрация глюкозы в питательной среде, тем быстрее прекращается свечение микробов. Это явление, по-видимому, связано с тем, что в процессе жизнедеятельности фосфоресцирующие бактерии превращают глюкозу в кислоту, которая оказывает на микрофлору токсическое действие. Если нейтрализовать образующуюся кислоту, свечение возобновляется, хотя и не с прежней интенсивностью.

Исследования Чугаева позволили объяснить явления, наблюдаемые при симбиозе фосфоресцирующих бактерий с микробами, способными разрушать глюкозу. Если микробы, разрушая глюкозу, создают концентрацию сахара, благоприятную для жизнедеятельности светящихся бактерий, то симбиоз с ними способствует свечению. Примером этого может служить симбиоз фосфоресцирующих бактерий с некоторыми расами дрожжей. Но когда при разрушении глюкозы микробами в растворе накапливается много кислоты, симбиоз сопровождается ослаблением и даже прекращением свечения.

Эта работа Чугаева привлекла внимание русских микробиологов и физиологов.

В 1903 г. в журнале «Научное слово», издававшемся в Москве под редакцией профессора Н. А. Умова, была опубликована большая статья Чугаева «Организм человека и животных в борьбе с бактериями». Автор ознакомил читателя с основными положениями учения об иммунитете, т. е. невосприимчивости организма к тому или иному заболеванию. Разработанная великим русским биологом И. И. Мечниковым фагоцитарная теория иммунитета отводила решающую роль в борьбе с микробами лейкоцитам — белым кровяным тельцам. В статье Чугаева излагались основные идеи Мечникова: «Клетки эти (лейкоциты. — Авт.) устремляются к месту, угрожаемому инфекцией,

и захватывают микробы. Тогда внутри тела фагоцита \* разыгрывается борьба между микробом и поглотившей его клеткой. Исход этой борьбы определяет собой и исход болезни. Организм выздоравливает, если микроб погибает и переваривается в теле фагоцита. Наоборот, болезнь прогрессирует, если погибает лейкоцит, а победителем остается микроб. С этой точки зрения естественная невосприимчивость объясняется на *первом плане* способностью фагоцитов поглощать и переваривать определенных микробов; невосприимчивость искусственная — постепенным приспособлением лейкоцитов к фагоцитарной деятельности путем привычки, выработанной при заражении организма культурой микробов, мало ядовитых или ослабленных. Такова в принципе блестящая концепция Мечникова»<sup>10</sup>. Далее Чугаев всесторонне осветил процессы, происходящие в организме при борьбе с микробами. Организм животных и человека обладает многими защитными приспособлениями и благодаря этому он в состоянии сопротивляться вторжению самых разнообразных микробов, «пока в нем не погаснут жизненные функции, пока он не превратится в инертную массу органической материи». В заключительной части очерка мы находим оригинальные мысли Чугаева о тесной связи между теорией и практикой, о руководящей роли науки в практической деятельности человека.

В этом же журнале появилась заметка Чугаева о невидимых микробах. Обычные бактерии, несмотря на их очень малые размеры, отчетливо видны под микроскопом, но в природе имеются микробы столь ничтожных размеров, что их невозможно обнаружить с помощью самых совершенных микроскопов. Многие болезни человека и животных, а также растений вызываются именно такими невидимыми микробами \*\*. Заканчивая рассказ о невидимых микробах, Чугаев высказал предположение, что дальнейшее изучение «этого в высокой степени интересного вопроса будет зависеть от дальнейших успехов в деле расширения оптических методов исследования»<sup>11</sup>. Прогноз Чугаева

---

\* Лейкоциты способны захватывать и переваривать микробы, отсюда они получили название фагоцитов, т. е. клеток-пожирателей.

\*\* Возбудители болезней, невидимые в микроскоп, получили название вирусов. Они были открыты в 1892 г. русским ученым Д. И. Ивановским при изучении мозаичной болезни табака.

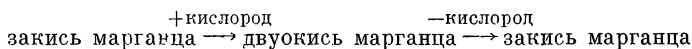
полностью оправдался: изобретение такого мощного оптического инструмента, как электронный микроскоп, способствовало раскрытию тайн невидимых микробов, которые стали видимыми.

Лев Александрович интересовался и биохимическими проблемами. В 1899 г. он выступил на страницах журнала «Русский архив патологии, клинической медицины и бактериологии» с очень содержательной статьей «Оксидазы, или окислительные ферменты»<sup>12</sup>, где осветил развитие научных представлений об окислительных ферментативных процессах, протекающих в живом организме, и описал собственные исследования в этой области.

Знаменитый французский химик Лавуазье сравнивал окислительные процессы, происходящие в организме, с процессом горения. Эта аналогия справедлива только в том отношении, что как при горении, так и при биохимическом окислении образуются одни и те же конечные продукты —  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и др. Однако в живом организме окислительный распад жиров, белков и углеводов быстро протекает до конечных продуктов при умеренной температуре. Вне организма такой результат достигается только при достаточно высокой температуре или при действии энергичных окислителей (марганцовокислый калий, хромовая кислота и др.). Совершенно очевидно, что таких окислителей в живом организме нет, иначе за короткий срок они разрушили бы сравнительно нестойкие соединения, входящие в состав протоплазмы, и это вызвало бы гибель организма. Каков же механизм биохимического окислительного процесса, доставляющего организму энергию, необходимую для жизнедеятельности? Чугаев считает, что, отвечая на этот вопрос, прежде всего надо «оставить в стороне взгляды чисто виталистического характера, которые не могут нас... занимать». В 1858 г., пишет он, немецкий ученый Траубе высказал мысль, что окислительные процессы в живых организмах протекают с участием особых веществ — ферментов, играющих роль переносчиков кислорода воздуха. Ферменты сначала образуют с кислородом нестойкое соединение, а затем отщепляют его, способствуя таким образом процессу биохимического окисления. Траубе подчеркивал, что в организме «постоянно то разрушается, то вновь образуется нестойкое соединение фермента с кислородом». Он допускал и такие случаи,

когда ферменты связываются не с атмосферным кислородом, а отнимают его от какого-либо соединения.

Механизм процесса окисления, связанного с переносом кислорода воздуха, Чугаев иллюстрировал простейшим примером, заимствованным из неорганической химии. Закись марганца обладает способностью фиксировать атмосферный кислород и превращаться в двуокись марганца, которая легко окисляет различные соединения, и при этом регенерируется закись марганца. Такой цикл превращений можно изобразить схемой



По мнению Чугаева, аналогичным путем протекают окислительные процессы с участием биологических переносчиков кислорода — оксидаз.

Чугаев сформулировал общее положение: «Процесс переноса кислорода... обуславливается образованием промежуточного соединения, в которое вступает кислород воздуха и которое легко разрушается в присутствии вещества, сравнительно легко подвергающегося окислению»<sup>13</sup>. Первый окислительный фермент был обнаружен в клубнях картофеля. В настоящее время этот фермент называется полифенолоксидазой. Впоследствии очень активный фермент с окислительными функциями был найден в млечном соке лакового дерева. В связи со своим происхождением он получил название лакказы. По своим свойствам, как и предвидел Чугаев, лакказа несколько отличается от картофельной полифенолоксидазы.

Лев Александрович занялся исследованием картофельной полифенолоксидазы. Этот фермент обладает способностью вызывать посинение йодокрахмальной бумажки и гваяковой настойки (спиртовый раствор гваяковой смолы). В смоле содержится гваяконовая кислота, относящаяся к классу многоатомных фенолов. При обработке поперечно разрезанного картофельного клубня, находящегося в стадии прорастания, гваяковой тинктурой около ростков очень быстро появляется интенсивное посинение, которое затем распространяется от периферии к центру. Внутренняя часть картофельного клубня не даёт реакции с гваяковой настойкой. Эффект посинения, видимо, связан с окислением гваяконовой кислоты под действием полифенолок-

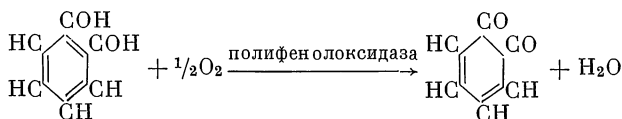
сидазы, содержащейся в тех клетках картофельного клубня, которые участвуют в процессе прорастания. Картофельная полифенолоксидаза способна окислять не только гваяконовую кислоту, но и другие многоатомные фенолы: пирокатехин, гидрохинон и пирогаллол. Продукты их окисления окрашены в бурый или черный цвет; появление окраски служит признаком действия фермента.

Чугаев разработал метод извлечения полифенолоксидазы из клеток картофельного клубня, позволяющий получать растворы фермента высокой концентрации. Для выделения полифенолоксидазы приготавливался сок из измельченных периферических частей клубня, который фильтровался сначала через марлю, а затем через асбест с применением водяного насоса. Из раствора фермент осаждался (совместно с некоторыми другими компонентами) спиртом. Наблюдения Чугаева показали, что фермент, высушенный при умеренной температуре, долго сохраняется без изменения; ферментный раствор, приготовленный из сухого препарата, давал отчетливую гваяковую реакцию. При нагревании до 73° полифенолоксидаза разрушается. Инактивация происходит также под действием растворов сулемы и формальдегида. Чугаев установил, что некоторые вещества тормозят действие окислительного фермента, например фенилгидразин и гидроксилламин. Однако точных указаний на то, что между химической природой соединения и его свойством тормозить ферментативный окислительный процесс, существует определенная связь, найти не удалось.

Чугаев заметил, что картофельный фермент задерживается фильтром Шамберлана. Это указывало на его высокий молекулярный вес и, следовательно, на сложное строение. Теперь установлено, что полифенолоксидаза состоит из двух компонентов — небелкового и белкового. Небелковый компонент называется простетической группой. У полифенолоксидазы простетическая группа представляет собой медьсодержащее вещество. Ферментативный окислительный процесс, происходящий с участием полифенолоксидазы, связан, видимо, с обратимым изменением валентности меди. Белковый компонент фермента обычно называют белковым носителем. Он определяет характер и специфичность действия оксидазы. Чугаев подчеркивал, что «существование специфических отношений между

оксидазами и веществами, на которые они действуют, можно считать доказанным»<sup>14</sup>.

По современным воззрениям, полифенолоксидаза катализирует процесс отнятия от окисляемого вещества атомов водорода, которые передаются затем ферментом кислороду воздуха, в результате чего образуется вода\*. Примером окислительного процесса, протекающего с участием полифенолоксидазы, может служить окисление пирокатехина в соответствующий хинон



В картофельном клубне, как и в других растительных организмах, содержится особое вещество — хромоген, способное окисляться кислородом воздуха под действием полифенолоксидазы. Этим объясняется побурение на воздухе картофельного сока или свежего среза клубня. Взбалтывание картофельного сока ускоряет окислительный процесс (быстрее появляется бурая окраска), так как при этом создаются благоприятные условия для контакта жидкости с кислородом воздуха.

Окислительные ферменты очень распространены в растительном мире. «Если испытать гваяковой тинктурой, — пишет Чугаев, — ряд прорастающих семян от самых разнообразных растений, то на всех разрезах мы непременно получим резкое посинение. Точно так же, если ранней весной, в период распускания листьев или немного раньше, мы выйдем в лес или в поле, то вокруг нас буквально не найдется такого растения, которое не показало бы на разрезе стебля более или менее ясную реакцию на оксидазу. Этот факт был еще недавно отмечен Бертраном, и я могу только подтвердить его на основании своих собственных наблюдений. Повсеместное нахождение окислительных ферментов свидетельствует о том, что... присутствие их в организме связано с какой-либо существенной физиологической функцией»<sup>15</sup>.

---

\* Вопрос о механизме участия кислорода в окислительных ферментативных процессах всесторонне исследован русским ученым А. Н. Бахом.

Для животного мира также весьма характерно широкое распространение окислительных ферментов. Они встречаются в самых разнообразных организмах — от кишечнополостных до позвоночных. К оксидазам животного мира принадлежит, в частности, так называемый гликолитический фермент, способствующий окислению глюкозы кислородом. Этот фермент содержится в лейкоцитах, а также в тканях различных органов. Он может быть экстрагирован из них водным раствором хлористого натрия. Гликолитический фермент отличается термической нестойкостью: при 55° он разрушается. Чугаев отметил, что по свойствам, особенно своей термической нестойкостью, гликолитический фермент напоминает зимазу — фермент дрожжей, вызывающий брожение глюкозы. Эта аналогия в известной степени правомерна, но в настоящее время считают, что оба процесса — гликолиз и брожение глюкозы — вызываются комплексами ферментов<sup>16</sup>. Чугаев отметил также важную роль окислительных ферментов в борьбе организмов с микробами. Еще Мечников указывал, что разрушение бактериальных токсинов происходит, видимо, с участием оксидаз, находящихся в лейкоцитах.

В заключение Чугаев пишет: «Учение об окислительных ферментах получило свое начало благодаря стремлению понять процесс „внутреннего горения“ живых организмов, проникнуть в механизм этой грандиозной топки, дающей организованной машине жизнь и движение»<sup>17</sup>.

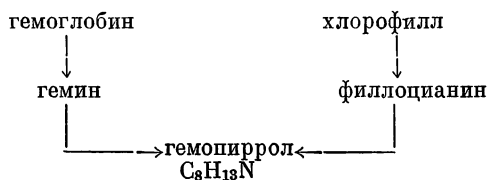
В 1904 г. в журнале «Научное слово» опубликована статья Льва Александровича «О родственной связи между красящим веществом крови и пигментом зеленых растений»<sup>18</sup>.

Автор рассказывает об исследованиях выдающегося биохимика М. В. Ненцкого и его сотрудников, впервые установивших генетические отношения между важнейшими пигментами живой природы — хлорофиллом и гемоглобином. Хлорофилл, в отличие от гемоглобина, не принадлежит к белковым веществам. Несмотря на это, Ненцкому удалось установить определенное химическое родство между этими, казалось бы, столь далекими представителями органического мира.

Окраска гемоглобина зависит от содержащейся в нем особой группировки атомов, которую можно из него выделить в виде гемина — вещества багрово-красного цвета.

Исследования Ненцкого показали, что при глубоком восстановлении гемина образуется бесцветное вещество сравнительно простого состава, отвечающее формуле  $C_8H_{13}N$ . Это соединение принадлежит к группе пиррола и поэтому было названо гемопирролом (кровяной пиррол).

Вещество, совершенно идентичное гемопирролу, было получено Ненцким и Мархлевским путем восстановления филлоцианина — продукта распада хлорофилла. Таким образом выяснилась определенная связь между хлорофиллом и гемоглобином.

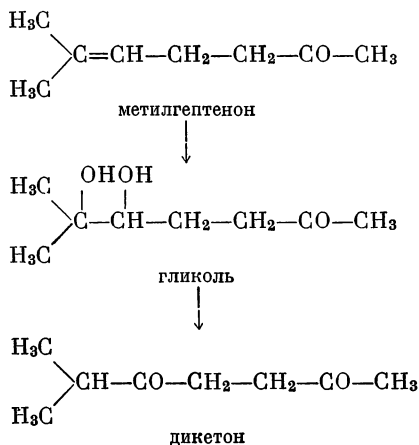


Ненцкому удалось доказать, что для структуры гемоглобина и хлорофилла характерно наличие одного и того же пиррольного ядра. Следовательно, оба пигмента — животный и растительный — связаны общим химическим происхождением. Изучение гемопиррола привело Ненцкого к интересному открытию. Оказалось, что при окислении гемопиррола, полученного безразлично из гемина или из филоцианина, образуется уробилин — тот самый пигмент, который появляется в моче при кровоизлияниях, т. е. в том случае, когда кровь при повреждении кровеносных сосудов приходит в соприкосновение с тканями. О работах Ненцкого Чугаев писал: «Все эти наблюдения, в одинаковой степени интересные для химика и для биолога, заставляют обратить особое внимание на химическую природу гемопиррола. Установление химического строения этого вещества, очевидно, представляет очередной вопрос, решение которого значительно облегчит и установление структуры более сложных членов хлорофилльной и гемоглобиновой группы»<sup>19</sup>.

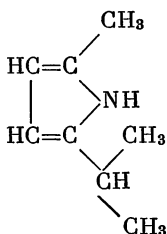
Чугаев решил синтезировать производное пиррола состава  $C_8H_{13}N$  и сопоставить его свойства со свойствами гемопиррола, полученного Ненцким. Исходным веществом служил метилгептенон, который Чугаев окислял водным раствором перманганата калия в гликоль. При кипячении



с разбавленной серной кислотой гликоль превращался в дикетон. Все эти переходы можно выразить схемой



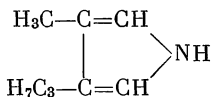
Образовавшийся дикетон нагревали в запаянной трубке с насыщенным спиртовым раствором аммиака. Реакция между дикетоном и аммиаком привела к образованию продукта состава  $\text{C}_8\text{H}_{13}\text{N}$ , который представлял собой  $\alpha$ ,  $\alpha$ -метилизопропилпиррол



По своим свойствам  $\alpha$ ,  $\alpha$ -метилизопропилпиррол, синтезированный Чугаевым, резко отличался от гемопиррола Ненцкого. Раствор гемопиррола при стоянии на воздухе окислялся атмосферным кислородом, принимая розовую окраску, и затем обнаруживал характерные реакции уробилина. Всех этих явлений не наблюдалось для производного пиррола, полученного Чугаевым. Водный раствор этого соединения на воздухе окрашивался в желто-бурый цвет и отсутствовала характерная спектральная реакция

уробилина. Не совпадали и другие свойства веществ. Это привело Чугаева к выводу, что «гемопиррол не может быть идентичен с  $\alpha$ ,  $\alpha$ -метилизопропилпирролом, а является изомером этого последнего»<sup>20</sup>.

На основании теоретических соображений он пришел к выводу, что идентичным гемопирролу будет изомер  $\beta$ ,  $\beta$ -метилпропилпиррол



Для синтеза этого изомера исходным веществом послужил натрийпропилмалоновый эфир, который через ряд промежуточных стадий был превращен в  $\beta$ ,  $\beta$ -метилпропилпиррол. Однако получить это соединение в сколько-нибудь значительном количестве не удалось, и это помешало сравнить его свойства с гемопирролом Ненцкого. Новые научные темы отвлекли, видимо, Чугаева от данной проблемы, и он к ней больше не возвращался.

Бактериологические и биохимические исследования Льва Александровича — яркое свидетельство его интереса к явлениям и веществам живой природы. Этот интерес проявился и в дальнейших работах ученого — в исследованиях соединений терпенового ряда и оптической деятельности органических веществ.

## Исследования триболюминесценции

Еще в начале научной деятельности Лев Александрович занимался изучением физиологической фосфоресценции бактерий<sup>21</sup>, и это вызвало у него интерес к другим процессам, сопровождающимся свечением.

Уже давно было известно, что некоторые кристаллические вещества обладают способностью светиться при трении, раздавливании и вообще при любом механическом нарушении целостности кристаллов. Это явление, по предложению немецкого ученого Видемана<sup>22</sup>, получило название триболюминесценции. Чугаев заинтересовался этим любопытным феноменом, который еще не был предметом сколько-нибудь систематического изучения; не известны были ни причины, вызывающие триболюминесценцию, ни

условия, влияющие на это явление. Лев Александрович поставил целью выяснить, существует ли зависимость между составом или строением химических соединений и их способностью светиться при механическом воздействии.

Различные соединения весьма заметно отличаются друг от друга интенсивностью светового эффекта. Чтобы определить, хотя бы с качественной стороны, степень свечения кристаллов, Чугаев предложил условную шкалу, составленную из веществ, способных триболюминесцировать. Интенсивность свечения он подразделил на несколько степеней и в качестве эталонов каждой из них предложил следующие вещества: 1) азотнокислый уранил (первая степень); 2) винная кислота (вторая степень); 3) щавелевокислый аммоний (третья степень). Вещества, свечение которых совсем незначительно, он отнес к соединениям четвертой степени триболюминесценции.

Чугаев исследовал 510 веществ, из них 400 органических и 110 неорганических<sup>23</sup>. Оказалось, что свыше 30% изученных органических соединений обладали способностью светиться, а из неорганических только 5%. Таким образом, триболюминесценция, по-видимому, довольно распространенное явление среди органических соединений, но оно мало характерно для неорганических веществ. Из изученных соединений лишь немногие проявляли триболюминесценцию первой степени; к ним, в частности, относятся азотнокислый уранил, солянокислый анилин, кумарин. Особенно сильный световой эффект наблюдался у бензоил-β-нафтиламина; обычно триболюминесценцию можно заменить только в безусловно темном помещении, это же вещество светится даже при дневном освещении. Подавляющее большинство веществ обнаружили триболюминесценцию второй и третьей степени, и лишь единичные представители светились настолько слабо, что были отнесены к четвертой степени. Окраска свечения была неодинаковой, например, кумарин давал белый свет, азотнокислый уранил — зеленоватый, солянокислый анилин — фиолетовый.

Чугаев установил, что у органических веществ явление свечения связано со строением. Среди соединений с открытой цепью углеродных атомов триболюминесценция встречается сравнительно редко — 13% исследованных веществ, а среди циклических соединений (ароматических

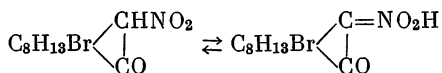
и гидроароматических) гораздо чаще — 36 % веществ. И интенсивность свечения последних гораздо выше интенсивности свечения алифатических соединений.

Из всех этих наблюдений Чугаев сделал вывод, что циклические группировки в какой-то мере способствуют появлению триболоминесценции. Функциональные группы — гидроксильная и карбонильная — воздействуют особенно сильно, и исключительно большую роль играет третично и вторично связанный азот: около 75 % исследованных замещенных амидов ароматического ряда обладают ясно выраженной триболоминесценцией. По мнению Чугаева, все эти данные подтверждают «конститутивный характер» триболоминесценции.

Однако во многих случаях наблюдались отступления от этого обобщения. Среди ароматических углеводов встречаются соединения, которые обнаруживают отчетливый световой эффект, хотя и не содержат «люминофорных» групп (гидроксила или карбонила). Хорошо светится фталевая кислота, в которой нет ни гидроксильной, ни амидной группы. Кроме того, в классе амидов встречаются соединения, весьма близкие друг другу, например гомологи или изомеры, из которых без всяких видимых оснований одни светятся, а другие нет. В связи с этим Чугаев отмечает, что найденные им закономерности носят условный характер. «Мы еще не располагаем средствами, — писал он, — которые бы позволяли, зная химическую природу данного вещества, определенно решить вопрос, будет ли оно триболоминесцировать или нет... Мы можем... приблизительно указать степень вероятности, с которой следует ожидать в том или другом случае светового эффекта»<sup>24</sup>.

Особый интерес представляет зависимость между явлением свечения и оптической изомерией. Оказалось, что наблюдаемой у оптически активного вещества, например винной кислоты, триболоминесценцией обладают оба оптических антипода — и правовращающий и левовращающий — тогда как рацемическое соединение не светится. Об этом факте Чугаев пишет: «На чем основано существование подобной зависимости, мы, конечно, не знаем, но весьма возможно, что именно на этой почве будет найден ключ к выяснению истинной природы явления триболоминесценции»<sup>25</sup>.

О природе триболоминесценции высказано несколько гипотез. По мнению Видемана, свечение связано с теплотой, выделяющейся при трении; благодаря этой теплоте более стабильная модификация А данного соединения превращается в менее устойчивую форму В. Затем тут же происходит обратный переход В в А, сопровождающийся выделением поглощенной энергии уже в виде света. Армстронг тоже считал, что свечение связано с превращением одной модификации в другую. Например, переход одной «изодинамической» формы β-бромнитрокамфоры в другую



сопровождается выделением лучистой энергии. Армстронг указывал, что те из производных камфоры, для которых невозможны изодинамические формы, не обладают способностью триболоминесцировать.

В 1898 г. Ролоф высказал предположение, что световой эффект, наблюдаемый, например, при растирании сахара, связан с деполимеризацией частиц твердого тела под влиянием механического воздействия. В 1902 г. русский ученый Н. А. Гезехус выдвинул гипотезу об электрической природе явления триболоминесценции. Он установил, что при ударе друг о друга куски кварца заряжаются положительно, а образующаяся при этом пыль приобретает отрицательный заряд.

Чугаев, критически рассматривая эти гипотезы, отметил, что взгляды Видемана нельзя признать обоснованными, так как триболоминесценция наблюдается и при очень низких температурах и даже не ослабевает при охлаждении. Если триболоминесценцию признать результатом местного разогревания, влекущего за собой превращение одной модификации в другую, то при сильном охлаждении такое превращение замедлится настолько, что световой эффект практически исчезнет. Однако опыт этого не подтверждает. Более обоснованной Чугаев признал гипотезу Гезехуса. «Уже при одном взгляде, — пишет он, — на процесс свечения, как он обнаруживается в некоторых случаях, например у бензоил-β-нафтиламина, невольно бросается в глаза внешнее сходство с рядом непрерывно

следующих друг за другом электрических искорок»<sup>26</sup>. Поскольку явление триболюминесценции связано с кристаллическим состоянием вещества, Чугаев решил, что источник электризации надо искать в физическом строении кристаллов. «Быть может, именно по этой причине,— указывает он,— не удавалось до сих пор подметить простой и строго выдержанной связи между химической природой вещества и способностью к свечению»<sup>27</sup>. Решающую роль в явлении триболюминесценции играет строение кристаллов, а не молекул; это, в частности, подтверждается отсутствием свечения у рацематов, тогда как оптические антиподы дают световой эффект. Окончательный вывод Чугаева состоит в том, что изучение явления триболюминесценции, наблюдаемого при нарушении целостности кристаллов, скорее должно быть отнесено к компетенции «физической кристаллографии», чем к компетенции химии. Это воззрение находится в полном согласии с современными представлениями, объясняющими триболюминесценцию следующим образом: на образующихся при раздроблении поверхностях кристаллов появляются электрические заряды и соответствующие им электрические поля; затем происходит местный разряд, вызывающий свечение<sup>28</sup>.

## Глава третья

---

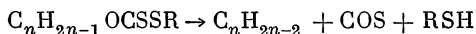
### Исследования по органической химии

Исследования в области органической химии занимают большое место в научном творчестве Чугаева. Многие годы он занимался изучением химии терпенов. В магистерской диссертации «Исследования в области терпенов и камфоры» Чугаев писал: «Химическая природа веществ, входящих в состав эфирных масел, и еще в большей степени их происхождение и физиологическая роль в значительной степени остаются невыясненными. Между тем, во многих отношениях вещества эти представляют выдающийся интерес, прежде всего с чисто химической, а затем и с биологической точки зрения... По мере того как развивались наши знания об эфирных маслах, все более и более в науке укреплялось убеждение в том, что большая часть, если не все соединения, в них заключающиеся, находятся между собой в близкой генетической связи, являясь членами огромной естественной группы терпенов и их производных»<sup>1</sup>.

Терпены — один из продуктов жизнедеятельности растений, входят в состав природных эфирных масел, имеющих широкое практическое применение. Закономерно, что терпены привлекали внимание многих выдающихся исследователей — отечественных и зарубежных. В нашей стране особенно плодотворно в этой области работал Ф. М. Флавицкий. Его исследования завершились докторской диссертацией на тему «О некоторых свойствах терпенов и их взаимных отношениях»<sup>2</sup>. Большую роль в истории химии терпенов сыграли труды другого русского ученого — Е. Е. Вагнера. В начале нашего столетия

наряду с варшавской лабораторией Вагнера важнейшим центром исследования терпенов становится химическая лаборатория Бактериологического института Московского университета, которую возглавлял Л. А. Чугаев.

В лаборатории Чугаева на протяжении ряда лет изучались важнейшие соединения терпенового ряда — непредельные углеводороды. Перед молодым ученым стояла заманчивая задача разработки такого метода получения терпеновых углеводородов, который исключал бы возможность каких-либо вторичных превращений. И в 1899 г. Чугаев открыл такой метод, получивший название ксантогенового метода. При помощи его впервые удалось получить терпеновые углеводороды в условиях, исключающих явление изомеризации. Метод основан на том, что ксантогеновые эфиры терпенового ряда при нагревании распадаются на терпеновый углеводород, сероокись углерода и меркаптан



По авторитетному мнению наших крупнейших ученых, ксантогеновый метод «создал эпоху в химии терпенов».

Характеризуя открытый Чугаевым метод, А. Е. Арбузов писал: «Получение нестойких, легко изомеризующихся углеводородов, особенно представителей терпеновой группы, имеет длинную и поучительную историю. Десятки первоклассных химиков стремились выработать такой метод получения непредельных углеводородов, который гарантировал бы отсутствие перегруппировок во всех стадиях того или иного синтеза. Однако надежного метода найти не удавалось... Классическим примером в этом отношении может служить химия ментена, который, казалось, с большой легкостью может быть получен из доступного природного спирта — ментола. Однако различными исследователями получены до десяти\* ментенов, индивидуальность которых не подтвердилась. Тщательные исследования Чугаева показали, что термическое разложение эфиров ментилксантогеновой кислоты — наи-

---

\* Чугаев в своей диссертации приводит список 6 ментенов, полученных разными авторами различными методами.

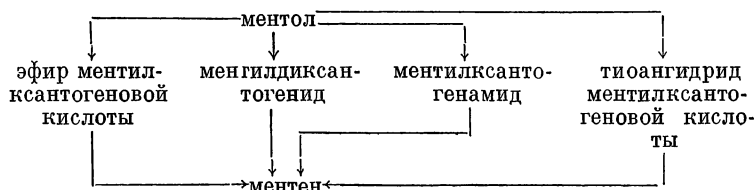


более надежный метод получения индивидуального ментена»<sup>4</sup>.

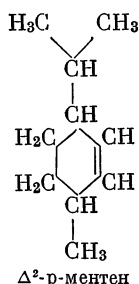
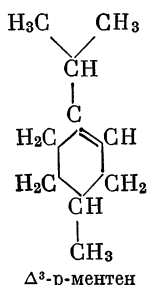
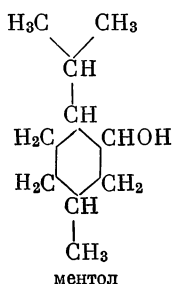
Превращение спирта ментола в непредельный терпеновый углеводород — ментен<sup>3</sup> было первым применением ксантогенового метода.

Чугаев не ограничился получением ментена только из ментилксантогенового эфира. Ему удалось превратить в ментен другие ксантогеновые производные ментола. При этом препараты «ксантогенового» ментена, несмотря на различие в способе приготовления, отличались замечательным постоянством своих физических констат.

Процесс перехода от ментола к ментену через различные ксантогеновые производные можно изобразить схемой

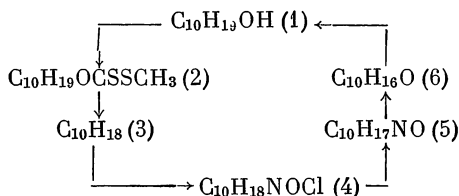


Получив ксантогеновый ментен, Чугаев, естественно, занялся выяснением его строения. Исходя из структуры ментола, можно было ожидать (при отсутствии изомеризации) образования из него только двух структурно изомерных ментенов:



Чугаев впервые осуществил замкнутый цикл превращений, начинающийся с природного ментола (1), последовательно проходящий через ксантогеновый эфир (2),

ментен (3), ментеннитрозохлорид (4), нитрозоментен (5), ментенон (6) и вновь возвращающийся к исходному ментолу (1)



Изучение процесса превращения ментена в ментеннитрозохлорид пролило свет на строение ментена. Чугаев пришел к выводу, что для ксантогенового ментена с логической необходимостью вытекает строение  $\Delta^3$ -ментена.

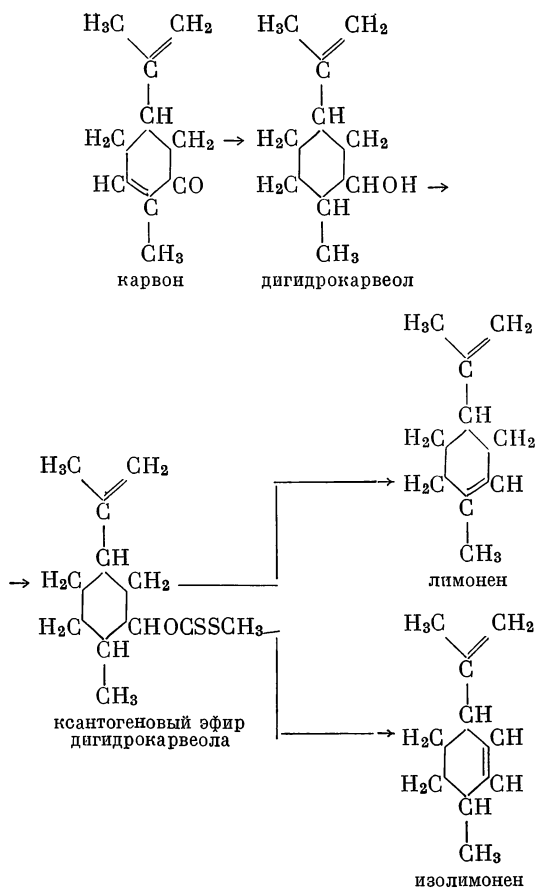
Ксантогеновый метод помог Чугаеву осветить многие проблемы химии терпенов. В частности, был окончательно решен вопрос о генетической связи между важнейшими представителями терпеновых соединений — кетоном карвоном и углеводородом лимоненом.

Немецкому ученому Валлаху удалось осуществить переход от лимонена к карвону, а Вагнер установил строение обоих терпеновых соединений, которое отражало их родственные отношения. Предложенные Вагнером формулы подтвердились исследованиями Тимана и Земмлера<sup>5</sup>. После их работ можно было думать, что обратное превращение карвона в лимонен не вызовет особых трудностей. Однако многочисленные попытки, предпринятые в этом направлении зарубежными учеными, не увенчались успехом<sup>6</sup>.

Этот вопрос привлек внимание Чугаева. Указанный пробел в истории группы карвона, он решил восполнить при помощи ксантогенового метода.

Прежде всего Чугаев восстановил правый карвон в спирт дигидрокарвеол, который затем уже обычной методикой был превращен в ксантогеновый эфир. При разложении последнего образовались два структурных изомера лимонена.

Процесс перехода карвона в изомерные терпеновые углеводороды представляется в следующем виде:



Таким образом, Чугаеву впервые удалось решить задачу перехода карвона в лимонен и тем самым дать новое блестящее доказательство эффективности ксантогенового метода. Он с большим удовлетворением отметил в своей диссертации, что «превращение правого карвона в левый лимонен может считаться осуществленным. Результат этот имеет бесспорно большое значение для характеристики ксантогенового метода... Переход от карвона к лимонену, осуществляемый путем ксантогеновой реакции, происходит помимо какой-бы то ни было изомеризации.

Такого перехода... не позволяет осуществить ни один из других известных нам методов, преследующих аналогичные цели»<sup>7</sup>.

Перед Чугаевым встал вопрос, почему из ксантогенового эфира дигидрокарвеола образуются одновременно два структурных изомера лимонена. По-видимому, дигидрокарвеол, получаемый восстановлением карвона, состоит из смеси двух стереоизомеров. Это предположение подтвердилось на опыте: при помощи ксантогеновой реакции Чугаеву удалось изолировать одну стереоизомерную модификацию в химически индивидуальном состоянии. Следовательно, ксантогеновый метод имеет значение не только для получения непредельных углеводородов. Он может служить и для выделения терпеновых спиртов, которые встречаются в природе в виде смеси стереоизомеров.

Блестящая страница в историю химии терпенов была вписана теми исследованиями Чугаева, которые привели к открытию новых терпеновых углеводородов —  $\alpha$ - и  $\beta$ -туйенов.

Немецкий ученый Валлах выделил из эфирного масла туйи терпеновый кетон, который был назван туйоном. Изучением нового вещества занимались виднейшие исследователи (Валлах, Земмлер, Вагнер, Кондаков), которые предложили различные варианты формулы строения туйона, но ни один из них не получил общего признания. Физические и химические свойства туйона характеризовали его, как соединение бициклическое, т. е. имеющее два цикла. При кипячении туйона с разбавленной серной кислотой происходила глубокая изомеризация — получался изотуйон, свойства которого указывали на моноциклическую природу.

Для всякого терпенового кетона важнейшим превращением является переход в соответствующий терпеновый углеводород. Чтобы осуществить такой переход, Валлах восстановил туйон в туйиловый спирт. Однако ему не удалось дегидратировать туйиловый спирт и получить из него терпеновый углеводород. Тогда Земмлер и Валлах, независимо друг от друга, пошли по другому пути. Они превратили туйон в туйиламин и при сухой перегонке хлористоводородной соли этого основания получили углеводород, который был назван туйеном. В связи с исследованиями Земмлера и Валлаха Чугаев писал: «Углеводород

этот нельзя было идентифицировать ни с одним из числа известных терпенов. Хотя он и получил название туйена, одного взгляда на его физические свойства достаточно, чтобы убедиться, что этот углеводород моноциклического характера, а следовательно не может происходить *непосредственно* (курсив Чугаева), т. е. без изомеризации, из бициклического туйона»<sup>8</sup>.

Чугаев высказал мысль, что туйен, полученный Земмлером и Валлахом, представляет собой углеводород, соответствующий не туйону, а продукту его изомеризации — изотуйону, так как оба соединения (изотуйон и туйен Земмлера — Валлаха) характеризуются моноциклическим строением. Чугаев решил получить терпеновый углеводород, соответствующий туйону. Для этого он восстановил туйон в туйиловый спирт, который затем обычными приемами превратил в метиловый эфир туйилксантогеновой кислоты.

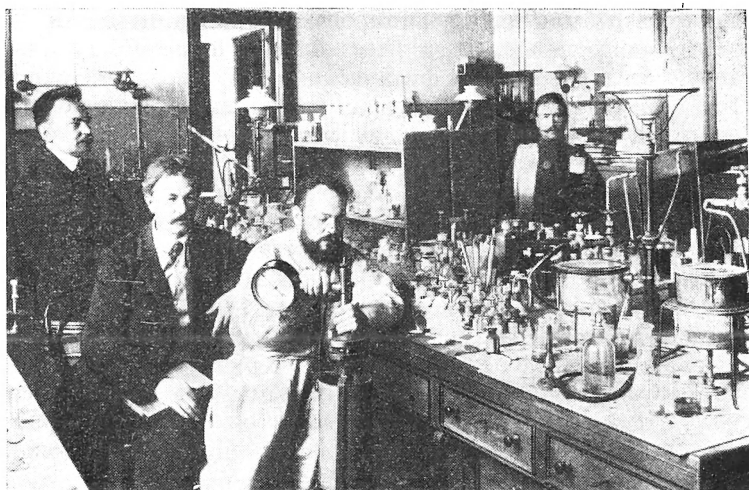
Ксантогеновый эфир оказался неоднородным. Чугаев выделил из него две фракции, отличающиеся друг от друга температурой разложения; одна фракция разлагалась при 180—190° и при этом выделялся терпеновый углеводород, который по своим свойствам не совпадал с углеводородом, полученным ранее Земмлером и Валлахом.

Углеводород, выделенный Чугаевым, обладал слабым левым вращением и резко отличался по физическим свойствам от всех до сих пор известных терпенов. Он был первым представителем новой группы терпенов с наиболее низкой температурой кипения.

Из другой фракции ксантогенового эфира, разлагающейся при 210—230°, также был получен углеводород, который имел сильно выраженное правое вращение.

Левовращающий углеводород, выделенный из более лабильной фракции ксантогенового эфира, Чугаев назвал  $\alpha$ -туйеном, а его правовращающий изомер —  $\beta$ -туйеном.

Чугаев высказал предположение, что образование из туйилового спирта двух изомерных терпеновых углеводородов обусловлено содержанием в спирте двух стереоизомерных модификаций. Возникновение этих модификаций связано с тем, что процесс восстановления туйона в туйиловый спирт влечет за собой появление нового асимметрического атома углерода в молекуле уже асимметрического вещества. Одна из предполагаемых модифика-



*Л. А. Чугаев в химической лаборатории Технического училища  
(публикуется впервые)*

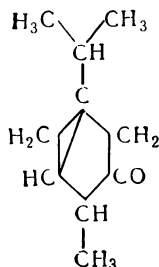
ций туйилового спирта должна приводить к образованию  $\alpha$ -туйена, а другая — к образованию  $\beta$ -туйена.

В 1912 г. Чугаев, совместно с Фоминым, доказал на опыте, что туйиловый спирт, получаемый восстановлением туйона, действительно не является однородным веществом<sup>10</sup>. Удалось выделить из туйилового спирта два стереоизомера — один правовращающий, а другой левовращающий. Из правовращающего изомера туйилового спирта через ксантогеновый эфир был получен чистый  $\alpha$ -туйен, а из левовращающего изомера —  $\beta$ -туйен.

Тщательное исследование физических и химических свойств изомеров туйена позволило Чугаеву решить вопрос об их строении. При изучении строения терпенов особенно важное значение имеют рефрактометрические данные, характеризующие лучепреломляющую способность вещества. Величина молекулярной рефракции туйена определенно указывала на то, что он принадлежит к бициклическим соединениям. «Это обстоятельство, — подчеркивал Чугаев, — имеет большое значение в том отношении, что сближает туйен с туйоном, который также следует признать

соединением бициклическим... Мы имеем, следовательно, право заключить, что при переходе от туйона к туйену сохранилась основная характерная черта исходного кетона»<sup>11</sup>.

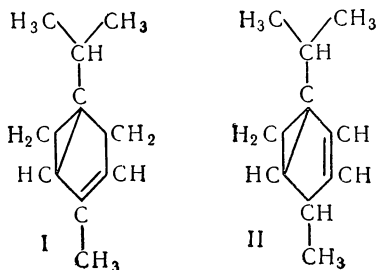
Критически рассматривая все предложенные для туйона формулы, Чугаев признал достоверной только формулу Земмлера:



Эта формула вполне гармонизовала со всеми физическими и химическими свойствами туйона и правильно отражала, по мнению Чугаева, все особенности его строения, в частности, наличие в молекуле туйона трехчленного цикла.

Вывод Чугаева о достоверности формулы туйона, предложенной Земмлером, выдержал историческую проверку — в настоящее время она общепризнана.

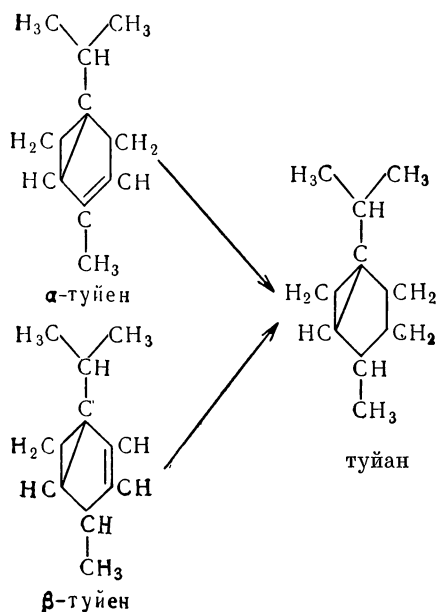
Чугаев рассмотрел также вопрос о различии строения  $\alpha$ - и  $\beta$ -изомеров туйена. Он считал несомненным, что они являются структурными изомерами, отличающимися друг от друга положением в молекуле двойной связи. В зависимости от направления процесса дегидратации туйилового спирта возможно образование изомерных туйенов



Исходя из физических свойств и химического поведения изомеров, Чугаев высказал предположение, что формула I соответствует  $\alpha$ -туйену, а формула II —  $\beta$ -туйену.

В 1910 г. Кондаков и Скворцов, продолжая исследования Чугаева, подтвердили справедливость его взглядов на строение изомеров туйена. Требовалась богатейшая научная эрудиция Чугаева, его глубокое понимание связи между строением вещества и его физическими и химическими свойствами, чтобы правильно предсказать строение каждого из изомеров нового терпенового углеводорода — туйена.

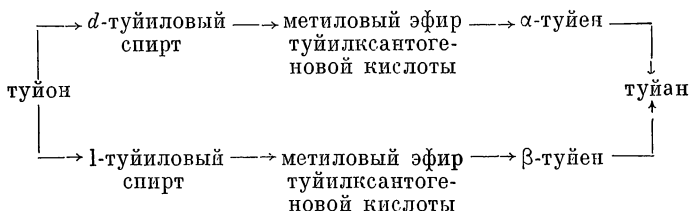
Впоследствии Чугаев вернулся к изучению изомерных туйенов. Совместно с Фоминым он подверг оба изомера частичной гидрогенизации, в результате чего из обоих изомеров образовался один и тот же новый бициклический углеводород туйан



Таким образом, Чугаев осуществил следующий цикл превращений, в котором исходным веществом был туйон,

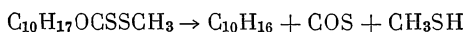


а конечным — туйан



Этот цикл был одним из самых важных достижений ксантогенового метода в химии терпенов.

Чугаев применил ксантогеновый метод для превращения другого кетона терпенового ряда — пинокамфона — в соответствующий терпеновый углеводород — пинен. Долгое время вопрос о генетической связи пинокамфона с пиненом оставался открытым. Чугаев задался целью превратить пинокамфон  $C_{10}H_{16}O$  в спирт пинокамфеол  $C_{10}H_{17}OH$ , а из последнего получить терпеновый углеводород в условиях, исключающих изомеризационные процессы<sup>12</sup>. Исходным веществом послужил природный пинен, выделенный из русского скипидара. Из пинена через промежуточные стадии был получен пинокамфон, а из него спирт пинокамфеол, который был превращен в ксантогеновый эфир. При разложении последнего выделился углеводород



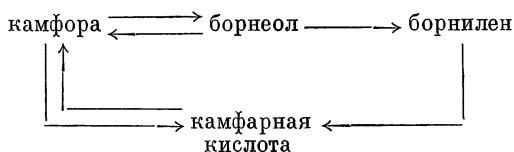
Изучение физических и химических свойств терпенового углеводорода  $C_{10}H_{16}$  с полной достоверностью показало, что он является оптически недеятельным пиненом<sup>13</sup>. Следовательно, Чугаеву впервые удалось осуществить замкнутую цепь превращений: от природного пинена к синтетическому через ряд промежуточных соединений.

Баллах подтвердил установленную Чугаевым генетическую связь между пинокамфоном и пиненом совершенно другим методом — изучением продуктов окисления пинокамфона раствором перманганата.

Ксантогеновый метод Чугаева сыграл видную роль в изучении терпенов камфарной группы. Камфора — кетон

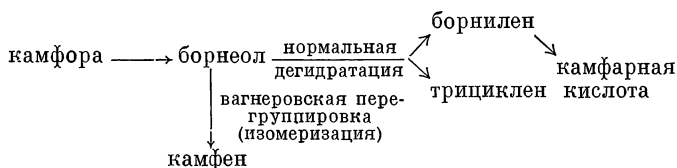
терпенового ряда — легко восстанавливается во вторичный спирт борнеол. Различными методами из борнеола был получен неопределенный углеводород, названный камфеном. Учитывая происхождение камфена, можно было думать, что он является производным камфоры и борнеола. Однако Вагнер после тщательного изучения продуктов окисления камфена пришел к выводу, что камфен и борнеол являются веществами, обладающими существенно различным углеродным скелетом.

Открытие Вагнером строения камфена поставило на очередь вопрос о получении нового терпенового углеводорода, который являлся бы непосредственным производным борнеола, т. е. продуктом его нормальной дегидратации. Для получения такого углеводорода Чугаев применил ксантогеновый метод. Камфора была восстановлена в борнеол, превращенный затем в эфир борнилксантогеновой кислоты. При разложении этого эфира выделился терпеновый углеводород, представляющий собой продукт нормальной дегидратации борнеола. Таким образом, наконец-то был получен терпеновый углеводород, который являлся непосредственным производным борнеола. Этот углеводород был назван борниленом. При окислении его получена камфарная кислота. Работами Чугаева и Вагнера была установлена генетическая связь борнилена с борнеолом и камфорой



В 1909 г. Иоич и Бредт получили борнилен, который обладал большей вращательной способностью, чем чугаевский борнилен из ксантогенового эфира. Это побудило Чугаева вернуться к изучению химической природы ксантогенового борнилена. Новое исследование<sup>14</sup> показало, что при разложении эфира борнилксантогеновой кислоты получается не однородный борнилен, а смесь двух терпеновых углеводородов, которые представляли собой структурные изомеры — борнилен и трициклен.

Взаимные отношения всех описанных веществ камфарной группы могут быть изображены схемой



Чрезвычайно сложный вопрос об отношении камфоры к камфену и борнилену был, таким образом, окончательно разъяснен классическими исследованиями русских ученых Е. Е. Вагнера и Л. А. Чугаева.

Чугаев использовал ксантогеновый метод для изучения такого интересного спирта, как холестерин. Много исследований было посвящено проблеме холестерина, однако долгое время строение его оставалось нераскрытым. Из холестерина Чугаев получил метиловый эфир холестеринксантогеновой кислоты, при разложении которого образовывались структурные изомеры — непредельные углеводороды  $\alpha$ - и  $\beta$ -холестерилены  $C_{27}H_{44}$ . При гидрировании обоих изомеров получался один и тот же предельный углеводород холестан  $C_{27}H_{48}$ . Холестерилены показывали характерные цветные реакции на холестерин, тогда как холестан этих реакций не давал.

Исследования Чугаева позволили осветить еще один вопрос, связанный со строением холестерина. Одни ученые указывали, что в молекуле холестерина имеется одна двойная связь, тогда как другие, опираясь на свои экспериментальные данные, рассматривали холестерин как спирт, содержащий две двойные связи. Для выяснения этого вопроса Чугаев применил рефрактометрический метод исследования. Найденная на опыте величина молекулярной рефракции холестерина вполне соответствовала теоретической величине, вычисленной из предположения, что в молекуле холестерина имеется одна двойная связь. Исследования в области химии холестерина (работы Розенгейма и Виланда) подтвердили этот вывод Чугаева.

Особо интересно применение ксантогенового метода к дегидратации пинаколинового спирта, который при превращениях легко изменяет свой углеродный скелет. При помощи ксантогенового метода удалось устранить изомер-

ризацию пинаколинового спирта и получить из него непредельный углеводород, который сохранял углеродный скелет спирта, являясь продуктом его нормальной дегидратации. Ни один из известных методов не позволял раньше избежать изомеризации пинаколинового спирта в процессе его дегидратации.

С полным основанием Чугаев мог отметить, что «в ксантогеновой реакции мы имеем метод более тонкий и совершенный для решения известного ряда препаративных и структурно-химических задач, нежели те..., которыми мы располагали до настоящего времени»<sup>15</sup>.

Ксантогеновый метод Чугаева был «взят на вооружение» многими исследователями терпенов. Отечественные и зарубежные ученые широко пользовались им в своих работах. Так, американские ученые Уитмор и Симпсон в 1933 г. опубликовали работу «Некоторые применения реакции Чугаева к дегидратации спиртов»<sup>16</sup>. Ксантогеновый метод с успехом применялся для дегидратации самых различных вторичных и третичных спиртов, но в отношении первичных спиртов он не был испытан. Американские авторы, восполнившие этот пробел, отметили, что ценные преимущества метода Чугаева полностью подтвердились при изучении дегидратации первичных спиртов.

По мнению виднейших ученых, ксантогеновый метод Чугаева принадлежит к числу классических достижений органической химии. На протяжении десятилетий он успешно применяется для дегидратации самых разнообразных спиртов в условиях, обеспечивающих получение продуктов нормального течения дегидратационного процесса — неизомеризованных углеводородов. Особое значение он сохранил в химии терпенов, так как соединения этого ряда, отличаясь лабильностью, во многих случаях легко подвергаются изомеризации. С. С. Наметкин считает, что ксантогеновый метод до настоящего времени является «лучшим способом получения непредельных углеводородов из спиртов»<sup>17</sup>.

Русская химическая общественность в свое время по достоинству оценила научное творчество молодого ученого. В 1900 г. отделение химии Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии по рекомендации комиссии в составе А. П. Сабанеева, Г. К. Деккера, Н. Я. Демьянова и А. Н. Реформатского присудило 27-лет-

нему Чугаеву премию имени В. М. Мошнина за его выдающиеся исследования в области органической химии и в особенности за открытие ксантогеновой реакции.

## Проблема происхождения нефти

В конце XIX и начале XX столетий внимание многих ученых привлекала к себе проблема происхождения нефти. На заседаниях научных обществ и на конгрессах этот вопрос вызывал острую научную дискуссию. Как известно, Д. И. Менделеев отстаивал теорию минерального происхождения нефти. Он полагал, что нефть образовалась в недрах земли при высокой температуре и значительном давлении в результате взаимодействия карбида железа с водой, просачивающейся с поверхности земли. Другие ученые, например Энглер, считали, что нефть обязана своим происхождением органическим остаткам, преимущественно животного мира.

В 1898 г. в одном из немецких журналов появилась краткая заметка Зольгзина о способности вазелинового масла и других, особенно высших, фракций нефти вращать плоскость поляризации света. Это сообщение заинтересовало Чугаева, и он тогда же занялся экспериментальной проверкой его. Опыты Чугаева показали, что величина вращения вазелинового масла, полученного из нефти различных месторождений, лежит за пределами возможных ошибок наблюдений. Оптическая активность нефтяных продуктов являлась определенным указанием на органическое происхождение нефти. Еще в прошлом столетии установлено, что образование природных оптически активных веществ происходит почти исключительно в результате жизнедеятельности тех или иных организмов. Вращательная способность органических соединений связана с асимметрией их молекул. Как же объяснить образование в природе веществ с асимметрической конфигурацией? Чугаев высказал следующую гипотезу: «Весьма важный в биохимическом отношении вопрос о том, как произошла асимметрическая конфигурация составных начал организмов, впервые был поднят еще Пастером, но до сих пор не получил удовлетворительного разрешения. Конечно, здесь, как и во многих других случаях, нет нужды прибегать к виталистическим воззрениям, по существу ничего не

объясняющим. Мне кажется, что *гораздо легче* представить себе постепенное возникновение и накопление оптической деятельности путем долгой эволюции, подобно тому, как развились и дифференцировались морфологические признаки организмов, нежели объяснять появление *сразу* значительных масс деятельных веществ из недейтельных продуктов, как это, по-видимому, требуется минеральными теориями генезиса нефти»<sup>18</sup>. Лев Александрович рассматривал вращательную способность нефти как своеобразную химическую метку той жизни, которая существовала в отдаленные геологические эпохи.

О своих экспериментальных наблюдениях и теоретических выводах Чугаев сообщил в январе 1904 г. на заседании Московского общества испытателей природы. Сообщение Чугаева произвело особенно сильное впечатление на петербургского химика М. А. Ракузина, который до того являлся приверженцем минеральной теории происхождения нефти. Вот что писал по этому поводу Ракузин: «Важность сделанного Чугаевым сообщения не давала мне долго успокоиться, ибо я чувствовал, что от правильного решения этого вопроса зависит судьба неорганических теорий происхождения нефти»<sup>19</sup>.

Ракузин решил заняться изучением оптических свойств нефти и различных продуктов ее перегонки. Чугаев помог ему наметить программу научных исследований. На первый план было выдвинуто сравнительное оптическое изучение нефтей различных месторождений. Предполагалось, что это поможет выяснить характер процессов образования нефти.

В 1900 г. в журнале Русского физико-химического общества появилась заметка П. И. Вальдена «К вопросу о происхождении нефти». Автор полностью соглашался с мнением Льва Александровича о важности изучения вращательной способности нефти. «Если удалось бы доказать, что нефть обладает оптической активностью, — указывал Вальден, — то этим было бы установлено: 1) что нефть не могла образоваться из карбидов железа, так как при этих условиях должны образоваться исключительно оптически недейтельные (инактивные) продукты, а наоборот — нефть тогда произошла от органической оптически активной материи животных или растений; 2) что температура разложения этой органической материи была

сравнительно низкая, так как в противном случае наступило бы инактивирование (т. е. потеря вращательной способности) продуктов ее расщепления»<sup>20</sup>.

Исследования Ракузина и других ученых привели к заключению, что теория, связывающая генезис нефти исключительно с минеральными веществами — карбидами, не может объяснить механизм природных процессов, которым нефть обязана своим возникновением. Наоборот, теория органического происхождения нефти получила в поляриметрических данных убедительное подтверждение. Эта теория исходит из первоначального оптически активного материала, который в природных условиях после ряда механических и химических процессов превращается в конечный продукт (сырую нефть), обладающий вращательной способностью. Вальден подчеркивал, «что, с общенаучной точки зрения, факт оптической активности нефти достоин особенного внимания, так как им впервые доказывается, что организованная материя еще в доисторическое время была построена, подобно современной, преимущественно из асимметрических молекул, и далее, что такие молекулы способны сохранять свою конфигурацию (и асимметрический атом, обуславливающий по учению стереохимии вращательную способность) в течение десятитысячелетий, не подвергаясь добровольному рацемизированию, нефть, следовательно, является важным историческим памятником биологических наук»<sup>21</sup>.

Чугаев отметил, что высказывания Вальдена вполне совпадают с его собственными воззрениями. Ему, по-видимому, доставило большое удовлетворение то, что его идеи получили поддержку со стороны такого авторитетного ученого, как Вальден.

Лев Александрович считал необходимым исследовать оптическую активность таких ископаемых растительного происхождения, как янтарь и бурые угли, а также озокерита и битуминозных сланцев. Он надеялся при помощи «нового критерия найти ближайшее соотношение между генезисом этих ископаемых и нефтью». И действительно, оптическая химия нефти открыла многие тайны подземных лабораторий. Инициатором и вдохновителем поляриметрических исследований в нашей стране, проливших яркий свет на многие сложные вопросы, связанные с проблемой происхождения нефти, был Л. А. Чугаев.

## Глава четвертая

---

### Химия комплексных соединений

Первые сообщения Л. А. Чугаева по химии комплексных соединений опубликованы в протоколах заседаний отделения химии Русского физико-химического общества 29 апреля 1904 г. и 13 января 1905 г. Вскоре последовал ряд обширных статей, напечатанных в журнале этого же общества. Многочисленные наблюдения обобщены в докторской диссертации «Исследования в области комплексных соединений»<sup>1</sup>.

Прежде всего следует сказать, что понимается под термином «комплексные соединения»\*. По определению А. А. Гринберга, «комплексными соединениями называются определенные молекулярные соединения, при сочетании компонентов которых образуются положительно или отрицательно заряженные сложные ионы, способные к существованию как в кристалле, так и в растворе. Частным случаем заряда такого сложного иона может быть нулевой»<sup>2</sup>.

Согласно общепринятой теперь координационной теории, комплексный ион состоит из центрального атома (или иона) и окружающих его лигандов (аддендов), составляющих вместе с центральным атомом (ионом) «внутреннюю сферу» соединения. Во внешней сфере располагаются ионы противоположного знака. При нулевом заряде комплекса внешняя сфера отсутствует.

---

\* В настоящее время термин «комплексные соединения» часто заменяется термином «координационные соединения».



Примером комплексных соединений могут служить соли  $(\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_6]$  и  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN}_6)]$ . В квадратные скобки заключена внутренняя сфера (комплексный анион), состоящая из центрального иона и шести лигандов, а во внешней сфере находятся соответственно катионы аммония или калия. Представителем комплексных соединений без внешней сферы является  $[\text{Pd}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ .

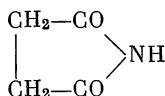
Число лигандов во внутренней сфере называется координационным числом. Обычно эти числа равны 2, 4, 6 и 8. Лиганды могут быть связаны с центральным атомом (ионом) либо обычными валентными связями, либо связями координативными. Координационная теория указывает, что центральный атом (ион) и лиганды расположены в пространстве. Различное расположение их обуславливает существование изомеров.

Во введении к докторской диссертации Чугаев писал: «В настоящем труде изложены результаты экспериментальных исследований, предпринятых мною за последние годы и посвященных выяснению некоторых сторон вопроса о химической природе и об условиях образования комплексных соединений... Фактический материал, заключающийся в этом сочинении, объединяется прежде всего одной основной задачей, одной руководящей мыслью, которая не покидала меня в течение всей работы. Мне представлялось возможным на почве новых фактов лучше и точнее обосновать отчасти уже раньше намечавшуюся точку зрения, согласно которой комплексные соединения во многих отношениях проявляют известные черты аналогии с соединениями углерода»<sup>3</sup>.

В доказательстве такой аналогии Чугаев видел одну из главных целей своего исследования.

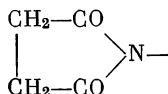
Другим объединяющим началом своих исследований он считал координационную теорию Вернера: «Все описанные здесь соединения прекрасно укладываются в рамки этой теории, а некоторые факты, выдвигаемые ниже, могут считаться существенным подтверждением взглядов цюрихского ученого... Я мог бы сказать больше: теория Вернера в течение этой работы не раз служила мне путеводной нитью, много содействовавшей выяснению не только довольно сложного состава некоторых полученных мною соединений, но и в особенности их химической природы и строения».

В диссертации Чугаева описаны открытые им комплексные соединения органических имидов. Представителем имидов дикарбоновых кислот является имид янтарной кислоты — сукцинимид



Имиды дикарбоновых кислот обладают кислотной функцией: водород имидной группы =NH может замещаться на металл, давая солеобразные соединения. Чугаев изучил медные, никелевые и серебряные производные сукцинимидов. Были рассмотрены также медные производные имидов фталевой, глутаровой и других кислот.

Металлические производные сукцинимидов можно выразить формулами  $\text{Su}_2\text{Cu}$ ;  $\text{Su}_2\text{Ni}$ ;  $\text{SuAg}$ , где Su — остаток сукцинимидов



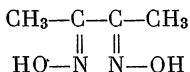
Металлические производные имидов дикарбоновых кислот способны давать кристаллические комплексные соединения при взаимодействии с аммиаком и аминами жирного ряда и гетероциклическими. Эти комплексные соединения отличаются яркой окраской и значительной стойкостью в твердом состоянии.

Экспериментальные наблюдения показали, что существует определенная зависимость между химической природой данного амина и способностью его к образованию комплексов с металлическими, особенно медными, производными органических имидов. «Эта зависимость,— указывал Чугаев,— выражается в том, что способность к соединению в полной мере присуща только первичным аминам; для вторичных аминов она является сильно ослабленной и почти совершенно отсутствует у третичных... Гетероциклические амины с пиридиновым ядром в частице по способности образовывать комплексы приближаются к первичным аминам жирного ряда»<sup>4</sup>.

Медные и никелевые производные сукцинимидов обычно образуют диаминовые соединения, а серебряное про-

изводное — моноаминовые:  $\text{Su}_2\text{Cu} \cdot 2a$ ;  $\text{Su}_2\text{Ni} \cdot 2a$ ;  $\text{SuAg} \cdot a$ , где  $a$  — молекула аммиака или амина.

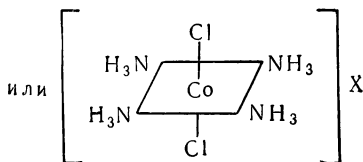
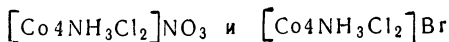
Чугаев изучил и другой обширный класс комплексных соединений — металлические производные 1,2-диоксимов. Типичным представителем этого класса является диметилглиоксим



Металлические производные 1,2-диоксимов называются теперь глиоксиматами\*. Чугаев синтезировал и изучил комплексные соединения, образованные диметилглиоксимом и другими 1,2-диоксимами с медью и металлами VIII группы: никелем, железом, кобальтом, платиной и палладием. Реакция солей никеля с диметилглиоксимом (в аммиачной среде) оказалась настолько специфичной и чувствительной, что нашла широкое применение в аналитической химии (см. главу VI). Кроме того, была открыта чувствительная и очень специфичная реакция диметилглиоксима с солями палладия (в кислой среде), которая также используется в анализе.

Чугаев исследовал состав, строение и свойства (молекулярный вес, электропроводность растворов и др.) многих глиоксиматов. Особое внимание он уделил соединениям кобальта. Удалось доказать комплексную природу изученных глиоксиматов.

В диссертации Чугаев касается некоторых общих закономерностей образования комплексных соединений. На многих примерах он показывает, что наличие циклических группировок во внутренней сфере комплексных соединений повышает их устойчивость. Например, комплексные соединения кобальта



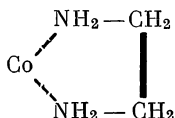
\* Чугаев называл эти соединения диоксимидами.

значительно менее прочны в водных растворах, чем аналогичные соединения, имеющие в своем составе пятичленные циклические группировки, например такие, как  $[\text{Co}_2\text{EnCl}_2]\text{NO}_3$  и  $[\text{Co}_2\text{EnCl}_2]\text{Br}$ , где En — этилендиамин —  $\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ .

Исследования Чугаева убедительно доказывают, что «в большинстве случаев тенденция к образованию циклов обнаруживается там, где может идти речь о пятичленном цикле. К пятичленному циклу в этом отношении ближе всего подходит шестичленный, между тем как условия для образования семи- и восьмичленных циклов представляются во всяком случае менее благоприятными. (курсив Чугаева)»<sup>5</sup>.

Так же мало благоприятны, по его мнению, условия для возникновения циклов с количеством членов менее пяти.

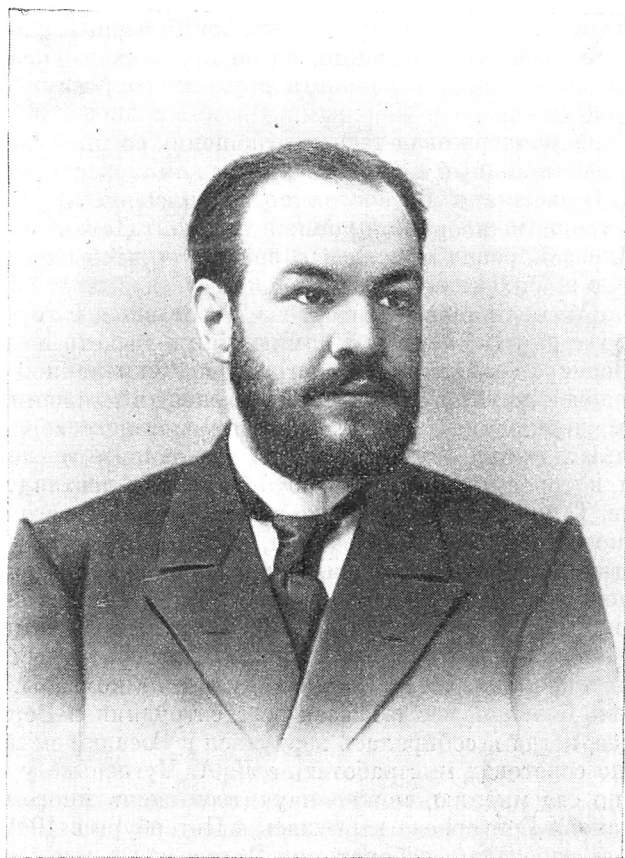
В этилендиаминовых комплексных соединениях содержится устойчивый пятичленный цикл



Академик И. И. Черняев подчеркивает, что «открытие факта большой устойчивости циклических комплексных соединений имело чрезвычайно важное научное значение. Оно пролило новый свет на внутреннюю природу связей в комплексном соединении, на их скрытую сущность»<sup>6</sup>.

Открытые Чугаевым закономерности — влияние циклических группировок на прочность комплексов и о наибольшей стойкости пяти- и шестичленных циклов принадлежат к основным положениям химии комплексных соединений. Эти закономерности получили в современной литературе название «правила циклов Чугаева» и стали важными вехами на пути развития представлений о природе и строении комплексов.

Докторская диссертация Чугаева вызвала большой интерес в научных кругах того времени. В декабре 1907 г. он выступил на I Менделеевском съезде с докладом об



*Л. А. Чугаев (публикуется впервые)*

основных направлениях своих исследований по химии комплексных соединений.

В сентябре 1908 г. Лев Александрович перенес свою педагогическую и научную деятельность в Петербургский университет. Здесь в центре его внимания были исследования комплексных соединений, но он продолжал и работы, связанные с химией терпенов и другими вопросами органической химии.

Чугаев поддерживал тесные отношения со многими учеными, работающими в области химии комплексных соединений. В частности, он постоянно переписывался с Вернером — творцом координационной теории. Летом 1908 г. Лев Александрович поехал в Швейцарию, чтобы познакомиться с цюрихским ученым. Вот что рассказывает об этой встрече М. С. Сканава-Григорьева, работавшая в то время в лаборатории Вернера: «Я помню, как в то лето из кабинета Вернера вышел, после многочасовой оживленной беседы, человек крупного роста, сдержанный в движениях, в строгом черном костюме и с изумительным, совершенно особенным лицом, одухотворенным и сияющим от счастья, лицом, которое не забывается. Это был Лев Александрович Чугаев. Такое лицо у него было всегда в моменты его вдохновенного творческого увлечения, в моменты, когда перед ним открывались новые идеи. В тот день Вернер с полным убеждением заявил мне, что считает Л. А. Чугаева самым выдающимся и самым талантливым русским химиком. И эта оценка одного из крупнейших и авторитетных ученых того времени, всегда крайне скупого на похвалы, имела очень большой вес в глазах всех сотрудников Вернера. Позднее, когда я собиралась вернуться в Россию, он настоятельно советовал мне работать с Л. А. Чугаевым, у которого, по его мнению, можно научиться очень многому...»<sup>7</sup>

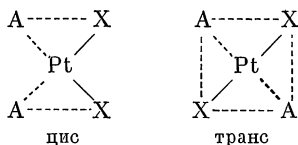
Сканава-Григорьева вернулась в Петербург в 1912 г. и семь лет работала в лаборатории Чугаева.

Петербургский период научной деятельности Чугаева ознаменовался крупнейшими успехами. Процесс его научного творчества в известной степени можно проследить по отдельным записям, озаглавленным «Планы, предположения и заметки», «Вопросы и предположения» и др. Многие записи не датированы, но на некоторых указаны годы — 1907, 1916/17, 1920/21 гг. Отсюда можно сделать вывод, что записи велись продолжительное время.

В записях, относящихся, судя по литературным ссылкам, к 1910—1915 гг., отмечались вопросы, которые возникали в процессе экспериментальной работы или при ознакомлении с научной литературой и которыми следовало заняться. По этим записям можно проследить, какие темы особенно интересовали ученого в тот период. Например, часто встречаются заметки о том, что надо изучить реакции соли Пейроне и Косса с аммиаком и органическими аминами.

Запись под № 7 свидетельствует о желании Чугаева изучить поведение цис- и транс-изомеров диамминдигалогенидов двухвалентной платины: «Действовать озоном: а) на цис- и транс-[Pt2NH<sub>3</sub>J<sub>2</sub>] + NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> + NH<sub>3</sub>, б) на цис- и транс-[Pt2MJ<sub>2</sub>] в присутствии NH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub> · H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + + NH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, в) на хлорид Пейроне в присутствии CO<sub>2</sub> и CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub>». Впоследствии эти вопросы он изучал совместно с В. Г. Хлопиным и И. И. Черняевым.

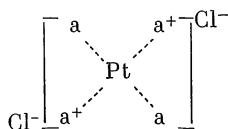
В записях приведены соображения о причинах различия в химическом поведении транс- и цис-изомеров диамминов двухвалентной платины: «Ряд фактов указывает на то, что в изомерных соединениях



в цис-соединении] молекула А как бы свободнее, самостоятельнее, менее прочно связана с платиной. М[ожет] б[ыть], это объяснить с точки зрения коорд[инационной] теории так, что в транс-модиф[икации] каждый А находится под влиянием сразу двух прилегающих X, а в цис-модиф[икации] — под влиянием лишь одного, что и мешает вызвать соотв[етствующие] структурные [или иные] уклонения. Отщепление молекул А от [PtA<sub>4</sub>]X<sub>2</sub> именно в транс-положении облегчается просто в силу большей устойчивости транс-соединений. Там, где этого нет, наблюдаются отклонения от правила».

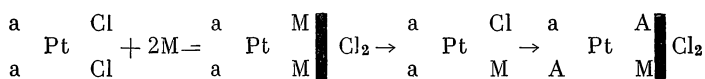
Позднее к этой записи сделано дополнение: «Более легкое отщепление NH<sub>3</sub> etc в транс-положении не зависит ли

от того, что в молекулах типа



положительные заряды концентрир[уются] на противоположных концах (транс)». Видимо, вопрос о направлении реакций замещения во внутренней сфере комплексных соединений служил постоянной темой размышлений Чугаева.

Другим вопросом, часто встречающимся в записях, был вопрос об оптической активности изомеров комплексов. В заметке под № 21 Чугаев пишет: «Не будет ли пригоден для получения оптически деятельных соединений платины следующий путь:



Может быть, следует окислить платину хлором до четырехвалентного состояния в  $[\text{A}_2\text{aMCl}_2]\text{Cl}_2$ ?» Видимо, значительно позднее сделана надпись красными чернилами: «нет!» Имеется несколько таких надписей об отрицательных результатах его предположений. В других случаях, наоборот, ободряющие пометки: «по-видимому, верно».

Одна из записей (№ 29) относится к синтезу соединений пентаминового ряда четырехвалентной платины: «Изучить подробнее ряды  $[\text{Pt}5\text{NH}_3\text{Cl}]\text{X}_3$ ,  $[\text{Pt}5\text{NH}_3/\text{OH}]\text{X}_3$  и  $[\text{Pt}6\text{NH}_3]\text{X}_4$ , как-то йодиды, хлороплатиниты, хлороплатинаты, пикраты, сульфаты и т. п. Изучить действие жидкого  $\text{NH}_3$  на  $[\text{Pt}2\text{NH}_3\text{Cl}_4]$  — на цис- и транс-формы». Позднее красными чернилами отмечено последнее предложение и сделана надпись: «Изучено отнош.  $\text{NH}_3 \div \text{NH}_4/2\text{CO}_3$ . Получили гл. обр.  $[\text{Pt}5\text{NH}_3\text{Cl}]$  карбонат». Работа Чугаева по пентаминовым комплексам была доложена на III Менделеевском съезде по чистой и прикладной химии в 1922 г. Это исследование давно признано классическим.

Некоторые заметки касаются химии Os и характерных реакций на него. В одной из таких заметок мы читаем: «При кипячении  $\text{K}_2\text{OsCl}_6$  с водой и тиомочевинной получается интенсивное пурпурное окрашивание, развиваю-



щееся постепенно. Оно же получается от  $\text{OsO}_4$ ,  $\text{NH}_2\text{CSNH}_2$  и капли  $\text{HCl}$  при нагревании». Запись, очевидно, относится ко времени одного из первых наблюдений действия тпмочевины на соединения осмия.

В дальнейшем эти работы развились в крупные исследования. В записях, озаглавленных «Планы», намечались темы исследований на ближайшее время. Так, летом 1907 г. Чугаев поставил перед собой три задачи, относящиеся к различным разделам химии. Задача I касается химии платины, кобальта и никеля; задача II — химии бора и химии сульфокислот; задача III, с подзаголовком «suite» — различных вопросов, мало связанных друг с другом: изучение тиокислот, синтез гомологов фуксина, нитрование нафталина при низких температурах и др. Имеются планы на 1916/17 и 1920/21 гг. и ряд других, к сожалению, не датированных. В некоторых планах указаны сотрудники-исполнители намечавшихся работ. Например, в одном плане помечено: «П. Г. Коку — уд. вес и рефракцию  $\text{Pt}(\text{NO}_2)_2\text{nNH}_3$  и  $\text{PtCl}_2\text{nNH}_3$  etc». Подобных записей несколько. На них мы остановимся в одной из следующих глав.

Все эти заметки и планы — свидетельство широты взглядов ученого, постоянных научных поисков, свидетельство стремления ставить природе все новые и новые вопросы и упорно добиваться на них ответа.

В 1910 г. опубликована монография Чугаева «О химическом строении комплексных соединений». Эта работа в настоящее время может служить превосходным историческим введением в химию комплексных соединений.

В монографии на основе теории химического строения А. М. Бутлерова и стереохимического учения Вант-Гоффа и Лебеля изложены главные положения о строении комплексных соединений. Подробно рассмотрена координационная теория Вернера — понятия о центральном атоме, координационном числе, главных и дополнительных валентностях, методах установления формул комплексных соединений. Особое внимание обращено на электропроводность растворов комплексных соединений и толкование ее величины в зависимости от состава и строения комплекса. Специальные главы книги посвящены координационной емкости аддендов (лигандов) и явлениям изомерии комплексных соединений: полимерии, координационной изомерии, структурной изомерии, стереоизомерии.

Лев Александрович заканчивает книгу оценкой координационной теории Вернера: «То, что уже добыто в науке при содействии и влиянии теории Вернера, по нашему мнению, обеспечивает за ней право считаться одним из крупнейших завоеваний, сделанных за последнее время в области минеральной химии»<sup>8</sup>.

Развитию координационной теории посвящены работы Чугаева и его школы во все последующие годы. В Москве в лаборатории Технического училища предметом исследований Чугаева были в основном комплексные соединения никеля, кобальта и меди, в Петербургском университете этим элементам он уделял значительно меньше внимания. Здесь разрабатывалась главным образом химия комплексных соединений металлов платиновой группы — платины, палладия, иридия, родия, осмия и рутения.

В России, имевшей богатейшие в мире месторождения платиновых металлов, почти вся добываемая платина в сыром виде вывозилась в Англию, Францию и Германию, где перерабатывалась на аффинажных заводах. Ввозя обратно в Россию готовые изделия из платины и аффинированные металлы, иностранные капиталисты получали баснословные прибыли. Способы переработки русского сырья западные промышленники держали в строгом секрете. Естественно, что при таком положении дел в России отсутствовали условия для накопления научного опыта по разделению и очистке платиновых металлов.

Для расширения исследований требовались значительные средства, которые Петербургский университет не мог выделить. По этому поводу в 1910 г. Чугаев обратился к И. А. Кабулову:

«Многоуважаемый Иван Алексеевич!

В настоящее время я занят вместе с моими учениками систематическими исследованиями в области комплексных соединений металлов платиновой группы. К сожалению, высокая цена исходных материалов сильно затрудняет эти работы, которые, судя по имеющимся уже результатам, обещают быть интересными не только в научном, но и в техническом отношении.

По этой причине я и решился обратиться в Общество имени Леденцова с просьбой о субсидии в размере 1000 рублей на ведение этих опытов, и я позволяю себе надеяться,

что вы в качестве члена совета этого общества не откажетесь поддержать мое ходатайство, в котором я подробно мотивировал свою просьбу и указал, между прочим, на то, что изучением платиновых металлов в настоящее время у нас в России никто не занимается систематически, несмотря на то, что они составляют наше естественное богатство.

С искренним уважением

Л. Чугаев»<sup>9</sup>

Работы Чугаева и его учеников проводились в двух направлениях: 1) синтез комплексных соединений платиновых металлов для выявления общих закономерностей химического поведения комплексов в связи с их строением; 2) изучение химии каждого отдельного металла платиновой группы для выявления его индивидуальных свойств и специфических реакций, которые можно использовать для разделения и очистки металлов. К первому направлению примыкают исследования глиоксиматов, которые Чугаев проводил совместно с В. В. Лебединским<sup>10</sup>. Наиболее подробно изучались глиоксиматы родия. Удалось получить различные соли кислоты  $\text{H}[\text{RhD}_2\text{H}_2\text{Cl}_2]^*$ , которые оказались весьма прочными соединениями, во многом аналогичными соединениями кобальта.

Чугаев получил соединение платины с одной молекулой диоксима, в противоположность обычным производным, содержащим два диоксимных остатка. Этим были подтверждены теоретические предположения о возможности существования подобных соединений.

Параллельно Чугаев занимался изучением комплексных соединений, образуемых солями некоторых металлов платиновой группы с органическими сульфидами (тиоэфирами). Подробно исследовались<sup>11-15</sup> комплексы платины с дисульфидами или дитиоэфирами:  $\text{R}_1-\text{S}-(\text{CH}_2)_n-\text{S}-\text{R}_2$ , где  $\text{R}_1$  и  $\text{R}_2$  — органические радикалы (например,  $\text{C}_2\text{H}_5$ ). При взаимодействии разведенного раствора хлороплатината калия  $\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$  с дисульфидом образуется комплекс  $[\text{Pt}_2(\text{R}_1-\text{S}(\text{CH}_2)_n-\text{S}-\text{R}_2)]\text{PtCl}_4$ . Наиболее характерные и прочные соединения получают в том случае, когда число метиленовых групп ( $n$ ), находящихся между двумя атомами серы в молекулах тиоэфира, равно двум или трем.

---

\*  $\text{DH}_2$  — молекула диоксима;  $\text{D}_2\text{H}_4$  — два остатка диоксима.

Соединения эти окрашены в розовый или телесный цвет различных оттенков и нерастворимы. При нагревании они переходят в продукт желтого цвета, способный растворяться в хлороформе и других растворителях. Желтая модификация представляет собой мономер  $[\text{Pt}(\text{R}_1 - \text{S} - (\text{CH}_2)_n - \text{S} - \text{R}_2)\text{Cl}_2]$ .

Таким образом, переход розового комплекса в желтый сопровождается превращением димера в мономер. Способность образовывать розовый димер присуща только дисульфидам, в которых атомы серы разделены двумя или тремя группами  $\text{CH}_2$ .

Образование аналогичных соединений и те же явления димеризации наблюдались при взаимодействии дисульфидов с бромистой платиной и производными азоти-сто-платиноводородной кислоты  $\text{H}_2[\text{Pt}(\text{NO}_2)_4]$ .

Все результаты этой серии исследований вполне соответствуют положениям координационной теории. Подтвердились и те закономерности, которые наблюдал Чугаев при изучении аминов: упрочнение соединений, образующих циклы, и наибольшая устойчивость пяти- и шестичленных циклов.

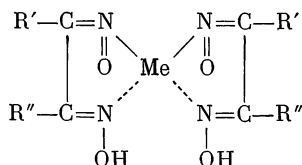
В этих работах Лев Александрович широко использовал метод измерения электропроводности растворов изучаемых соединений. При помощи этого метода он установил<sup>16-17</sup>, что производные органических дисульфидов типа  $[\text{Pt}_2\text{R}_2\text{S} \cdot \text{X}_2]$  не являются электролитами и, следовательно, относятся к комплексным соединениям без внешней сферы. Прибавление к их растворам избытка тиоэфира приводит к образованию электролитов типа  $[\text{Pt}_4\text{R}_2\text{S}]\text{X}_2$ .

Развивая эти исследования, Чугаев синтезировал и изучил ряд дитиоэфирных соединений солей палладия такого же типа, как и соединения двухвалентной платины<sup>18</sup>. Одна из его работ в 1914 г. посвящена соединениям платины с изонитрилами<sup>19</sup>. Считалось, что двухлористая платина образует с фенилкарбиламином два соединения одинакового количественного состава, отличающиеся друг от друга окраской (фиолетовое и белое). Чугаев доказал, что фиолетовая модификация является бимолекулярным соединением  $[\text{Pt}_4\text{RNC}]\text{PtCl}_4$ . Белая модификация — мономер  $[\text{Pt} \cdot 2(\text{RNC})\text{Cl}_2]$ . Аналогичные, ранее не известные пары соединений (мономер и димер) удалось

получить с алифатическими изонитрилами. Из комплексных цианистых соединений платины с изонитрилами (Js) Чугаев получил мономер  $[\text{Pt}2\text{Js}(\text{CN})_2]$  и димер  $[\text{Pt}4\text{Js}]\text{Pt}(\text{CN})_4$ <sup>20</sup>. Мономерная модификация, в соответствии со своей формулой, почти не проводит электрического тока.

Важное значение придавал Чугаев оптическим измерениям спектров поглощения комплексных соединений. Эта область его исследований является совершенно оригинальной: до него ее не затрагивали ни отечественные, ни зарубежные ученые. В 1914 г. Лев Александрович опубликовал статью «О спектрах абсорбции диоксиминов»<sup>21</sup>, которая открывала серию работ в этом направлении. Были изучены спектры поглощения в видимой и ультрафиолетовой области глиоксиматов никеля, палладия, платины и кобальта. Спектры показывали сильное селективное поглощение света, начиная от видимой области до ультрафиолетовой; в большинстве случаев полосы поглощения в ультрафиолете составляли 3500—4000 мкм.

Сами α-диоксимы не обнаруживают заметной способности поглощать свет в указанной области, и сильная абсорбция комплексных глиоксиматов не может быть приписана органической части молекулы самой по себе. Абсорбция вызывается характерным и стабильным комплексом

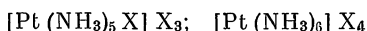
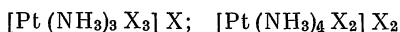


в котором важную роль играет металл. При сравнении кривых светопоглощения глиоксиматов различных металлов были установлены характерные сдвиги полос поглощения. Аналогичные явления наблюдались также при замене органических радикалов и при других изменениях в молекулах глиоксиматов (см. главу V).

В 1918 г. был основан Институт по изучению платины и других благородных металлов, который возглавил Л. А. Чугаев. Здесь он получил возможность расширить исследования платиновых металлов, направленные на

укрепление и развитие координационной теории Вернера. Эта теория подвергалась в тот период серьезным критическим нападкам. Некоторые ученые считали ее неполноценной, так как она предполагала существование соединений, которые долгое время не удавалось синтезировать. К числу таких соединений относились, в частности, аммиачные соединения четырехвалентной платины пентаминового ряда.

Рассмотрим цепь веществ, образующихся при последовательном замещении в комплексном соединении  $\text{Me}_2[\text{PtX}_6]$  однозарядного кислотного аниона X молекулой аммиака (Me — однозарядный катион)



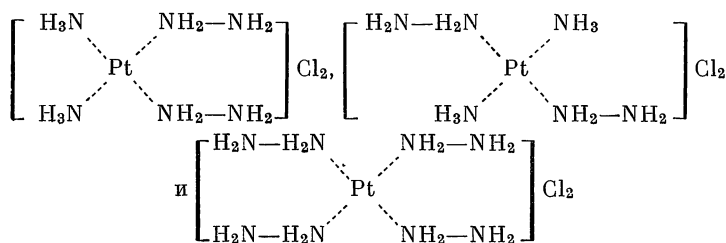
В этой цепи отсутствовало одно звено — комплексное соединение  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_5\text{X}]\text{X}_3$ , и Чугаеву удалось восполнить этот пробел. Совместно с сотрудниками он синтезировал несколько соединений пентаминового ряда и изучил их свойства<sup>22</sup>. Таким образом, координационная теория восторжествовала. Особо впечатляющим был тот факт, что величина электропроводности растворов пентаминных хлоридов в точности совпала с величиной, предсказанной теорией.

В 1925 г. на IV Менделеевском съезде по теоретической и прикладной химии было решено назвать комплексные соединения платины пентаминового ряда солями Чугаева.

Среди аммиачных соединений родия триамминового ряда также не хватало нескольких членов. Чугаев и Лебединский получили одно из этих соединений, оказавшееся неэлектролитом  $[\text{Rh}(\text{NH}_3)_3\text{J}_3]$ .

Помимо всех указанных Чугаев обогатил химию комплексных соединений и многими другими новыми веществами. Совместно с М. С. Григорьевой<sup>23</sup> он получил комплексные соединения нового вида, состоящие из хлорида двухвалентной платины и гидразина. В этих комплексах гидразин ведет себя подобно аммиаку, и это дало возмож-

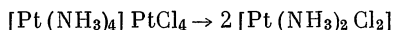
ность синтезировать вещества



и другие соединения этого вида; некоторые из них являются изомерами.

Особый интерес представляют комплексы платины с гидроксиламином, синтезированные и изученные Чугаевым совместно с Черняевым<sup>24</sup>. В этих комплексах две молекулы гидроксиламина, подобно аммиаку и гидразину, связаны с платиной в двух формах — цис и транс; рассмотрены также соединения, в которых платина связана с четырьмя молекулами гидроксиламина.

Большое внимание ученых привлекла работа Л. А. Чугаева и Н. К. Пшеницына<sup>25</sup> о молекулярных перегруппировках в комплексах платины. Такое явление наблюдалось, в частности, при нагревании соли Магнуса, состоящей из двух комплексных ионов. Реакция протекала по уравнению



Изучались также процессы миграции аммиака от одного металла к другому в гетерометаллических комплексных соединениях  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2][\text{PtCl}_4]$ ,  $[\text{AgEt}_2][\text{PtCl}_4]$  (Et—этиламин),  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{PtCl}_4$ . Во всех случаях аммиак (или этиламин) мигрировал от серебра и цинка к платине и получались более простые вещества.

Многие работы Чугаева не были опубликованы при его жизни. Черновые материалы — предварительные наброски и заметки — обработаны для печати Э. Х. Фрицманом. Среди последних надо отметить исследования по окислению соединений двухвалентной платины перекисью водорода и озоном с образованием производных четырехвалентной платины<sup>26</sup>; окисление соединений двухвалентной

платины персульфатами и свободным кислородом Чугаев изучал совместно с Черняевым<sup>27</sup>.

Особого рассмотрения заслуживают работы Льва Александровича по химии мало изученного элемента платиновой группы — осмия, в частности его высшего окисла  $\text{OsO}_4$ , иногда называемого осмиевой кислотой. Наблюдения Чугаева показали, что  $\text{OsO}_4$  характеризуется кислотными свойствами. О свойствах  $\text{OsO}_4$  напечатано несколько кратких заметок, а затем Чугаев подготовил обстоятельную статью, которая увидела свет после его смерти<sup>28</sup>. Автор описал соединения  $\text{OsO}_4$  с основаниями: гидратом окиси калия, гидратом окиси рубидия, гидратом окиси цезия, а также с комплексным родиевым основанием  $2\text{OsO}_4 \cdot [\text{Rh}_4\text{Py}^*\text{Cl}_2]\text{OH}$  и с уротропином  $2\text{OsO}_4 \cdot [(\text{CH}_2)_6\text{N}_4]$ . Кислотная природа четырехокиси осмия подтверждалась также понижением упругости ее пара в присутствии оснований. Изучение распределения  $\text{OsO}_4$  между четыреххлористым углеродом и водой показало, что при добавке щелочи распределение  $\text{OsO}_4$  сильно изменяется:  $\text{OsO}_4$  переходит в щелочной водный раствор<sup>29</sup>.

Реакция взаимодействия соединений осмия с тиомочевинной, исследованная Чугаевым, используется в аналитической химии для открытия и определения этого элемента (см. главу VI).

Трудно перечислить все работы Льва Александровича по химии комплексных соединений платины и самостоятельные работы его учеников, явившиеся развитием его взглядов. Так, например, продолжая работы Чугаева по платонитритам, И. И. Черняев пришел к открытию закономерности транс-влияния.

Классические исследования Л. А. Чугаева внесли неоценимый вклад в химию комплексных соединений. Они не только многократно подтвердили координационную теорию, но и значительно развили ее благодаря открытию новых весьма существенных закономерностей.

---

\* Пиридин.



### Изучение оптических свойств химических соединений

Оптическая активность веществ проявляется в их способности вращать плоскость поляризации проходящего через них поляризованного света. Явление оптической активности открыто французским ученым Араго в 1811 г. при изучении двойного лучепреломления в кристаллах кварца. В 1815 г. французский исследователь Био обнаружил, что растворы сахара также обладают вращательной способностью, и, следовательно, оптическая активность является свойством не только кристаллов, но и молекул.

Способность вещества вращать плоскость поляризации луча света связана главным образом с наличием в его молекулах одного или нескольких асимметрических атомов углерода (атомов, соединенных с четырьмя различными атомами или радикалами), но иногда наблюдается и при отсутствии асимметрических атомов. В этих случаях вращательная деятельность вещества определяется асимметрией его молекул в целом.

Теория химического строения Бутлерова получила дальнейшее развитие в учении о пространственном расположении атомов в молекулах органических соединений.

В 1874 г. Вант-Гофф и почти одновременно Лебель создали новую отрасль науки — стереохимию. Возникновение стереохимических идей неразрывно связано с открытием и исследованием явления оптической активности. Было введено представление о тетраэдрической модели атома углерода. Вант-Гофф выдвинул понятие о пространственной направленности четырех валентностей

атома углерода. По его воззрениям, валентные связи углеродного атома направлены к вершинам правильного тетраэдра и образуют между собой равные углы.

Чугаев в течение ряда лет изучал оптическую деятельность самых различных органических соединений. Его исследования совпали с историческим периодом (первое десятилетие XX в.) блестящего развития идей теории химического строения и стереохимического учения. Опираясь на воззрения Бутлерова, Чугаев поставил целью найти зависимость между оптической активностью соединения и его химическим строением. Собственные экспериментальные работы и тщательный анализ литературных данных позволили ему открыть определенные закономерности, освещающие влияние состава и строения молекулы на ее вращательную способность.

В 1891 г. французский ученый Ги высказал предположение, что оптическая активность зависит только от массы радикалов, связанных с асимметрическим атомом углерода. Многочисленные наблюдения П. И. Вальдена (1895) не подтвердили гипотезы Ги. Было установлено, что замена легких групп более тяжелыми (и наоборот) не оказывает существенного влияния на оптическую активность. С другой стороны, замена одной группы на другую с приблизительно равной массой может в значительной мере изменить вращательную способность органического соединения.

Рассматривая работы Ги, Чугаев прежде всего указал, что для сопоставления оптической деятельности органических соединений совершенно непригодна величина удельного вращения  $[\alpha]_D$ . По его мнению, с удельным вращением «не связано какого-либо определенного понятия ни в смысле молекулярной теории, ни с точки зрения стереохимической гипотезы». Результаты измерения вращательной способности веществ могут служить для тех или иных выводов только в том случае, если будет определяться величина молекулярного вращения  $[M]_D$ , которая показывает угол вращения, пропорциональный молекулярному весу оптически активных веществ

$$[M]_D = M \cdot [\alpha]_D \cdot 10^{-2}$$

Только величина молекулярного вращения дает возможность сравнивать оптическую активность молекул,

иначе говоря, активность асимметрических комплексов. Французские же исследователи в своих работах пользовались почти исключительно величиной удельного вращения  $[\alpha]_D$ , что отрицательно сказалось на их выводах и обобщениях.

Чугаев наметил обширную программу исследования количественной зависимости между оптической активностью органических соединений и составом их асимметрических молекул. «Я ставил себе задачу,— писал он,— выяснить изменения, которые возникают во вращательной способности оптически активного соединения при введении в разные части его молекулы различных инактивных заместителей. Благодаря этому я надеялся приблизиться к разрешению вопроса, чем обусловлен „оптический” эквивалент инактивной группы: ее массой, ее составом, ее химическим характером или, наконец, ее строением и конфигурацией; вернее, в какой степени каждый из названных факторов влияет на вращательную способность данного вещества»<sup>1</sup>.

Наиболее подходящим объектом изучения оказался ментол, отличающийся однородностью состава, устойчивостью и большой вращательной способностью. В самом начале исследований перед Чугаевым возник важный, оригинальный вопрос — как влияет на вращательную способность соединения место (в структурнохимическом смысле), которое занимает неактивный заместитель в оптически активной молекуле. Из литературных данных было известно, что введение в молекулу оптически активного вещества фенильной группы  $C_6H_5$ , в некоторых случаях значительно изменяет вращательную способность. Поляриметрические исследования должны были показать, какую роль играет положение фенильной группы в молекуле — связана ли она непосредственно с асимметрическим комплексом ментола  $C_{10}H_{19}O$  или отделена от него одной или несколькими группами ( $CO$  или  $CN_2$ ).

Оказалось, что положение фенильной группы оказывает очень большое влияние на молекулярное вращение соответствующего эфира. Максимальная величина молекулярного вращения наблюдалась у бензойного эфира ментола  $C_{10}H_{19}OOCSC_6H_5$ , в котором фениловый радикал  $C_6H_5$  отделен от комплекса  $C_{10}H_{19}O$  только одной карбоксильной группой  $CO$ . В фенилуксусном эфире ментола,

где радикал  $C_6H_5$  отделяется от асимметрического комплекса  $C_{10}H_{19}O$  цепью из двух углеродных звеньев  $-CO-CH_2-$ , влияние фенила заметно ослабляется. Наконец, у фенилпропионового эфира ментола величина  $[M]_D$  еще более снижена.

Чугаев пришел к весьма интересному выводу: влияние фенилового радикала на увеличение вращательной способности оптически деятельного соединения в значительной степени обусловлено удаленностью этого радикала от активного комплекса. Фениловый радикал может совершенно лишиться способности влиять на величину вращения, когда он слишком удален от активного комплекса<sup>2</sup>.

Экспериментальные наблюдения позволили Чугаеву сформулировать обобщение, которое получило название *принципа положения*: «Чем ближе к асимметрическому комплексу находится неактивный заместитель, тем значительнее его оптическое действие. При постепенном удалении заместителя действие его постепенно ослабляется и, наконец, совсем исчезает»<sup>3</sup>. В современной литературе этот принцип известен под названием «правила отдаленности». Исследования французских ученых Ги и Бабея полностью подтвердили открытие Чугаева.

Принцип положения представляет большой научный интерес. Он явился новым подтверждением одной из важнейших идей теории химического строения, высказанной в 1869 г. В. В. Марковниковым в его знаменитом сочинении «Материалы по вопросу о взаимном влиянии атомов в химических соединениях». Марковников подчеркивал, что «вообще влияние какого-либо элемента на другие ослабляется по мере удаления их друг от друга в общей цепи химического действия, удерживающей все элементы в частице»<sup>4</sup>.

Дальнейшие исследования привели Чугаева к открытию новых закономерностей, связанных с оптической активностью органических соединений. При изучении гомологического ряда сложных эфиров ментола и недействительных жирных кислот им были получены интересные данные, согласно которым величина молекулярного вращения от уксусного эфира до каприлового почти не изменяется. Значение  $[M]_D$  уже у уксусного эфира достигает максимума и затем до каприлового эфира остается прак-

тически постоянным, составляя в среднем  $157,8^\circ$ . «Существование такой константы,— писал Чугаев,— представляет явление, столько же поразительное, как и неожиданное, потому что оно в широких пределах исключает влияние массы на вращение, а с другой стороны, указывает на простые закономерные отношения в гомологическом ряду»<sup>5</sup>. Аналогичную закономерность Чугаев наблюдал и для других гомологических рядов, например, для гомологического ряда эфиров оптически деятельного борнеола.

Многочисленные поляризметрические измерения позволили Чугаеву сформулировать следующее эмпирическое правило, которое получило название «*принципа постоянства молекулярного вращения*» в гомологических рядах: «С определенного члена серии дальнейшее повышение молекулярного веса заместителя перестает оказывать заметное влияние на величину  $[M]_D$ , и эта последняя остается приблизительно постоянной»<sup>6</sup>.

На основе анализа литературных данных о вращательной способности соединений различных гомологических рядов, Чугаев пришел к заключению, что в принципе найденная им закономерность подтверждается во всех случаях. Однако величина  $[M]_D$  может достигать максимального значения в различных точках гомологических рядов. С какого именно члена ряда наступает постоянство молекулярного вращения, зависит в первую очередь от природы оптически деятельного комплекса.

После того как было открыто постоянство молекулярного вращения в гомологических рядах возник вопрос о причинах этого явления. Английский ученый Кромптон выдвинул гипотезу: постоянство величины  $[M]_D$  характерно только для тех членов гомологических рядов, которые существуют в неассоциированном состоянии. Кромптон указывал, что только первые члены каждого гомологического ряда заметно ассоциированы и поэтому отклоняются от свойственной данному ряду константной величины  $[M]_D$ <sup>7</sup>. Чугаев на конкретных примерах доказал, что, вопреки представлениям Кромптона, ассоциация не оказывает существенного влияния на оптическую активность. По мнению Чугаева, постоянство молекулярного вращения в гомологических рядах не находится в какой-либо определенной связи с явлением ассоциации жидкостей. Постоянство молекулярного вращения является непосред-

ственным следствием принципа положения: «Если влияние группы атомов, вводимой в активную молекулу, на вращательную способность имеет пространственный предел, то совершенно понятно, что для молекулярного вращения любого члена гомологического ряда важны только те группы атомов, которые находятся в непосредственной близости к асимметрическому комплексу, все же другие не имеют или почти не имеют значения»<sup>8</sup>.

Чугаев специально рассмотрел вопрос о влиянии изомерии на величину молекулярного вращения. Прежде всего он изучил, как отражается изомерия положения заместителя в бензольном ядре на вращательную способность соединения, и пришел к следующему обобщающему заключению. По своей вращательной способности четыре ароматических производных какого-либо оптически активного соединения (например, ментола) закономерно располагаются в следующем порядке: ортозамещенное (О), незамещенное (В), метазамещенное (М), паразамещенное (П). Величина молекулярного вращения  $[M]_D$  последовательно увеличивается от О к П.

В изученных случаях влияние изомерии на величину  $[M]_D$  проявлялось особенно сильно для тех соединений, которые возглавляют гомологический ряд. Наоборот, для членов гомологического ряда, находящихся в «зоне постоянного вращения», влияние изомерии заметно не сказывается на величине  $[M]_D$  — изомеры в данном случае характеризуются почти аналогичной оптической активностью.

Изучая влияние замещения водорода галогеном (хлор, бром) в метиловом радикале уксусного эфира ментола на величину молекулярного вращения, Чугаев пришел к выводу, что любые изменения состава соединений из «зоны постоянного вращения» не могут, как правило, «производить особенно ощутительного оптического эффекта»<sup>9</sup>.

Чугаев особо подчеркивал, что и его поляриметрические измерения, и экспериментальные данные других авторов согласно подтверждают фундаментальное обобщение: *принцип положения и принцип постоянства молекулярного вращения являются теми двумя основными принципами, которые управляют изменениями оптической деятельности в рядах гомологических и изомерных производных какого-либо активного асимметрического комплекса*<sup>10</sup>.

Внимание Чугаева привлек вопрос о так называемой оптической суперпозиции, вокруг которого в начале XX в. развернулась оживленная дискуссия.

В 1875 г. в работе «Расположение атомов в пространстве» Вант-Гофф впервые постулировал принцип оптической суперпозиции: «Для любого оптически активного вещества общее вращение равняется алгебраической сумме парциальных вращений, приходящихся на каждый асимметрический атом углерода»<sup>11</sup>. Из этого принципа непосредственно следовало, что «вращение, приходящееся на данный углеродный атом, считается не зависящим от конфигурации группы вокруг другого асимметрического атома в молекуле».

Принцип оптической суперпозиции подвергся проверке в работах Ги и Вальдена. Оба исследователя отметили справедливость принципа Вант-Гоффа во всех изученных ими случаях, и с тех пор он казалось бы прочно утвердился в науке. Однако спустя несколько лет (1905—1906) Паттерсон и Розанов, независимо друг от друга, высказали сомнение относительно универсальности принципа оптической суперпозиции. Вант-Гофф, рассмотрев их возражения, заметил: «Было бы правильным произвести новый ряд измерений при более сравнимых условиях, чем это было сделано до сих пор»<sup>12</sup>.

Это решил сделать Чугаев. Исходным материалом исследований послужили этиловые эфиры трех изомерных винных кислот: d- и l-антиподы и недеятельная мезовинная кислота. Производные этих соединений (ментилуретан и фенхилуретан) были подвергнуты поляризметрическому изучению. Чугаев пишет: «Совершенного согласия между теорией и опытом, правда, здесь не наблюдается, но различие настолько ничтожно, что мы можем сделать заключение о законности принципа оптической суперпозиции, по крайней мере, в первом приближении»<sup>13</sup>.

Из правила положения Чугаева непосредственно следует, что принцип оптической суперпозиции будет оправдываться тем строже, чем дальше отстоят друг от друга асимметрические группы в молекуле.

С течением времени Чугаев пришел к выводу, что изучение оптической деятельности химических соединений только при одной длине волны света и неизменной

температуре не дает достаточно полной характеристики вращательной способности, и поставил целью определить соотношение между величиной вращения и длиной волны поляризованного света при различных условиях.

Изменение угла вращения плоскости поляризации в зависимости от длины волны называется вращательной дисперсией. Если с уменьшением длины волны величина удельного вращения планомерно возрастает, то дисперсию называют нормальной.

Оптическая активность соединения при различных значениях длины волны  $\lambda$  обычно характеризуется коэффициентом вращательной дисперсии, равным отношению удельных вращений при  $\lambda$  фиолетового луча (486 мкм) и при  $\lambda$  красного луча (656 мкм), или  $[\alpha]_F : [\alpha]_C$ , где F и C — фиолетовый и красный луч. Вальден установил, что коэффициент вращательной дисперсии составляет в среднем 1,95. Следовательно, при переходе от красного света к фиолетовому величина вращения увеличивается в среднем приблизительно в 2 раза.

Чугаев измерил величину удельного вращения при различных длинах волны света некоторых углеводов и спиртов. В большинстве случаев значения коэффициентов вращательной дисперсии были довольно близки к среднему значению, указанному Вальденом<sup>14</sup>.

Французский ученый Био открыл, что в некоторых случаях наблюдается аномальная вращательная дисперсия: с уменьшением длины волны  $\lambda$  величина удельного вращения сначала увеличивается, достигая определенного максимума, а затем постепенно уменьшается. Теперь различают три типа аномальной вращательной дисперсии. Случай аномальной дисперсии, открытый Био, относится к первому типу. Он наблюдается обычно в смеси таких бесцветных активных веществ, которые, имея нормальную дисперсию, отличаются друг от друга как по величине  $[\alpha]_F : [\alpha]_C$ , так и по знаку вращения. Примером может служить изученная Био смесь правовращающей камфоры и левовращающего скипидара. Оба эти вещества в отдельности обладают нормальной вращательной дисперсией, а смесь их проявляет ясно выраженную аномалию дисперсионной кривой.

Чугаев наблюдал аналогичную картину, изучая оптическую деятельность смеси изомерных ментонов при различ-



ных значениях  $\lambda$  — от 656 до 486 мкм. Изомеры отличались друг от друга величиной коэффициента дисперсии и знаком вращения. Каждый из них имел нормальную вращательную дисперсию, а смесь их обнаруживала аномалию.

Эти исследования привели Чугаева к открытию зависимости между процентным составом оптически активной смеси и ее коэффициентом дисперсии. Найденная Чугаевым зависимость позволила разработать метод количественного анализа оптически активных смесей, основанный на измерении вращательной способности.

Другой тип аномальной вращательной дисперсии был открыт французским ученым Коттоном (1896) в растворах окрашенных соединений. Этот тип связан с наличием абсорбционных полос в спектрах данных активных соединений. Оптическая вращательная деятельность вблизи полосы поглощения очень заметно возрастает, и на дисперсионной кривой появляется отчетливый максимум.

Чугаев впервые исследовал этот тип аномальной дисперсии на изолированных веществах — окрашенных ксантогеновых производных ментола и борнеола. Во всех изученных случаях наблюдалась отчетливая аномальная вращательная дисперсия: значение  $[\alpha]$  сначала увеличивается с уменьшением  $\lambda$ , достигает максимума, а затем убывает. Чугаев подчеркивал, что на положение максимума в большой степени влияет химическая природа активного вещества.

В дальнейших работах Чугаев измерял вращательную способность окрашенных ксантогеновых производных терпеновых спиртов (ментола, борнеола и фенхола) при различных значениях  $\lambda$  и параллельно проводил измерения поглощения света в видимой части спектра.

Анализируя материалы поляриметрических и абсорбционных измерений, он установил, что «при сравнении маленьких участков кривых поглощения и кривых вращения наблюдается несомненный параллелизм»<sup>15</sup>. Таким образом, была найдена очень интересная зависимость между оптической активностью и электронным спектром поглощения.

При поляриметрических измерениях оптической деятельности активных веществ, Чугаев применял индифферентные растворители. Несмотря на это, представилось интересным выяснить, играет ли растворитель, например

толуол, какую-либо роль в возникновении явления аномальной дисперсии. Ведь можно было допустить, что аномалия обусловлена тем или иным взаимодействием активного вещества с растворителем. Чтобы уяснить этот вопрос, Чугаев исследовал параллельно оптическую деятельность в отсутствии растворителя (в жидком или расплавленном состоянии) и в толуоловом растворе.

Поляриметрические измерения с полной очевидностью показали, что во всех изученных случаях явление аномальной вращательной дисперсии свойственно самим оптически активным соединениям. Вращательная дисперсия не изменяется в присутствии растворителя. Отсюда Чугаев сделал вывод: «аномалия вращательной дисперсии не зависит от влияния инактивного растворителя»<sup>16</sup>.

Вскоре Чугаев поставил перед собой новую задачу — исследование вращательной способности одного и того же активного соединения в различных растворителях. Прежде всего он установил, что для веществ, имеющих нормальную дисперсию, замена одного растворителя другим не оказывает большого влияния на величину удельного вращения, и ход дисперсионной кривой в обоих растворителях тождествен.

Совершенно другая картина наблюдалась при исследовании оптической деятельности соединений, которым свойственна аномальная дисперсия. В данном случае влияние растворителя сказывается очень сильно и распространяется как на величину  $[\alpha]$ , так и на положение максимума вращения. Многочисленные наблюдения привели Чугаева к общему выводу, что у веществ с аномальной вращательной дисперсией оптическая деятельность находится в сильной зависимости от природы растворителя.

Оставалось сопоставить влияние растворителя на вращательную дисперсию данного соединения и его абсорбционную способность. Иначе говоря, Чугаев решил сравнить кривую дисперсии и кривую абсорбции для одного и того же вещества, но в различных растворителях. Было известно, что при увеличении коэффициента рефракции растворителя максимум кривой поглощения, т. е. положение полос поглощения, перемещается к концу красной области спектра. Предстояло выяснить, будет ли с переменной растворителя кривая вращательной дисперсии перемещаться аналогично кривой поглощения<sup>17</sup>.

Были измерены в двух растворителях (ацетон и толуол) вращательная дисперсия и абсорбция света при различных длинах волн видимой части спектра, причем объектами изучения явились некоторые дитиоуретаны (имидоксантиды). Как известно, коэффициент рефракции толуола больше, чем у ацетона. В соответствии с этим, максимум кривой поглощения перемещается в толуоловых растворах имидоксантидов к красному концу спектра. Аналогичное явление наблюдалось и для кривой вращательной дисперсии. Многочисленные опыты показали, что абсорбционная и дисперсионная кривые всегда смещаются в одном и том же направлении при замене одного растворителя (ацетона) другим (толуолом).

В специальном исследовании Чугаев рассмотрел вопрос о влиянии температуры на аномальную вращательную дисперсию окрашенных соединений. Оказалось, что для некоторых веществ, например тиоангидрида 1-ментилксантогеновой кислоты, «кривые, соответствующие отдельным температурам, настолько сильно отличаются друг от друга, что можно было бы предположить, что здесь имеются различные вещества»<sup>18</sup>. Вещество, имеющее аномальную вращательную дисперсию при одной температуре, может при другой температуре характеризоваться нормальной дисперсией.

Полную противоположность рассмотренному случаю представляет тиоангидрид 1-фенхилксантогеновой кислоты. Влияние температуры на величину вращения и на дисперсию здесь почти не проявляется. Чугаев высказал мысль, что различие во влиянии температуры на оптическую деятельность указанных соединений, видимо, связано с химической природой активных радикалов, если только эти радикалы сами по себе не способны к селективному поглощению света (речь идет о радикалах ментиле  $C_{10}H_{19}$  и фенхиле  $C_{10}H_{17}$ ).

В исследованных случаях изменение температуры приводило к перемещению максимума вращения к фиолетовой части спектра и при этом абсолютная величина  $[\alpha]_{\text{макс}}$  возрастала. Однако не наблюдалось никакой закономерности между направлением изменения температуры и направлением перемещения максимума вращения. Например, у метилового эфира 1-борнилксантогеновой кислоты указанный выше сдвиг дисперсионной кривой (к фиолетовому

концу спектра и одновременно кверху) происходит при понижении температуры. И наоборот, у таких соединений, как метиленовый эфир 1-ментилксантогеновой кислоты, аналогичный сдвиг дисперсионной кривой наблюдался при повышении температуры.

Чугаев пришел к общему выводу, что существует два вида веществ, отличающихся друг от друга по влиянию температуры на их вращательную дисперсию. «Весьма вероятно, ... что конфигурация молекулы и, следовательно, степень асимметрии соответствующего асимметрического поля является функцией температуры»<sup>19</sup>. Эта мысль нашла подтверждение в современных исследованиях, которыми установлено, что молекула данного соединения может иметь различные конфигурации, относительное содержание которых изменяется с температурой<sup>20</sup>.

Чугаев специально рассмотрел вопрос о вращательной дисперсии класса кетонов. Это было вызвано тем, что значение коэффициента вращательной дисперсии у кетонов обычно значительно выше среднего значения для спиртов и углеводов.

Аномально высокое значение коэффициента вращательной дисперсии у бесцветных кетонов можно было объяснить, по мнению Чугаева, только наличием абсорбционной полосы в ультрафиолетовой части спектра и притом самой близкой к видимой области. Это предположение оправдалось при изучении кетона неопинона, отличающегося высоким коэффициентом вращательной дисперсии и вместе с тем наличием абсорбционной полосы в ультрафиолетовой части спектра. При переходе от кетона неопинона к спирту неопинолу коэффициент вращательной дисперсии приближается к обычному среднему значению, и в спектре исчезает характерная полоса.

Опыты Чугаева и других исследователей показали, что во всех изученных случаях наличие кетонной группы обуславливает, с одной стороны, появление абсорбционной полосы в ультрафиолетовой части спектра, а с другой — аномально высокие значения коэффициента вращательной дисперсии.

Впоследствии Чугаевым было установлено, что альдегиды в оптическом отношении близки к кетонам. Они показывают селективную абсорбцию в ультрафиолетовой части спектра и характеризуются, подобно кетонам, боль-

шой величиной коэффициента дисперсии<sup>21</sup>. При переходе альдегида в соответствующий спирт величина  $[\alpha]_F : [\alpha]_C$  становится нормальной.

В процессе исследований Чугаев открыл новый, третий тип аномальной дисперсии, который связан с явлением оптической суперпозиции<sup>22</sup>. Если в молекуле содержится несколько асимметрических атомов углерода, то величина вращения, вызываемого всей молекулой, складывается алгебраически из «парциальных вращений» отдельных асимметрических атомов углерода. Такое вещество можно условно рассматривать, с точки зрения оптической деятельности, как своеобразную смесь. В такой «смеси» компонентами являются отдельные асимметрические атомы углерода, являющиеся причиной вращения. Предыдущими работами Чугаев, как мы уже знаем, установил, что принцип оптической суперпозиции действительно оправдывается в первом приближении.

Чугаев рассмотрел в теоретическом плане в виде общего примера соединение АВ с двумя асимметрическими атомами углерода; парциальное вращение этих атомов имеет противоположный знак и обозначается через  $+X$  и  $-Y$ . На основе принципа оптической суперпозиции следует считать, что для каждого данного луча света, характеризуемого величиной  $\lambda$ , вращение соединения АВ будет равно алгебраической сумме парциальных вращений, т. е.  $\alpha_\lambda = +X - Y$ .

Если допустить, что парциальные вращения увеличиваются в различной степени с убыванием  $\lambda$ , то коэффициенты дисперсии будут отличаться друг от друга

$$\frac{X_F}{X_C} = K_1; \frac{Y_F}{Y_C} = K_2; K_1 > K_2$$

и химический индивид АВ в оптическом отношении будет аналогичен смеси из двух веществ, обладающей, как открыл Био, аномальной вращательной дисперсией.

Исходя из этого, Чугаев указал, что вполне возможен новый тип аномальной вращательной дисперсии, который обусловлен внутренней суперпозицией противоположных оптических эффектов отдельных асимметрических атомов углерода, входящих в молекулу данного соединения. Для открытого им типа он предложил название *внутримолекулярная дисперсионная аномалия*. Тогда тип аномалии,

открытый Био, можно назвать *внешнемолекулярной дисперсионной аномалией*.

Свою идею внутримолекулярной дисперсионной аномалии Чугаев подверг опытной проверке. Для этого он счел необходимым синтезировать соединение, молекулы которого содержали бы асимметрические атомы углерода с противоположным вращением и различным коэффициентом дисперсии. Таким соединением оказался 1-ментильный эфир d-β-камфорсульфоновой кислоты. У этого эфира выявилось сильное влияние природы растворителя на величины удельного вращения и коэффициента вращательной дисперсии. Как известно, такое влияние очень характерно для случаев аномальной дисперсии. И действительно, эфир имел ясно выраженную аномальную дисперсию, обусловленную наличием в молекуле двух центров активности — ментильного и камфарного радикалов.

Из этих опытов можно было заключить, что при наличии в молекуле активного соединения более одного центра активности кривая вращательной дисперсии будет неизбежно зависеть от суперпозиции парциальных вращений противоположного знака. Этот вывод был окончательно подтвержден, когда Чугаев синтезировал эфир аналогичный предыдущему, но из компонентов с одинаковым знаком вращения, а именно, из l-ментола и l-β-камфорсульфоновой кислоты. Это соединение показало нормальную вращательную дисперсию. Подытоживая наблюдения, Чугаев пишет: «Мной было недавно показано, что аномальная дисперсия может возникать вследствие наложения парциальных вращений, производимых двумя асимметрическими комплексами внутри молекулы одного и того же активного вещества. Для этого необходимо, чтобы эти парциальные вращения были бы противоположного знака и характеризовались бы различными коэффициентами дисперсии»<sup>23</sup>.

Открытие Чугаевым нового типа аномальной вращательной дисперсии имело большое научное значение. Оно показало, что явление оптической активности позволяет глубоко и дифференцированно изучать строение молекулы.

В одной из работ Чугаев рассмотрел интересный вопрос о связи между структурой абсорбционных спектров и химическим строением<sup>24</sup>. С этой целью он снял в ультрафиолете абсорбционные спектры многих производных

ментил-, борнил- и фенхилксантогеновых кислот и сопоставил полученные данные с конституционными факторами. Оказалось, что все производные указанных ксантогеновых кислот характеризуются значительным, в большинстве случаев избирательным, поглощением в ультрафиолетовой части спектра. Общий характер абсорбционных спектров обусловлен в основном природой хромофора — группы атомов, содержащих серу ( $S = C <$  или  $S = C - S -$ ). Терпеновые же радикалы (ментил, борнил, фенхил) на кривые абсорбции существенного влияния не оказывают: положения максимумов и минимумов на абсорбционных кривых у трех метиловых эфиров практически совпадают.

Далее возник естественный вопрос о влиянии на абсорбционный спектр ксантогенатов  $R'OCSSR''$  природы второго радикала  $R''$ . Из литературных данных было известно, что абсорбционный максимум этилового эфира этилксантогеновой кислоты  $C_2H_5-OCS-S-C_2H_5$  почти совпадает с максимумами метиловых эфиров ментил-, борнил- и фенхилксантогеновых кислот. В связи с этим Чугаев считал, что абсорбционный спектр существенно не зависит и от второго радикала  $R''$ , если только этот радикал не способен абсорбировать свет в данной области спектра. Но в том случае, когда радикал  $R''$  обладает такой способностью, кривая абсорбции заметно меняется. К таким радикалам относится трифенилметиловый —  $C(C_6H_5)_3$ , который отличается абсорбцией в ближайшем ультрафиолете. По этой причине у трифенилметиловых эфиров кривая абсорбции сдвинута по сравнению с метиловыми эфирами в направлении видимой части спектра.

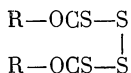
У имидоксантидов (дитиоуретанов) меняется природа хромофора — вместо группы  $S = C - S -$  появляется группа  $S = C -$ . Такое изменение сильно отражается на характере абсорбционного спектра: в спектре имидоксантидов наблюдаются две абсорбционные полосы, причем одна из них находится в видимой области, а другая — в ультрафиолете.

При переходе дитиоуретанов (имидоксантидов) к мотиоуретанам происходит резкое изменение хромофорного комплекса — замена атома серы на атом кислорода

(группа  $S=C<$  превращается в группу  $O=C<$ ). В связи с этим, очевидно, значительно смещаются обе полосы абсорбционного спектра в сторону ультрафиолета.

Особый интерес представляли различные типы диксантогенидов — соединений, содержащих в молекуле две хромофорные группы  $S=C-S-$ . Абсорбционный спектр

диксантогенидов типа



очень существенно отличается от спектров простых ксантогенов состава  $R-OCS-S-R'$  ( $R'$  — алифатический радикал).

В спектре диксантогенидов указанного типа отсутствуют абсорбционные полосы, столь характерные для простых ксантогенов. Видимо, при непосредственном соединении ксантогеновых остатков  $R-OCS-S-$  проявляется столь сильное взаимное влияние, что возникает абсорбционный спектр без полос. Если же остатки  $R-OCS-S-$  отделены друг от друга хотя бы одной метиленовой группой, то снова появляется спектр с одной полосой — почти тождественный со спектром простых ксантогенов. Накопление же в диксантогенидах метиленовых групп не отражается на характере абсорбционного спектра — абсорбционная кривая совершенно такая же, как у диксантогенида с одной метиленовой группой.

Чугаев рассмотрел также вопрос об интенсивности абсорбции у различных ксантогеновых производных, установив, что для тех соединений, в которых группы  $R-OCS-S-$  не связаны непосредственно, интенсивность абсорбции зависит только от количества хромофорных групп, встречающихся при прохождении луча света через растворы окрашенных соединений. Следовательно, у соединений  $(R-OCS-S)_2(CH_2)_n$  интенсивность абсорбции будет в 2 раза больше, чем у простых ксантогенов  $R-OCS-S-CH_3$ .

Располагая обширным экспериментальным материалом, Чугаев имел возможность сопоставить абсорбционные измерения в ультрафиолете с поляриметрическими данными. Было констатировано наличие параллелизма между аномальной вращательной дисперсией и селективной абсорбцией света, которое было установлено Чугае-



вым ранее на основании измерений в видимой области спектра. Однако этот параллелизм проявляется только в общих чертах и не носит характера строгой закономерности. Экспериментальные данные не давали основания утверждать в виде общего правила, что при переходе от одного соединения из ряда диксантогенидов общей формулы  $(R-OCS-S)_2 (CH_2)_n$  к другому, всегда происходит смещение кривых абсорбции и кривых дисперсии в одном и том же направлении. Чугаев отметил, что в этом нет ничего удивительного, так как для соединений с несколькими центрами асимметрии зависимость между абсорбцией и вращательной дисперсией осложняется явлением оптической суперпозиции. На форму дисперсионной кривой оказывает влияние суперпозиция парциальных вращений, обусловленных отдельными активными центрами, причем эти парциальные вращения определяются конституционными факторами.

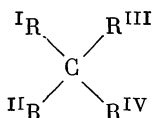
Дальнейшие исследования Чугаева убедительно показали, что вращательная дисперсия связана не только с абсорбционными полосами, но и с положением хромофора в активной молекуле. Он пришел к общему заключению, что чем дальше хромофор расположен от активного центра, тем меньше его влияние на вращательную дисперсию. При достаточно большом расстоянии хромофор играет ничтожную роль. Чугаев отметил, что это заключение совершенно аналогично принципу положения, установленному им для оптического вращения.

В исторической литературе указывается, что «учение Чугаева о взаимодействии хромофоров с асимметрическими группами легло в основу всей последующей теории оптической активности молекул»<sup>25</sup>.

В 1914 г. Чугаев, исходя из своих теоретических воззрений, высказал предположение, что можно ожидать аномальную вращательную дисперсию также у некоторых соединений, содержащих только один асимметрический атом углерода. Уже в следующем (1915) году предположение это оправдалось. Чугаев с сотрудниками установил наличие аномальной вращательной дисперсии у метилового и этилового ксантогеновых эфиров метилэтилкарбинола, которые являются соединениями с одним асимметрическим атомом углерода<sup>26</sup>. Дисперсионные кривые обоих соединений характеризуются ясно выраженным

максимумом в красно-оранжевой части спектра. В свете этих фактов становится очевидной ошибочность утверждения Гольдшмидта об открытии явления аномальной вращательной дисперсии с одним асимметрическим атомом Куном и Леманом в 1931 г.

В обзорной статье, посвященной аномальной вращательной дисперсии, Чугаев затронул вопрос о причинах оптической деятельности с точки зрения электронных представлений. Он писал по этому поводу: «На вращение и дисперсию, производимые активной молекулой



могут оказывать влияние колебания электронов, принадлежащих радикалам  $\text{R}^{\text{I}}$ ,  $\text{R}^{\text{II}}$ ,  $\text{R}^{\text{III}}$  и  $\text{R}^{\text{IV}}$ , так же как и самому асимметрическому атому углерода, поскольку асимметрия поля внутри молекулы должна заставлять эти электроны двигаться по спиральным траекториям. Следовательно, каждый радикал должен влиять посредством своих электронов на величину оптического вращения, производимого молекулой в целом, и на проистекающую отсюда дисперсию»<sup>27</sup>. Идея Чугаева о взаимодействии движущихся электронов в радикале, в своей сущности, соответствует современным воззрениям.

Чугаев рассмотрел явление оптической деятельности среди комплексных соединений, поставив целью проследить, какое влияние оказывает циклическая структура комплексных соединений на их вращательную способность. Он синтезировал циклические комплексные производные оптически активного пропилендиамина, в которых роль комплексообразователя играли платина, палладий или никель.

Опыты показали, что сам пропилендиамин характеризуется сравнительно небольшим левым вращением, тогда как все его циклические комплексные производные обладают значительным правым вращением. Природа неактивных частиц во внутренней сфере комплексного соединения почти не влияет на величину его молекулярного вращения. Для комплексных соединений данного металла (платины) она зависит только от числа молекул

оптически деятельного пропилендиаминa во внутренней сфере комплекса.

На величину молекулярного вращения циклических комплексных соединений большое влияние оказывает природа центрального металлического атома. У комплексного соединения палладия величина  $[M]_D$  значительно больше, чем у соединения платины аналогичного состава, тогда как соединение никеля характеризуется наименьшим значением этой величины.

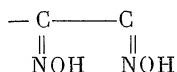
Академик А. А. Гринберг, касаясь этого исследования Чугаева, писал: «Работа ...весьма важна в том отношении, что она непосредственно показывает то влияние, которое оказывает образование циклически построенных комплексов на величину и знак вращения оптически активного тела и дает тем самым экспериментальный базис для объяснения влияния солей тяжелых металлов на вращательную способность различных органических соединений, выдвигавшегося в свое время еще Вант-Гоффом, Вальденом, Лебелем и др.»<sup>28</sup>

Впоследствии Чугаев синтезировал еще неизвестный оптический изомер пропилендиаминa — правовращающий. Полученное из него комплексное соединение циклического характера вращало плоскость поляризованного луча света, как и можно было предвидеть, в противоположном направлении по сравнению с исходным диаминoм, т. е. влево. Наконец, последним наблюдением из этой серии исследований было установлено, что внешняя сфера комплексного соединения не оказывает заметного влияния на его вращательную способность.

Исследования Чугаева в области оптической деятельности химических соединений занимают выдающееся место в истории органической химии и молекулярной оптики. Выразительная характеристика его работ дана в следующих словах: «Л. А. Чугаев подошел к исследованию оптической активности не только как химик-синтетик, сознательный и целеустремленный последователь теории химического строения А. М. Бутлерова, но и как физик-оптик, глубоко понимающий сущность физических явлений и находящий внутренние связи между различными явлениями. Л. А. Чугаев один из первых установил глубокую связь между электронным спектром поглощения и оптической активностью»<sup>29</sup>.

Чугаев занимался изучением и других оптических свойств химических соединений, в частности определением молекулярной рефракции двузамещенных глиоксимов. Оказалось, что все эти соединения характеризуются экзальтацией молекулярной рефракции<sup>30</sup>. Для диоксимов жирного ряда величина экзальтации является почти константой и значительно меньшей, чем для диоксимов ароматического ряда.

Аномалия молекулярной рефракции связана, очевидно, с определенным положением групп NOH в системе



которая напоминает сопряженное сочетание связей,

например  $\begin{array}{c} \diagup \quad | \quad | \quad \diagdown \\ \text{C} = \text{C} - \text{C} = \text{C} \end{array}$  Подобного рода сочетания

связей обуславливают экзальтацию молекулярной рефракции органических соединений. Этот вывод находится в полном согласии с тем фактом, что диоксимы жирного ряда, содержащие группы NOH, в ином положении не обнаруживают сколько-нибудь заметной аномалии молекулярной рефракции.

Чугаеву принадлежит спектрографическое исследование окрашенных глиоксиматов двухвалентных никеля, палладия и платины, а также трехвалентного кобальта. Он выяснил зависимость между спектрами абсорбции этих соединений и их составом и строением. Глиоксиматы всех исследованных металлов обнаруживали сильное селективное поглощение света, начинавшееся в видимой части спектра и простиравшееся далеко в ультрафиолетовую область. В большинстве случаев наблюдалась характерная полоса поглощения, максимум которой находился в ультрафиолетовой части спектра. Сами по себе α-диоксимы показывали в ультрафиолете очень слабое непрерывное поглощение. Следовательно, сильную абсорбцию глиоксиматов нельзя связывать только с органической частью молекулы. Она обуславливается, очевидно, комплексом в целом.

Влияние природы центрального металлического атома на спектры абсорбции выявилось из сопоставления абсорб-

ционных кривых аналогичных комплексных соединений никеля, палладия и платины с метилизобутилглиоксимом. Кривая поглощения для комплекса платины сдвинута по сравнению с кривой для комплекса никеля в сторону красной части спектра. Кривая же для комплекса палладия занимает промежуточное положение, располагаясь между кривыми для Ni и Pt, «что кажется совершенно понятным, если приять во внимание положение палладия в периодической системе в вертикальном ряду между никелем и платиной» <sup>31</sup>.

Далее, было найдено, что молекулярный вес комплексных соединений почти не влияет на вид спектра поглощения. Например, кривые абсорбции никелевых соединений метилэтил-, метилпропил- и метилизобутилглиоксима очень мало отличались друг от друга.

Влияние изомерии на абсорбционную способность глиоксиматов незначительно — изомерные глиоксиматы никеля характеризуются почти тождественными кривыми абсорбции. Что касается глиоксиматов трехвалентного кобальта, то, как правило, они имеют ясно выраженную полосу поглощения, причем максимум поглощения сдвинут в сторону ультрафиолетовой части спектра.

На примере комплексных соединений кобальта можно было убедиться, что природа электроотрицательных групп, находящихся во внешней сфере, почти не отражается на спектре поглощения. При переходе электроотрицательных групп из внешней сферы во внутреннюю образуются комплексные неэлектролиты, абсорбционные спектры которых имеют различный вид. Следовательно, характер связи электроотрицательных групп может оказывать существенное влияние на абсорбционную способность глиоксиматов кобальта.

Исследования Л. А. Чугаева, посвященные оптическим свойствам химических соединений, получили всеобщее признание. Они и в настоящее время представляют большой научный интерес.

## Глава шестая

---

### Работы по аналитической химии

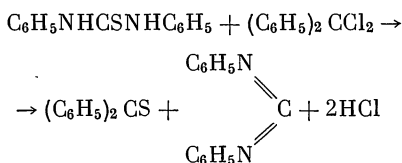
Интерес к исследованиям аналитического характера проявился у Л. А. Чугаева довольно рано. Уже в начале научной деятельности (1900) он опубликовал первую аналитическую работу, посвященную качественным реакциям на холестерин<sup>1</sup>.

В процессе изучения химической природы холестерина было обнаружено, что в его присутствии бесцветный расплав трихлоруксусной кислоты окрашивается при нагревании в красный цвет. В зависимости от концентрации холестерина окраска имеет различные оттенки — от темно-малинового до светло-розового. Окрашенный продукт отличается нестойкостью — он легко разрушается под действием воды или спирта. Чугаев установил далее, что хлорангидриды некоторых органических кислот жирного и ароматического рядов в присутствии хлористого цинка окрашиваются холестерином в различные цвета.

Особенный интерес представила качественная реакция на холестерин с помощью хлористого ацетила  $\text{CH}_3\text{COCl}$ . Чугаев описал точную методику этой очень чувствительной реакции и рекомендовал ее для практического использования. Холестерин растворяется в безводной уксусной кислоте, и к раствору прибавляется большой избыток хлористого ацетила и кристаллик хлористого цинка. При кипячении появляется красное окрашивание с зеленовато-желтой флуоресценцией. Даже при содержании 1 части холестерина в 80 000 частях растворителя наблюдается слабо-розовая окраска. «По своей чувствительности,—

отмечает Чугаев, — наша реакция не только не уступает реакции Либермана\*, но даже ее превосходит»<sup>2</sup>.

Спустя два года Чугаев вернулся к аналитической тематике. Он сообщил о новой цветной реакции на тиомочевину и тиамиды<sup>3</sup>. При взаимодействии тиомочевинны  $\text{NH}_2\text{CSNH}_2$  и тиацетамида  $\text{CH}_3\text{CSNH}_2$  с бензофенонхлоридом  $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{CCl}_2$  наблюдается интенсивное синее окрашивание. Реакция протекает при осторожном нагревании. Аналогичную цветную реакцию дают и другие соединения, содержащие группы  $\text{NH}$  или  $\text{NH}_2$  по соседству с тиокарбониллом. Например, тиокарбанилид взаимодействует с бензофенонхлоридом по уравнению



Ксантогенамиды терпенового ряда, например ментилксантогенамид  $\text{C}_{10}\text{H}_{19}\text{OCSNH}_2$ , также могут быть обнаружены с помощью реакции, открытой Чугаевым.

Следующая аналитическая работа Чугаева связана с его исследованиями терпеновых соединений<sup>4</sup>. Терпеновый алкоголь борнеол известен в виде двух изомеров, идентификация которых довольно затруднительна. Чугаев установил, что при умеренном нагревании борнеола с концентрированной азотной кислотой обильно выделяются окислы азота, окрашивающие жидкость в оранжевый цвет. Изоборнеол даже при более сильном нагревании не выделяет из азотной кислоты окислов азота; он расплывается в слегка окрашенную жидкость. По мнению Чугаева, при взаимодействии изоборнеола с азотной кислотой образуется соответствующий эфир, тогда как борнеол, по-видимому, подвергается окислительному распаду. Различное отношение борнеола и изоборнеола к окислителю (азотной кислоте) побудило Чугаева высказать предположение о структурной неидентичности изомеров. В настоящее время изоборнеол рассматривается как стереоизомер

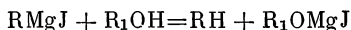
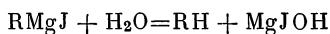
---

\* При добавлении к раствору холестерина в хлороформе уксусного ангидрида и нескольких капель  $\text{H}_2\text{SO}_4$  появляется синее-зеленое окрашивание (реакция Либермана).

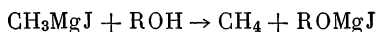
борнеола. Однако некоторые авторы считают, что борнеол и изоборнеол структурные изомеры<sup>5</sup>, причем борнеол является вторичным алкоголем, а изоборнеол — третичным.

В 1902 г. Чугаев опубликовал небольшое исследование «Применение органометаллических соединений магния для аналитических целей»<sup>6</sup>, которое положило начало разработке метода определения так называемого активного водорода в органических соединениях.

За год до этого французские ученые Тиссье и Гриньяр<sup>7</sup> установили, что магниорганические соединения типа  $\text{RMgJ}$  способны разлагать воду и некоторые другие соединения, содержащие гидроксильную группу (кислоты, спирты, фенолы), с образованием углеводорода  $\text{RH}$

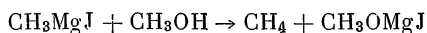


Чугаев показал, что эта реакция является общей для всех органических гидроксильных соединений, и предложил применять магниййодметил в качестве реактива на гидроксильную группу. Для качественного анализа исследуемое вещество тщательно высушивалось и обрабатывалось избытком эфирного раствора магниййодметила. Если в соединении имеются гидроксильные группы, происходит выделение метана<sup>8</sup>



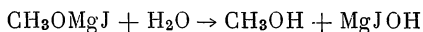
Уже первые опыты показали, что амиды и тиамиды также содержат активный водород, способный реагировать с магниййодметилом с образованием метана.

Чугаев предложил использовать магниййодметил также для отделения веществ, содержащих гидроксильные группы (в частности, спиртов), от соединений индифферентных к магниорганическим соединениям — углеводородов, эфиров и др. К смеси, например, метилового спирта и углеводорода прибавляется избыток эфирного раствора  $\text{CH}_3\text{MgJ}$ . В результате происходит выделение метана и превращение спирта в нелетучее соединение





Углеродород остается без изменения, его можно было отогнать под вакуумом после предварительного удаления легко летучего растворителя — эфира. Из  $\text{CH}_3\text{OMgJ}$  под действием воды можно регенерировать метиловый спирт



«Указанный прием, — пишет Чугаев, — окажет ценные услуги в химии терпенов»<sup>8</sup>.

В этой работе Чугаев подчеркивает, что им начато специальное исследование с целью выяснить возможность преобразования качественной реакции на группу  $\text{OH}$  в количественный метод определения числа гидроксильных групп в молекуле органического соединения. Вскоре после появления этого сообщения в печати Чугаев получил письмо от английского ученого Сюдборо, где тот сообщал, что ему удалось с помощью магниййодметила определить число гидроксильных групп в некоторых фенолах<sup>9</sup>. Об этом в английском журнале была опубликована небольшая статья Гибберта и Сюдборо<sup>10</sup>. Однако авторы не дали точно разработанного способа определения гидроксидов, и некоторые результаты их работы нельзя было признать удовлетворительными. В связи с этим Чугаев предложил своему сотруднику, преподавателю кафедры химии Московского технического училища Ф. В. Церевитинову, заняться всесторонним изучением вопроса о применении магнийорганического метода для определения числа гидроксильных групп в органических соединениях различных классов. Церевитинов занимался этими исследованиями несколько лет и в 1917 г. опубликовал монографию «О применении магнийорганических соединений в анализе». Автор отмечает, что на протяжении всей работы он неизменно консультировался с Чугаевым, проявлявшим большой интерес к его исследованиям<sup>11</sup>.

Церевитинов разработал точный количественный метод определения активного водорода в различных органических соединениях. Сущность метода состоит в том, что к определенному количеству исследуемого вещества, растворенного в индифферентном растворителе, прибавляется избыток раствора магниййодметила в изоамиловом эфире. По объему выделившегося метана определяется количество анализируемых групп —  $\text{OH}$ ,  $\text{SH}$ ,  $\text{NH}_2$  и др., содер-

жавшихся в молекуле органического соединения. Реактивом для количественного определения активного водорода служил не только магниййодметил, но и другие магнийорганические соединения, способные реагировать с активным водородом с образованием газообразных углеводородов. К таким соединениям относятся, например, магниййодэтил  $C_2H_5MgI$  и магниййодпропил  $C_3H_7MgI$ . Подходящим растворителем часто является изоамиловый эфир, но и в нем растворяется ограниченное число веществ. Поэтому Чугаев предложил использовать пиридин, который хорошо растворяет многие органические соединения, в том числе и содержащие несколько гидроксильных групп. Выбор пиридина оказался весьма удачным. Он позволил применять метод для анализа самых разнообразных органических соединений: меркаптанов, первичных и вторичных аминов, имидов кислот и др. Определение активного водорода магнийорганическим методом проводилось, как правило, при обыкновенной температуре и в отсутствии реагентов сильноокислого характера; это исключало возможность каких-либо вторичных процессов. Особенно много опытов было поставлено с гидроксильными соединениями различных классов — фенолами, жирными спиртами, углеводами, оксимами, кислотами, алкалоидами. Все эти вещества количественно реагировали с магниййодметилом, выделяя на каждую гидроксильную группу одну молекулу метана.

Магнийорганический метод оказался пригодным и для анализа многих натуральных красителей растительного происхождения (хризин, физетин, морин и др.). Эти соединения являются полигидроксильными производными флавона (фенилбензопирона), и не все гидроксилы, входящие в их состав, идентичны по своим свойствам: группы OH, находящиеся в орто-положении к карбонильной группе, отличаются некоторыми химическими особенностями. Вследствие этого определение числа гидроксильных групп в таких соединениях было связано с большими трудностями. Опыты показали, что все без исключения группы OH указанных растительных пигментов количественно реагируют с магниййодметилом. Это явилось еще одной крупной победой магнийорганического метода.

Метод количественного определения активного водорода быстро получил общее признание и под названием

метода Церевитинова — Чугаева<sup>12</sup> нашел широкое применение в аналитической практике\*.

Л. А. Чугаев и В. Г. Хлопин разработали оригинальный способ определения растворимости веществ при различных температурах<sup>14</sup>. Авторы справедливо указывали, что определение растворимости имеет особенно важное значение для характеристики твердых (кристаллических) соединений.

Растворимость находится в резко выраженной зависимости от молекулярной структуры вещества и его стереохимической конфигурации. В связи с этим величина растворимости может служить иногда для идентификации веществ, весьма сходных по своим свойствам. Наконец, на растворимость соединения сильное влияние оказывает степень его чистоты. Если препараты данного вещества, полученные разными способами, характеризуются одной и той же величиной растворимости, то это является признаком их однородности. Однако в лабораторной практике растворимость соединений определялась довольно редко вследствие несовершенства экспериментальной методики.

Чугаев и Хлопин сконструировали прибор для быстрого и надежного определения растворимости веществ в различных растворителях и при различных температурах. «Предлагаемый... прибор, — указывают авторы, — основывается на следующем принципе: все определения растворимости производятся при *точке кипения насыщенного раствора, которая варьируется путем изменения давления*. Благодаря тому, что определения производятся при температуре кипения раствора, достигается, с одной стороны, очень энергичное перемешивание, а с другой, делается излишним существование термостата, так как во все время кипения при  $p = \text{const}$  температура остается постоянной»<sup>15</sup>. Давление изменяли с помощью водоструйного насоса; его постоянство при очень точных определениях поддерживалось ртутным регулятором давления, а при менее точных — двумя соединяющимися сосудами

---

\* А. П. Терентьев усовершенствовал методику эксперимента, применив удобный прием определения объема метана путем его вытеснения углекислым газом<sup>13</sup>. Модифицированный вариант метода Церевитинова — Чугаева в настоящее время является общепринятым.

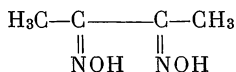
большого объема. Метод определения растворимости получил распространение в аналитической практике; он описан в известном руководстве Г. Мейера «Анализ и определение строения органических веществ»<sup>16</sup>.

## Применение органических реактивов в химическом анализе

С именем Чугаева связано развитие плодотворного направления в аналитической химии — применение органических соединений в качестве химических реагентов. Это направление открыло новые перспективы перед теорией и практикой аналитической химии. «До сравнительно недавнего времени, — писал Чугаев, — число случаев... применения органических веществ для целей анализа... оставалось крайне ограниченным. Между тем, не подлежит сомнению, что именно среди органических соединений, при их огромном числе и разнообразии свойств, следует искать наиболее чувствительных реагентов, способных обострить и довести до максимума даже самые тонкие и незначительные различия между родственными элементами и их соединениями... То же самое следует сказать о комплексных соединениях... Замечательно, что среди давно вошедших во всеобщее употребление аналитических реакций большинство самых чувствительных связано с применением комплексных соединений в качестве реагентов или с образованием таковых при реакции... Многие характерные реакции, основанные на употреблении органических соединений, в свою очередь связаны с образованием комплексов»<sup>17</sup>.

Чугаев открыл несколько качественных реакций, которые стали классическими, найдя применение в лабораториях всего мира.

**Реакция на никель.** В 1905 г. Чугаев впервые применил диметилглиоксим в качестве реактива на катион  $\text{Ni}^{2+}$ . В небольшой заметке «О металлических соединениях  $\alpha$ -диоксимонов» он писал: «Образование соединения никеля с диоксимом диметила (так тогда назывался диметилглиоксим. — Авт.)

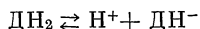




*Л. А. Чураев в химической лаборатории Технического училища (публикуется впервые)*

является весьма характерной и чувствительной реакцией на никель»<sup>18</sup>.

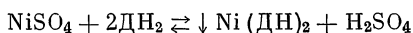
Диметилглиоксим представляет собой слабую кислоту ( $\text{ДН}_2$ ), диссоциирующую по схеме



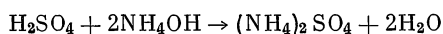
Константа диссоциации кислоты очень невелика

$$K_{\text{ДН}_2} = \frac{[\text{H}^+][\text{ДН}^-]}{[\text{ДН}_2]} = 8 \cdot 10^{-12}$$

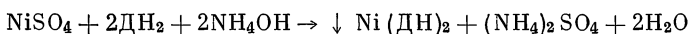
Взаимодействие соли никеля с диметилглиоксимом является обратимой реакцией



Для нейтрализации образующейся кислоты, т. е. для сдвига равновесия вправо, к анализируемому раствору прибавляется небольшой избыток  $\text{NH}_4\text{OH}$  ( $\text{pH} \approx 8$ )



В этих условиях достигается практически полное осаждение ионов  $\text{Ni}^{2+}$



Выпадение ярко-красного осадка указывает на присутствие в испытуемом растворе ионов никеля. Осадок образующегося диметилглиоксимата никеля  $\text{Ni}(\text{ДН})_2$  состоит из характерных микроскопических иголок, иногда дающих звездчатые скопления. Растворы диметилглиоксимата никеля в органических растворителях (спирт, эфир и др.) имеют оранжевую окраску, весьма заметно отличающуюся от окраски кристаллов. Из горячих насыщенных хлороформных и пиридиновых растворов при медленном охлаждении выделяются длинные тонкие иглы с металлическим отливом. При нагревании в вакууме диметилглиоксимат никеля возгоняется без разложения; на холодных стенках сосуда появляется красный кристаллический налет неизменного вещества.

Диметилглиоксимат никеля принадлежит к типу так называемых внутрикомплексных солей. Эти соли имеют циклическое строение и относятся к категории клешне-

видных соединений. Такое название объясняется тем, что в их молекулах органические адденды (лиганды) захватывают металлический ион как бы клещами.

Внутрикомплексные соли по физическим и химическим свойствам резко отличаются от соответствующих обычных солей: а) они почти не растворимы в воде, но в большинстве случаев довольно хорошо растворяются в неполярных органических растворителях (хлороформ и др.); б) отличаются яркой окраской, не совпадающей с окраской обычных солей того же металла; в) практически не являются электролитами. Благодаря этим особенностям внутрикомплексные соли представляют большой интерес для аналитической химии.

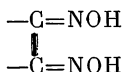
Открытая Чугаевым реакция на никель по своей чувствительности не имела себе равных. В современной литературе указывается, что она «превосходна и почти специфична». Однако соли некоторых других металлов, в том числе двухвалентного кобальта, также способны реагировать с диметилглиоксимом с образованием окрашенных веществ. Закисные соли кобальта, взаимодействуя с реактивом Чугаева (диметилглиоксим), образуют соединения интенсивного темно-бурого цвета. Вследствие этого открытие ионов никеля в присутствии значительного количества солей кобальта становится затруднительным. Чугаев разработал метод открытия ионов  $Ni^{2+}$  при большом избытке ионов  $Co^{2+}$ . Соль кобальта надо перевести в такое комплексное соединение, которое обладает слабой буровато-желтой окраской. Этот метод позволяет обнаруживать 0,1 мг никеля в присутствии 5000 раз большего количества кобальта<sup>19</sup>. В современной аналитической практике применяется способ маскировки ионов  $Co^{2+}$  с помощью цианистого калия.

Чугаев применил диметилглиоксим и для количественного (весового) определения никеля<sup>20</sup>. К анализируемому раствору, нагретому до кипения, прибавляется избыток  $NH_4OH$ , а затем избыток спиртового раствора диметилглиоксима. Жидкость энергично перемешивается, а затем 2 часа отстаивается при комнатной температуре. Выпавший осадок диметилглиоксимата никеля переносится на взвешенный фильтр, промывается и высушивается.

Чугаев показал, что, помимо диметилглиоксима, с ионами  $Ni^{2+}$  способны взаимодействовать и другие 1, 2-ди-

оксими с образованием характерных окрашенных осадков. К таким диоксимам относятся: метилэтилглиоксим, метилпропилглиоксим, метилизобутилглиоксим и др. Особый интерес представляет дифенилглиоксим, который в аммиачной среде образует осадок дифенилглиоксимата никеля, состоящий из микроскопических иголок красного цвета. Продуктом взаимодействия дифенилглиоксима с солями никеля является внутрикомплексная соль состава  $Ni(DH)_2$ . Эта реакция еще более чувствительна и специфична, чем реакция с диметилглиоксимом.

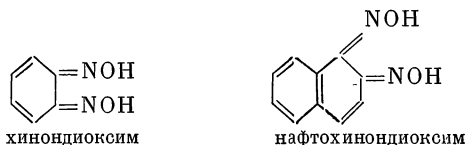
Чугаев высказал мнение, что катионы  $Ni^{2+}$  способны реагировать с различными диоксимами, содержащими одну и ту же группировку



Так возникло представление о характерной атомной группировке, которое играет важную роль в теории применения органических реактивов в анализе минеральных веществ<sup>21</sup>.

Характерная атомная группировка представляет собой определенное сочетание атомов в молекуле органического соединения, обуславливающее способность последнего реагировать с каким-либо одним металлическим ионом или с ионами нескольких металлов. При переходе характерной группировки от одного органического соединения к другому переходит и способность к взаимодействию с определенными металлическими ионами.

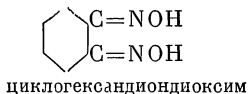
Однако в отдельных случаях на аналитические свойства диоксимов может оказывать влияние строение их молекул. Так, у ненасыщенных циклических соединений



отсутствует способность специфически реагировать с катионами  $Ni^{2+}$  с образованием интенсивно окрашенных труднорастворимых внутрикомплексных солей<sup>22</sup>. Ароматическое кольцо, очевидно, уничтожает специфическое



действие диоксимной группировки. Если же ароматическое кольцо заменяется полиметиленовым

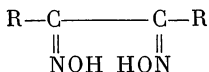


то вновь появляется способность взаимодействовать с солями никеля, причем реакция протекает при тех же условиях, что и с диметилглиоксимом. Образующийся осадок имеет интенсивную окраску и может быть использован в аналитических целях.

В исследованиях Чугаева затронут интересный вопрос о влиянии стереохимической конфигурации диоксима на его способность образовывать внутрикомплексные соли. Дифенилглиоксим известен в виде трех стереохимических изомеров —  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -бензилдиоксим. Чугаев нашел, что из трех стереоизомеров только один способен реагировать с солями никеля, образуя окрашенный осадок внутрикомплексной соли  $\text{Ni}(\text{ДН})_2$ ; два других изомера не дают с ионами  $\text{Ni}^{2+}$  какого-либо характерного комплексного соединения. «Такое бросающееся в глаза различие между изомерными бензилдиоксимами может быть утилизировано для дифференциального распознавания их между собой»<sup>23</sup>.

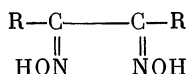
Аналогичные явления обнаружены также при изучении других 1, 2-диоксимов. Из трех изомеров п-толилдиоксима только один взаимодействует с солями никеля, образуя красный осадок комплексного соединения. Два других изомера п-толилдиоксима с ионами  $\text{Ni}^{2+}$  не реагируют<sup>24</sup>.

Какой же из стереохимических изомеров обладает способностью образовывать с ионами  $\text{Ni}^{2+}$  характерные осадки глиоксиматов? Во времена Чугаева считали, что таким свойством наделен стереоизомер, имеющий син-конфигурацию



Син-конфигурацию приписывали тогда вообще всем 1, 2-диоксимам, способным реагировать с солями никеля с образованием внутрикомплексных солей. Однако в даль-

нейшем было установлено, что способность к образованию характерных внутрикомплексных глиоксиматов свойственна только стереоизомеру, обладающему анти-конфигурацией ( $\alpha$ -изомер)

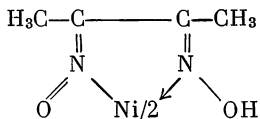


«На первый взгляд кажется,— писал Файгль,— что анти-диоксимы не дают возможности ожидать образования внутрикомплексной соли, вследствие относительной отдаленности друг от друга гидроксильных групп... Однако всякое затруднение исчезает, если принять, что оксимные соли являются производными не обычной оксиминной формы  $=\text{N}-\text{OH}$ , но ее таутомерной аминоксидной формы  $=\text{N} \begin{array}{l} \text{H} \\ \diagup \\ \text{O} \end{array}$  ... Причину различной реакционной

способности стереоизомерных диоксимов нужно искать исключительно в пространственном расположении оксимных групп»<sup>25</sup>.

В науке утвердилось мнение, что способность к образованию внутрикомплексных солей свойственна только анти-модификации. Согласно воззрениям Пфейфера<sup>26</sup>, способность анти-изомеров 1,2-диоксимов образовывать с солями никеля внутрикомплексные соединения обуславливается тем, что только при данной конфигурации металлический ион способен непосредственно связываться с атомами азота обоих оксимных групп, причем с одним из них связь осуществляется при помощи главной, а с другим — побочной (координативной) валентности.

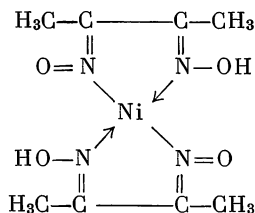
В результате подобных связей образуется стойкий пятичленный цикл



Работы современных исследователей подтвердили положение Чугаева, высказанное еще в 1908 г.: «Образование циклически построенных комплексных соединений

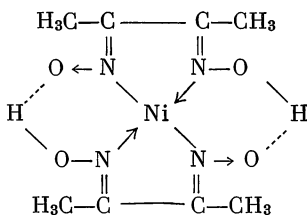
зависит от стереохимической конфигурации компонентов». <sup>27</sup>

В соответствии с изложенными выше взглядами, строение диметилглиоксимата никеля изображалось формулой



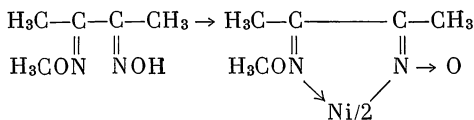
Из этой формулы видно, что металлический катион соединен непосредственно с атомами азота и вследствие этого у глиоксиматов отсутствует стереоизомерия, связанная с расположением групп NOH и NO друг относительно друга. Вместе с тем эта формула не объясняет того факта, что в диметилглиоксимате никеля (и в других глиоксиматах) гидроксильная группа не обнаруживает характерных для нее свойств. Так, она не ацетируется при действии уксусного ангидрида, не реагирует с магнийиодметилом с выделением метана и т. д.

Учитывая особенности гидроксильной группы, содержащейся в диметилглиоксимате никеля, в настоящее время принимают следующее строение этой внутрикомплексной соли:



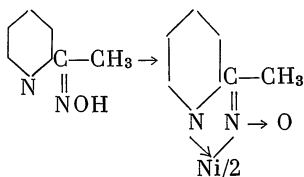
Исследования современных авторов показали, что многие соединения, не содержащие α-диоксимной группировки, способны давать с ионами Ni<sup>2+</sup> труднорастворимые внутрикомплексные соли. Например, монометилвый эфир диметилглиоксима образует буро-красную соль

## НИКЕЛЯ

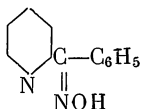


Аналогичными свойствами характеризуется и монометилловый эфир бензилдиоксима.

Другим примером может служить 2-пиридил-метилкетоксим, который взаимодействует с ионами никеля, давая красно-фиолетовый осадок:

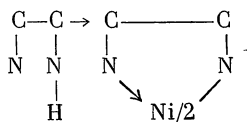


Интересно отметить, что 2-пиридил-фенилкетоксим



обладает настолько большой чувствительностью к солям никеля, что был предложен в качестве реактива на ион  $\text{Ni}^{2+}$ .

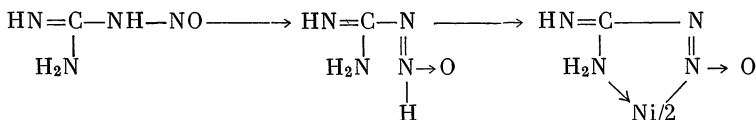
В связи с новыми экспериментальными данными в литературе указывалось, что «реактивами на никель могут быть такие органические соединения, которые имеют в своем составе цепочку из двух атомов углерода и двух атомов азота с подвижным атомом водорода при одном из азотов



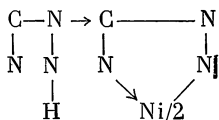
...Ион никеля замещает водород, а свою побочную валентность направляет ко второму азоту. Получается прочный пятичленный внутрикомплексный цикл. Именно это и

является общим для всех упомянутых выше реактивов на никель и объединяет на первый взгляд разнохарактерные реактивы в одну группу»<sup>28</sup>.

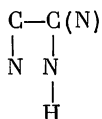
В группировке с подвижным атомом водорода один атом углерода может быть заменен атомом азота без изменения специфического действия реактива. Например, нитрозогуанидин в таутомерной форме способен образовывать с ионами никеля внутрикомплексную соль красного цвета



В пятичленном цикле, образованном никелем и нитрозогуанидином, один атом углерода заменен атомом азота



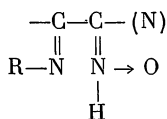
В литературе высказывался взгляд, что для открытия иона  $\text{Ni}^{2+}$  имеет значение только костяк молекулы



так как соединения, содержащие этот костяк, способны образовывать с ионом никеля прочный пятичленный цикл внутрикомплексной соли.

Однако в указанном костяке молекулы не отражается ряд факторов, в частности стереохимическая конфигурация, которая, как отмечалось выше, играет у диоксимов решающую роль в способности их взаимодействовать с ионами никеля и давать при этом внутрикомплексные соли. Влияние стереохимических особенностей на реакционную способность молекулы характерно не только для диоксимов, но и для ряда других органических соединений. Если принять во внимание, что с ионами никеля

реагирует с образованием внутрикомплексных солей только анти-конфигурация оксимов, то функционально-аналитическая группа<sup>29</sup> на ион  $\text{Ni}^{2+}$  будет иметь вид



Эта группа определяет механизм аналитического процесса — образование пятичленного цикла внутрикомплексной соли при взаимодействии соединений, содержащих оксимную группу, с солями никеля.

Работы различных ученых, посвященные изучению реакции между солями никеля и оксимами, имели своей отправной точкой исследования Л. А. Чугаева, который впервые ввел в практику химического анализа диметилглиоксим в качестве реактива на ион  $\text{Ni}^{2+}$ .

Этот реактив широко применяется в лабораторной практике под названием реактива Чугаева, а реакция его с солями никеля называется и у нас и за рубежом реакцией Чугаева.

**Реакция на железо.** В докторской диссертации «Исследования в области комплексных соединений» (1906) Чугаев рассмотрел взаимодействие 1,2-диоксимов с солями закисного железа. Было найдено, что диметилглиоксим, метилэтилглиоксим, метилизобутилглиоксим и некоторые другие диоксимы реагируют с ионами  $\text{Fe}^{2+}$  с образованием растворимых внутрикомплексных солей, окрашенных в интенсивный красный или красно-фиолетовый цвет. Реакция протекала с участием органических аминов (например, пиридина) или аммиака.

Изучая отношение к солям двухвалентного железа стереоизомерных модификаций 1,2-диоксимов, Чугаев наблюдал те же явления, которые имели место при взаимодействии диоксимов с солями никеля. Из трех изомеров бензилдиоксима с ионом  $\text{Fe}^{2+}$  реагировал только стереоизомер, имеющий анти-конфигурацию. Точно так же из двух изомеров куминилдиоксима с солями двухвалентного железа взаимодействовал лишь антиизомер. В 1914 г. Чугаев вернулся к вопросу о реакции между диоксимами и солями железа (II). В работе «Об одной чувствительной реакции на железо и о методе его колориметрическо-

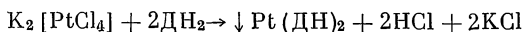
го определения» он писал: «Хотя в настоящее время известно много характерных реакций на железо, мы считаем не лишним сообщить о новой реакции на двухвалентное железо. Эта реакция по чувствительности превосходит все ранее известные реакции и оказалась пригодной для колориметрического определения железа»<sup>30</sup>. Чувствительность новой реакции  $1:5 \cdot 10^5$ .

В настоящее время диметилглиоксим часто используется в анализе для открытия ионов  $\text{Fe}^{2+}$ .

Чугаев не ограничился применением диметилглиоксима только для качественного открытия ионов железа. Он предложил использовать яркую окраску внутрикомплексной соли для количественного определения железа колориметрическим методом (точность до 0,5%). В присутствии 100-кратного количества магния ошибка может достигать 1%. При наличии в растворе больших количеств цинка и алюминия результаты получаются неудовлетворительными. Чугаев особо подчеркивал, что точность колориметрического определения ионов железа зависит от строгого соблюдения указанных им условий.

**Реакция на платину.** Чугаеву принадлежат классические исследования комплексных соединений платиновых металлов. В ходе этих работ он открыл качественные реакции на платину, палладий, осмий и иридий.

При взаимодействии соединений двухвалентной платины с 1, 2-диоксимами образуются внутрикомплексные соли — платоглиоксиматы, которые по многим физическим и химическим свойствам обладают сходством с соответствующими производными никеля. Представителем соединений двухвалентной платины является хлороплатинит калия  $\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$ . Он реагирует с 1, 2-диоксимами по уравнению



Платоглиоксиматы в воде почти не растворимы, но растворяются во многих органических растворителях; растворы окрашены в желтовато-бурый или бурый цвет (в зависимости от концентрации платоглиоксимата).

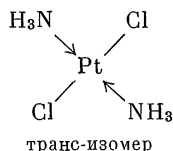
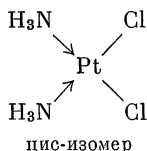
Чугаев изучил взаимодействие с хлороплатинитом калия различных диоксимов: диметилглиоксима, метилэтилглиоксима, метилпропилглиоксима и метилизобутилглиоксима. Во всех случаях образовывались кристалли-

ческие окрашенные осадки платоглиоксиматов. Эти внутрикомплексные соли отличались большой стойкостью — при нагревании в вакууме они возгонялись без разложения. Было исследовано также взаимодействие соли двухвалентной платины с стереомодификациями дифенилглиоксима. Чугаев установил, что и в данном случае имеет место аналогия с никелем и железом: только один изомер —  $\alpha$ -бензилдиоксим (анти-конфигурация) — способен реагировать с платиновой солью, давая при этом соответствующий глиоксимат в виде микроскопических иголочек буро-красного цвета. Два других изомера ( $\beta$ -и  $\gamma$ -бензилдиоксимы) платоглиоксиматов не образуют.

Для качественного анализа Чугаев рекомендовал применять диметилглиоксим<sup>31</sup>. При нагревании водного раствора хлороплатинита  $\text{Me}_2[\text{PtCl}_4]$  с диметилглиоксимом образуется кристаллический осадок платодиметилглиоксимата, окрашенный в сине-зеленый цвет. Если концентрация хлороплатинита незначительна, то осадок выпадает только при охлаждении раствора.

Если в растворе содержится комплексная соль четырехвалентной платины  $\text{Me}_2[\text{PtCl}_6]$ , ее необходимо восстановить. Это легко осуществить путем нагревания подкисленного соляной кислотой анализируемого раствора с избытком диметилглиоксима. Описанная реакция позволяет открывать платину при предельном разбавлении  $1:2 \cdot 10^5$ .

Небольшая аналитическая работа Чугаева была посвящена распознаванию цис-и транс-изомеров комплексной платиновой соли  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$



Цис-изомер (соль Пейроне) под воздействием концентрированной серной кислоты приобретает темно-зеленую (почти черную) окраску. У транс-изомера (соль II основания Рейзе)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  окраски не вызывает. Таким простым способом можно легко обнаружить наличие в транс-изомере примеси цис-изомера, даже тогда, когда содержание ее составляет всего около 2%<sup>32</sup>.



**Реакция на палладий.** Чугаев изучил взаимодействие ряда 1,2-диоксимов с комплексной солью двухвалентного палладия — хлоропалладитом аммония  $(\text{NH}_4)_2[\text{PdCl}_4]$ . Исследования показали, что и в данном случае из стереоизомерных модификаций 1,2-диоксимов с солью палладия реагирует только  $\alpha$ -изомер (анти-конфигурация) с образованием окрашенного палладоглиоксимата. Два других изомера ( $\beta$  и  $\gamma$ ) этой способности лишены и с солями палладия характерных глиоксиматов не дают. Палладоглиоксиматы по своим свойствам «в особенности близко подходят» к соответствующим производным платины.

Палладоглиоксиматы представляют собой кристаллические вещества; подобно глиоксиматам никеля и платины они почти не растворимы в воде, но растворяются в большинстве обычных органических растворителей.

В современной аналитической практике в качестве реактива на соединения двухвалентного палладия применяется диметилглиоксим. Реакция выполняется микрохимическим методом. К капле исследуемого слабокислого раствора прибавляется кристаллик диметилглиоксима. Спустя несколько минут образуются очень характерные желтые иглы. Реакция достаточно чувствительна. Ионы других платиновых металлов отысканию палладия не мешают. В литературе указывается, что обнаружение соединений двухвалентного палладия с помощью диметилглиоксима является «превосходной реакцией». Немецкие ученые Вундер и Тюрингер применили диметилглиоксим для количественного определения палладия, а также для отделения его от других платиновых металлов<sup>33</sup>.

**Реакции на осмий.** В 1916 г. Чугаев и Черняев опубликовали краткое сообщение «Новая реакция на четырехокись осмия»<sup>34</sup>. При действии на четырехокись осмия ряда третичных оснований — пиридина, пиколина, хинолина, уротропина — были получены соответствующие производные. Эта работа обратила на себя внимание, так как «до этого не было известно ни одного комплексного или иного соединения, которое можно было бы рассматривать как непосредственное производное четырехокиси осмия»<sup>35</sup>. Авторы предложили использовать уротропин для открытия  $\text{OsO}_4$ , так как образующийся при этом продукт почти не растворим в воде и выпадает в осадок в виде кристаллических чешуек, окрашенных в оранжево-желтый

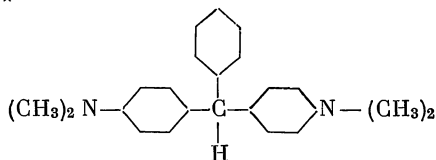
цвет. Состав его выражается формулой  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 \cdot 2\text{OsO}_4$ . Это соединение сравнительно прочно — в отсутствии влаги не ощущается запах четырехокси осмия. Если уротропин является реактивом на  $\text{OsO}_4$ , то с другой стороны четырехокись осмия в виде 1%-го раствора может служить для открытия ничтожных количеств уротропина.

Спустя два года (1918) Чугаев предложил еще одну реакцию на осмий<sup>36</sup>. В данном случае реактивом являлась тиомочевина, которая способна взаимодействовать с соединениями как четырехвалентного осмия (например,  $\text{K}_2[\text{OsCl}_6]$ ), так и восьмивалентного ( $\text{OsO}_4$ ). К анализируемому раствору, подкисленному соляной кислотой, прибавляется избыток тиомочевины. При нагревании появляется окрашивание от розового до темно-красного в зависимости от концентрации соединения осмия.

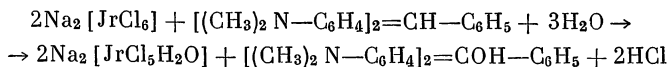
Реакция отличается специфичностью. Все металлы платиновой группы не являются помехой. Предельное разбавление 1:10<sup>5</sup>. Открытая Чугаевым реакция на осмий до сих пор является одной из лучших.

В настоящее время тиомочевина применяется для колориметрического определения ничтожных количеств осмия в растворе.

**Реакция на иридий.** Комплексные соединения четырехвалентного иридия, обладая окислительной способностью, довольно легко восстанавливаются в соединения трехвалентного иридия. На этом свойстве основан метод открытия их, предложенный Чугаевым в 1920 г.<sup>37</sup> В качестве восстановителя он применил уксуснокислый раствор лейкооснования малахитовой зелени — тетраметил-диаминотрифенилметана



Бесцветное лейкооснование окисляется комплексным анионом  $[\text{JrCl}_6]^{2-}$  и при этом образуется краситель — малахитовая зелень. Реакция протекает по уравнению



Чугаев подчеркнул, что «в лейкобазе малахитовой зелени мы имеем превосходный и необыкновенно чувствительный реагент на четырехвалентный иридий, взятый в форме иона  $[\text{IrCl}_6]^{2-}$ »<sup>38</sup>. Чувствительность этой реакции велика. Платина не мешает открытию иридия. Комплексные анионы четырехвалентной платины  $[\text{PtCl}_6]^{2-}$ , подобно анионам  $[\text{IrCl}_6]^{2-}$ , обладают окислительной способностью, восстанавливаясь при этом в комплексные анионы двухвалентной платины  $[\text{PtCl}_4]^{2-}$ . Однако величина окислительного потенциала анионов  $[\text{PtCl}_6]^{2-}$  значительно меньше, чем анионов  $[\text{IrCl}_6]^{2-}$ . Вследствие этого только анионы  $[\text{IrCl}_6]^{2-}$  способны при обыкновенной температуре окислять лейкооснование малахитовой зелени, тогда как анионы  $[\text{PtCl}_6]^{2-}$  этим свойством не обладают.

Такие платиновые металлы, как родий и осмий, также не являются помехой для открытия иридия. Чугаев отметил, что данная реакция может применяться также для колориметрического определения иридия. Для этой цели надо сравнивать интенсивность окраски хлороформового экстракта из анализируемого раствора с интенсивностью окраски соответствующего раствора — эталона.

Интересна и поучительна история открытия реакции на иридий.

Итальянские ученые Малатеста и Ди Нола опубликовали в 1913 г. сообщение об открытии платины с помощью нового реактива — раствора бензидина в уксусной кислоте. По их данным, при прибавлении реактива даже к весьма разбавленным растворам соединений платины выделяется осадок синего цвета. Сообщение итальянских авторов было проверено в лаборатории Чугаева его сотрудником В. Г. Хлопиным. Оказалось, что бензидин не дает на холоду синего осадка с комплексными солями ни двухвалентной платины (хлороплатиниты), ни четырехвалентной (хлороплатинаты). Вместе с тем было найдено, что комплексные соединения четырехвалентного иридия — хлороиридаты  $\text{Me}_2[\text{IrCl}]_6$  — действительно образуют с бензидином яркоокрашенные продукты. Стало очевидным, что итальянские химики были введены в заблуждение вследствие недостаточной чистоты своих объектов исследования: они имели дело с препаратами платины, содержащими в виде примесей соединения иридия.

«Таким образом,— констатировал Чугаев,— реакция на платину превратилась в довольно чувствительную реакцию на иридий»<sup>39</sup>.

Реакция с бензидином признана Чугаевым неподходящей для колориметрического определения иридия, так как образующийся окрашенный продукт представляет, по-видимому, смесь неопределенного состава, и к тому же он не экстрагируется из водной среды органическими растворителями. Это побудило Чугаева искать более подходящее соединение; таким соединением оказалось, как указывалось выше, лейкооснование малахитовой зелени.

В докладной записке Академии наук Чугаев сообщил о важнейших работах по химии платиновых соединений, выполненных в лаборатории Петроградского университета. Среди них он особо подчеркнул «открытие качественной реакции на иридий, позволяющей обнаруживать следы иридия в платине и родии»<sup>40</sup>. Это открытие привело к разработке «колориметрического способа определения небольших количеств иридия в присутствии платины, позволяющего быстро испытывать на чистоту получающийся в технике хлороплатинат».

Исследования Льва Александровича, посвященные применению органических реактивов в анализе минеральных соединений, давно признаны новаторскими. Они открыли блестящую страницу в истории аналитической химии. Можно утверждать, что работы Чугаева знаменовали собой новую эпоху в химическом анализе.

«Не подлежит сомнению,— писал в свое время Чугаев,— что до сих пор лишь малая часть фактического материала, заключающегося в химии углеродистых соединений, нашла себе применение к анализу, а потому можно только приветствовать тенденцию к широкому и возможно всестороннему использованию этого материала, которая все резче и резче обозначается за последние годы. Об этом новом течении в аналитической химии и о его жизнеспособности до некоторой степени может свидетельствовать длинный список органических реагентов, нашедших себе применение к минеральному анализу в течение последних десятилетий»<sup>17</sup>.

В настоящее время наиболее специфические и чувствительные реакции на важнейшие металлические ионы осуществляются с помощью органических реактивов, ко-

торые позволяют определять исчезающе малые количества вещества, недоступные ранее анализу. Органические реактивы упрощают и ускоряют аналитические операции, играют большую роль при разделении аналитических групп и отдельных элементов.

После работ Чугаева особое значение в анализе приобрели внутрикомплексные соединения, образующиеся при взаимодействии органических реактивов с металлическими ионами. Эти соединения часто обладают рядом ценных с аналитической точки зрения свойств — яркой окраской, ничтожной растворимостью в воде, хорошей растворимостью в органических растворителях и т. д. Благодаря этим свойствам они широко используются в анализе — весовом, объемном, колориметрическом.

Запросы аналитической практики дали мощный толчок развитию теоретических исследований. Работы отечественных ученых (И. П. Алимарина, В. И. Кузнецова, И. М. Коренмана, А. К. Бабко и др.) привели к важным обобщениям в области теории применения органических соединений в минеральном анализе. Теперь поиски новых органических реактивов опираются на глубокие теоретические представления, связывающие аналитические свойства органических соединений с их строением.

В своих исследованиях современные ученые исходят из глубоких обобщений Л. А. Чугаева — основоположника нового направления в аналитической химии.

## Глава седьмая

---

### Роль Л. А. Чугаева в развитии отечественной промышленности

#### Платиновая промышленность

Чугаев никогда не проводил резкой грани между «чистой» наукой и производством. В тесном союзе и контакте науки и практики он видел живительные стимулы их взаимного развития. Его организационно-научная работа, связанная с развитием платиновой промышленности, заслуживает самой высокой оценки.

Платина в России была открыта на Урале в первой четверти XIX в. До войны 1914 г. Урал давал около 90% мировой продукции платины. Однако полукOLONиальная зависимость индустрии Российской империи от иностранного капитала в значительной степени коснулась и платиновой промышленности. Начиная с 60-х годов прошлого столетия, платину скупали в сыром виде иностранцы. Владельцы крупных платиновых приисков на Урале (Демидовы, Шуваловы) продавали платину английским фирмам, причем цены фиксировались контрактами на пять лет вперед.

С 80-х годов небольшие количества уральской платины (10—13%) начали аффинировать в Петербурге на Тентелевском химическом заводе и на заводе Кальбе и Линдфорс.

В 1898 г. была организована «Платино-промышленная компания анонимного общества», в которой принимали участие русские промышленники, но главную роль играли французские капиталисты. В 1903 г. образовался «Синдикат потребителей платины» из иностранных фирм, который захватил рынок в свои руки. В 1913 г. 92% капиталов,

вложенных в русское платиновое дело, принадлежало чужеземцам, и платиновая промышленность не была в этом отношении исключением.

Западные капиталисты хищнически эксплуатировали на Урале платиновые месторождения, удовлетворяясь только легко добываемой платиной и забрасывая бедную часть месторождения. Техника добывания платины была низка — процветал ручной труд, механизация, как правило, отсутствовала.

Зависимость русской платиновой промышленности от иностранного капитала и безудержный грабеж богатейших уральских платиновых приисков иноземными капиталистами вызывали протест со стороны многих отечественных деятелей и ученых. В одном из своих докладов (1909 г.) Чугаев говорил: «Несмотря на огромные природные богатства, на изобилие каменного угля, нефти, полезных руд и других полезных ископаемых, наша химическая промышленность едва существует... Не в русских химиках, конечно, лежит причина такого недостаточно внимательного отношения к научной обработке естественных богатств родной страны, она лежит в том общем равнодушии, с которым обычно встречаются результаты подобных исследований, в отсутствии поддержки моральной и материальной со стороны как правительства, так и общества (за весьма немногими исключениями)»<sup>1</sup>.

Это выступление — не вздох уныния человека, потерявшего веру в прогресс. Напротив, это был голос негодования ученого, готового бороться с обветшалыми нормами и бюрократическими порядками царского режима.

В. Н. Ипатьев, близко знавший Чугаева, писал, что «порядки, которые были тогда в России, не могли удовлетворять его, как свободомыслящего человека, как человека труда, большого патриота русской земли и гуманного человека... С друзьями он изливал свою возмущенную душу, когда речь касалась условий «современной жизни»<sup>2</sup>.

Чугаев с болью в сердце наблюдал как полиция устанавливает «порядок» в университетах, как иностранный капитал хищнически эксплуатирует богатые уральские месторождения платины, как патриотические начинания русских ученых, стремившихся поднять экономику и культуру своей страны, наталкивались на косность и волокиту различных департаментов и министерств.

В 1910 г. по инициативе патристически настроенных промышленников и ученых при Горном департаменте было создано совещание под председательством Н. С. Курнакова по вопросу об организации переработки добываемой в России платины. Но вследствие демарша германского посла работа совещания была прекращена, как идущая вразрез с русско-германским торговым договором, по которому Россия не имела права препятствовать вывозу сырых материалов.

По истечении срока русско-германского договора (1913) царское правительство ввело некоторые ограничения на вывоз за границу сырой платины, а после начала мировой войны наложило запрет на вывоз платины частными лицами. В том же 1914 г. Николае-Павдинскому акционерному обществу было разрешено построить аффинажный завод в Екатеринбурге. Строителем завода и его руководителем в начале работы был горный инженер Н. Н. Барабошкин. Однако в 1918 г. работа завода приостановилась из-за разгоревшейся на Урале гражданской войны.

Чугаев живо интересовался платиновой промышленностью. Он принимал активное участие в деятельности Комиссии по изучению естественных производительных сил России (КЕПС), организованной в 1915 г. при Академии наук. В задачи Комиссии входил учет природных богатств страны и изучение возможностей их использования для экономических нужд государства и его обороны. По инициативе академика В. И. Вернадского и других ученых при КЕПС была учреждена специальная комиссия для организации и координации работ по платине. В комиссию вошли академики А. П. Карпинский, В. И. Вернадский, Н. С. Курнаков, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, профессор Л. А. Чугаев и др.

4 апреля 1916 г. Чугаев выступил на общем собрании КЕПС с докладом «О мерах, которые необходимо принять для обеспечения рационального использования отечественной платиновой руды в промышленном и научном отношениях», где говорилось: «Непрерывно увеличивающаяся потребность в платине для различных промышленных и научных целей (для изготовления лабораторной и заводской посуды, электродов и т. д., в зубоврачебном деле, для изготовления контактной массы в фабрикации серной кислоты, для изготовления электрических печей и пирометров,



наконец, в виде различных соединений для целей химического анализа, в фотографии, для изготовления флуоресцирующих экранов в рентгенографии и пр.) и тесно связанная с этим ежегодно возрастающая цена на этот благородный металл и его спутники, как известно, составляющий наше национальное богатство, ибо свыше 95 % всей мировой добычи платины падает на Россию, заставляет обратить особое внимание на условия, которыми обставлено извлечение из руды как самой платины, так и других металлов платиновой группы. До последнего времени лишь малая доля платины выделялась и очищалась на русских заводах, главная же масса руды направлялась для этой цели за границу. То же самое целиком относится к спутникам платины, заводской добычи которых в России не существует. Едва ли нужно говорить о крайней ненормальности такого положения вещей»<sup>3</sup>. Далее Чугаев отметил, как мало внимания обращается на научные исследования по химии платины и ее спутников и внес ценные предложения о совершенствовании платинового дела в России. Прежде всего надо организовать особый платиновый комитет, при котором должна находиться специальная лаборатория, создать аффинажный завод, сделать платину более доступным материалом исследования для русских химических лабораторий.

В начале 1917 г. Чугаев представил КЕПС доклад «О необходимости учреждения Института для изучения платины, золота и других благородных металлов»<sup>4</sup>. Академия наук согласилась с предложениями Чугаева и возбудила соответствующее ходатайство перед Временным правительством.

В середине 1917 г. устав и смета Института были утверждены, но политические события прервали организационную работу. Она была продолжена в апреле 1918 г., и Институт по изучению платины и других благородных металлов начал работать под руководством только Чугаева.

Вскоре была опубликована его большая статья об основных направлениях деятельности нового научного центра. «Платиновый институт,— писал Чугаев,— входя в состав Комиссии по изучению естественных производительных сил России и через нее тесно связанный с Российской академией наук — учреждением по существу научным и хранящим славные традиции Ломоносова, уже по этому

одному должен ставить на первый план именно научную сторону дела... Самая практическая вещь — это хорошее научное исследование. Эта мысль, которая является, если угодно, девизом Комиссии производительных сил, определяет в то же время и направление деятельности Платинового института. Мы исходим из того положения, что каждый научно обоснованный вывод... каждая закономерность, каждый точно установленный факт, касающийся химии платиновых металлов, рано или поздно будет иметь свой практический эквивалент, принесет свою долю пользы в деле технического использования этих металлов. Итак, база нашей деятельности чисто *научная*»<sup>5</sup>. С организацией Платинового института «было выполнено одно из важнейших условий, необходимых для широкого развития платиновой промышленности в России... На первом плане стоит здесь методика аффинажа платины и ее спутников, методика получения этих металлов в химически чистом состоянии... Очевидно необходимо прежде всего подготовить кадры лиц, знакомых с этим в отдельных частях довольно тонким делом... Существующие методы во многих отношениях сложны и недостаточно быстро ведут к цели. Поэтому необходима дальнейшая разработка и усовершенствование их, нахождение новых приемов работы, более удовлетворительных»<sup>6</sup>.

Не менее важной задачей Института Чугаев считал разработку способов выделения платины из эфелей, шлихов и пород, являющихся отходами при промывке платиновых россыпей, а также методов извлечения платины из коренных пород (дунитов). Использование этих относительно бедных платиной отвалов и пород рано или поздно станет неизбежным из-за постепенного истощения россыпей.

Одновременно с этим надо изыскивать новые полезные сплавы, образуемые металлами платиновой группы, «ибо новые свойства этих сплавов обещают новые быть может неожиданные применения... В связи с этой общей задачей встает и частный вопрос о *замене платины менее ценными материалами*, главным образом в зубоврачебном деле, ввиду огромного непроизводительного расхода, безвозвратного рассеяния и гибели поступающего на этот предмет ценного металла».

Чугаев поставил перед Платиновым институтом и ряд других вопросов: например, изучение и усовершенствова-

ние методики покрытия металлических поверхностей тонким слоем платины, иридия или родия, отыскание принципиально новых путей использования платины и ее спутников, коренное улучшение методов химического анализа шлиховой платины и других материалов, содержащих платину совместно с ее спутниками.

Эти практические проблемы Института тесно переплетались с чисто научными. Только в тесном единении практики и теории видел Чугаев залог успеха деятельности нового Института.

В 1922 г. Чугаев обратился в правление треста «Урал-платина» с предложением исследовать возможность усовершенствования всего технологического процесса выделения из руды платины и ее спутников. Осуществить эту работу Чугаеву помешала смерть, но начатое им дело не заглохло. Его преемник на посту директора Платинового института Н. С. Курнаков продолжил переговоры с трестом «Урал-платина» и заключил договор, который действовал вплоть до конца двадцатых годов. Благодаря финансовой поддержке треста Институту удалось успешно разрешить ряд вопросов, интересовавших платиновую промышленность.

Чугаев проявил прозорливость и глубокую научную эрудицию при разработке программы научных исследований в период организации Платинового института. Эта программа выполнялась после смерти ученого его сотрудниками и учениками в тесном содружестве с заводскими лабораториями. За несколько лет были разработаны и внедрены в производство новые методы получения платины, родия, иридия, осмия и рутения, радикально улучшена и видоизменена методика анализа сырой платины, аффинированных металлов и полупродуктов производства. К 1929 г. в промышленности стали вырабатываться, помимо платины, все другие металлы платиновой группы, причем по качеству они значительно превосходили продукцию старейших зарубежных фирм.

В 1922 г. Институт начал работы по изучению сплавов платины, которые впоследствии получили широкий размах: исследовались десятки двойных и тройных систем сплавов, имевших важное промышленное значение. Результаты исследований, связанного с переработкой отходов и извлечением металлов платиновой группы из новых видов сырья, с успехом внедрялись в производство.

Благодаря работам Института по изучению платины, наша молодая платиновая промышленность очень скоро прочно встала на ноги и смогла с успехом конкурировать с иностранными промышленными предприятиями.

## **Организация Института прикладной химии и опытного завода**

Мировая война 1914 г. с исключительной ясностью показала полную неподготовленность царской России к обороне страны. С первых же месяцев войны стал ощущаться недостаток химических продуктов. Это обстоятельство побудило научную общественность организовать в конце 1915 г. Военно-химический комитет, который возник, «как результат естественной потребности русских химиков придти своими знаниями, опытом на помощь Родине в переживаемое ею тяжелое время»<sup>7</sup>. Новая организация была создана при отделении химии Русского физико-химического общества, которое в течение полувека являлось единственным центром, объединявшим русских химиков.

Председателем Комитета был избран Н. С. Курнаков, его заместителем В. Е. Тищенко, делопроизводителем (секретарем) Л. А. Чугаев. В совет Военно-химического комитета вошли виднейшие ученые того времени: В. Н. Ипатьев, А. Е. Фаворский, А. Е. Ферсман и др. Военно-химический комитет ставил своей задачей сплотить усилия русских химиков «для совместной и планомерной работы по вопросам, связанным с нуждами государственной обороны». Направление деятельности Комитета определялось заданиями органов военного и морского ведомств, в частности Комиссии по заготовке удушающих средств и Комиссии взрывчатых веществ; впоследствии эти комиссии были объединены в Химический комитет при Главном артиллерийском управлении.

Война выдвинула перед химией и химической технологией совершенно новые вопросы. В кратчайшие сроки надо было изучить способы производства и применения во фронтовой обстановке удушающих и противогазовых средств, взрывчатых веществ, зажигательных и осветительных составов, маскировочных красок и т. д.

Все эти задания Комитет распределял между отдельными лабораториями. Разработка вопросов, связанных с про-

изготовлением металлов платиновой группы, была поручена лаборатории неорганической химии Петроградского университета, которой руководил Чугаев. Задание было с успехом выполнено: удалось выделить в чистом виде родий, необходимый для изготовления термопар электрических пирометров. Помимо этого, в лаборатории Чугаева были разработаны способы получения многих продуктов, имеющих большое значение в военном деле: хлористый хромил, ацетилцеллюлоза, тетрахлорацетилен, металлический мышьяк, гидразин, азид натрия, уксусный ангидрид. Ближайшими помощниками Чугаева при выполнении заданий Комитета были Б. П. Орелкин, Э. Х. Фрицман, В. Г. Хлопин, Г. В. Пигулевский и др.

В 1916 г. Комитет создал опытный завод для проверки лабораторных методик получения химических продуктов. «Было бы более, чем рискованно,— пишет Чугаев,— результаты, добытые в лаборатории, прямо положить в основу проекта большого завода»<sup>8</sup>. Опытный завод сыграл большую роль в деле организации производства многих веществ оборонного значения. Снабжение армии и флота химической продукцией значительно улучшилось.

Открывая общее собрание Военно-химического комитета в январе 1917 г., Курнаков сказал: «Позвольте... выразить свое удовольствие, что русская химическая дружина, работающая на оборону страны, снова собирается в этих стенах. Последний раз мы собирались здесь весной прошлого года. Много весьма важных событий совершилось с тех пор, но об одном мы можем говорить с полной уверенностью: сила химического сопротивления страны с того времени значительно возросла. Эта уверенность постепенно проникает в наше сознание. Количество совершенной работы уже настолько велико, что в нашей деятельности появляются новые моменты, а именно — желание закрепить сделанное и после войны»<sup>9</sup>.

Сфера деятельности Военно-химического комитета постепенно расширялась. Так, по его инициативе была организована специальная экспедиция на Кавказ для исследования майкопской нефти; экспедиции удалось непосредственно на месте разработать методику извлечения из нефти парафина. В 1915—1916 гг. были созданы отделения Комитета в Москве, Киеве, Харькове, Одессе, Саратове, Воронеже, Казани, Новочеркасске, Перми, Нижнем-

Новгороде и других городах. В результате коллективной работы многих отделений было осуществлено производство ряда химических продуктов — желтой кровяной соли, хлоратов и перхлоратов, хлороугольных эфиров и др. — и разработаны способы получения многочисленных химических реактивов.

Военно-химический комитет уделял много внимания производству химических препаратов и снабжению ими отечественных лабораторий — технических и аналитических. По его инициативе весной 1916 г. в Петрограде было созвано специальное Всероссийское совещание химиков, на котором рассматривался вопрос об изготовлении химических реактивов широкого ассортимента, а также всевозможных химико-фармацевтических препаратов. Был разработан план создания особого Института химически чистых реактивов. Во всей этой работе самое деятельное участие принимал член совета Военно-химического комитета Л. А. Чугаев.

В самом начале 1917 г. многие ученые, в том числе Ферсман и Чугаев, указывали, что потребность фронта в химических продуктах непрерывно возрастает. Однако связь с армией не налажена, и поэтому Военно-химический комитет не в состоянии учесть нужды фронта в полной мере. Чугаев предложил разработать экстренные меры, которые позволили бы научным организациям установить с действующей армией постоянный и тесный контакт.

Чугаев проявил инициативу и в другом важном вопросе: он предложил заняться изучением состояния отечественной химической индустрии с тем, чтобы «отдельные части химической промышленности были координированы». В этом предложении заложена мысль о необходимости научного планирования развития отечественного производства. Чугаеву же принадлежит идея издания сборников, посвященных химической обработке русского сырья.

После Октябрьской революции творческая активность русских химиков проявилась с особенной силой.

В 1918 г. был организован Научно-технический отдел (НТО) Высшего совета народного хозяйства, который принял в свое ведение опытный завод, организованный Военно-химическим комитетом. В конце этого года группа петроградских химиков разработала проект организации Института прикладной химии и 4 января 1919 г. коллегия

НТО, заслушав сообщение начальника НТО Н. П. Горбунова об уставе Института прикладной химии, постановила: «Утвердить общую схему, намеченную профессором Л. А. Чугаевым, и просить его приехать... в Москву. Задания могут ставиться самим институтом и могут даваться ВСНХ, а также и другими советскими учреждениями. Совет института и директор утверждаются Научно-техническим отделом... В ученый совет института ввести представителей от отделения химии Русского физико-химического общества и от Академии наук»<sup>10</sup>. Опытный завод было решено передать институту.

Среди членов-учредителей Российского института прикладной химии мы встречаем имена Н. С. Курнакова, В. Е. Тищенко, Л. А. Чугаева, А. И. Горбова, А. Е. Порай-Кошица, А. Е. Фаворского, П. П. Федотьева, А. Е. Ферсмана, Г. В. Хлопина, А. А. Яковкина и др.<sup>11</sup>

В Институте прикладной химии было сформировано 12 отделов, которые возглавлялись крупнейшими учеными того времени. НТО поставил перед новым институтом следующие задачи:

1. Изучение различных вопросов химии и химической технологии, имеющих промышленное значение.

2. Осуществление в опытно-заводском масштабе химических производств, подготовленных предварительными лабораторными исследованиями.

3. Проведение консультационной работы по различным научно-химическим вопросам, возникающим в области химической промышленности.

4. Распространение сведений по прикладной химии в России<sup>12</sup>.

Лев Александрович Чугаев, являясь ученым секретарем совета института, принимал активное участие в его организации. Вместе с директором Курнаковым он представлял институт при рассмотрении его планов и смет в правительственных учреждениях. Ученые, сгруппировавшиеся вокруг института, работали с исключительным энтузиазмом. Материальная заинтересованность практически отсутствовала — были только патристический долг и бескорыстная любовь к науке. В отчете одного из отделов института за 1924 г. мы читаем: «За девять месяцев... заведующим получено вознаграждение за руководство работами 76.230 рублей ассигнациями, что при пере-

счете ...на стоимость продуктов первой необходимости составляет всего 8—10 копеек в месяц. Сотрудники получали еще меньшее вознаграждение за свои работы. Никаких пайков от Института прикладной химии не полагалось. Без сомнения, научные работы из области прикладной химии производились не ради такого вознаграждения, а исключительно ради интереса к научным занятиям»<sup>13</sup>. О высоком творческом подъеме среди ученых института писал начальник НТО Н. П. Горбунов Владимиру Ильичу Ленину: «Старые профессора и ученые приходят к нам и загораются творческой энергией... Сдвинулась наука!... После вчерашнего совещания о Кара-Бугазе... профессора, специально приехавшие из Питера на это заседание, еще долго оставались у меня и оживленно, восторженно говорили о новой работе, новых планах — а после, увлекшись, пошли домой не по панели, а по середине улицы... Я знаю наших ученых. Ничего подобного я никогда еще не видел... Сейчас еще только в тех местах, где их мир — мир ученых, со всеми своими особенностями, сталкивается с накопленными органами и элементами Советской власти, наполненными кипучей энергией и волей к творчеству, только в этих местах атомы науки приходят в движение и закипают. Лучами это распространится и отзовется во всех научных центрах, лабораториях и прочих святилищах... Вдохновляешься этой работой... Я все время чувствую Ваше внимание, Владимир Ильич, к этой работе»<sup>14</sup>.

Чугаев руководил отделом платиновых металлов и фосфорным подотделом. Несмотря на крайне неблагоприятные условия работы, отдел выполнил ряд ценных исследований. Была разработана методика гальванического покрытия платиной металлических поверхностей, в частности медных и латунных. Особенно пригодным оказался электролит, содержащий хлороплатинат калия в смеси с лимонной кислотой. Был создан новый метод получения хлороплатинита калия, применяемого в фотографии для выраженных ванн<sup>15</sup>. Программа работы отдела на 1922 г. включала, в частности, продолжение опытов по покрытию металлических поверхностей слоем платины путем гальваностегии; изучение состава ванн и других условий электролиза; распространение этих работ на спутников платины — родий и иридий. Намечались опыты по извлечению платины и ее спутников из черных шихов, эфелей и дру-



гих бедных пород. Особое значение придавалось усовершенствованию производственных методов извлечения иридия и родия из осмистого иридия. Планировалась разработка способов получения различных соединений платины, имеющих промышленное значение, в частности циано-платинита бария<sup>16</sup>.

Фосфорный подотдел занимался изучением процесса превращения белого фосфора в красный. Было проведено сравнение различных модификаций красного фосфора с точки зрения пригодности для производства спичек. Изучалась возможность утилизации отходов переработки белого фосфора в красный. В качестве побочного продукта из них был выделен двузамещенный фосфорнокислый натрий. Методика превращения белого фосфора в красный была передана опытному заводу, который осуществил этот процесс в полужаводском масштабе. Уже в 1920 г. на опытном заводе действовала установка производительностью 4 пуда красного фосфора в день. Опытный завод разработал схему технологического процесса получения красного фосфора из белого, и в 1921 г. предложил Главному управлению спичечной промышленности составить проект завода с годовой производительностью в 3—4 тыс. пудов фосфора. В 1922 г. был поднят вопрос о покупке за границей красного фосфора. Совет Института прикладной химии сообщил Госплану, что продукция установки опытного завода с избытком может покрыть всю потребность в фосфоре спичечной промышленности. «Благодаря вмешательству совета Института,— указывалось в отчете НТО,— государство было оправдано от многочисленных убытков»<sup>17</sup>.

Одним из крупнейших достижений Института прикладной химии была научная разработка электрохимического способа получения важнейшего продукта — бертолетовой соли. Над этой проблемой работали три отдела: солевой, электрохимический и платиновый. Были найдены и проверены на опытном заводе наиболее подходящие материалы для электродов и электролитических ванн, а затем спроектирован завод по производству бертолетовой соли производительностью 40 тыс. пудов в год<sup>18</sup>.

Опытный завод Института прикладной химии являлся в те годы почти единственным центром изысканий по вопросам технического электролиза. Именно на нем были

освоены процессы электролиза расплавленных электролитов и водных растворов. Впервые в России электрохимическое получение металлического магния и металлического натрия было осуществлено в полужаводском масштабе. Достижения опытного завода надо признать поразительными, если вспомнить исключительно тяжелые условия тех лет (1920—1922). В отчете завода за 1921 г. указывалось: «Живой силой завод в общем был обеспечен на 75 %... Завод претерпевает огромные трудности из-за несвоевременной выплаты зарплаты рабочим и служащим, так, например, несмотря на конец ноября, не выплачено жалование еще с сентября месяца... Топливом завод снабжен был лишь в 5,5 % своей потребности»<sup>19</sup>.

Опытный завод был любимым детищем Чугаева. Бесшумный руководитель завода инженер Б. К. Климов пишет в своих воспоминаниях: «Приглашенный для организации и постройки Опытного завода, я пришел в конце 1915 г. к Льву Александровичу, дабы вместе обсудить весь план организации. Лев Александрович... начал с жаром, и явно увлекаясь сам, сообщать мне будущее значение создаваемого Опытного завода... Неподеленная искренность Льва Александровича и тот буквально юношеский энтузиазм, которым дышала вся речь его, казалось устраняли все сомнения, и я, не вдаваясь в дальнейшие рассуждения... всецело отдался этому делу... Вот эта-то неподеленная искренность Льва Александровича, ни перед чем не отступающая горячность и напористость, заставлявшие всех соприкасавшихся с ним лиц слепо верить ему и невольно поддаваться его влиянию и также загораться,— были характерными его чертами, заставлявшими с первого знакомства быть его последователями и единомышленниками... Живо интересуясь судьбой и всеми работами Опытного завода, Лев Александрович часто приходил по утрам к нам на Ватный Остров и обходил со мной отделения завода, вникая во все детали производства. Давал советы и высказывал суждения по поводу возникавших технических затруднений и непредвиденных в лабораторном масштабе обстоятельств. Всегда поражал своей проникновенностью в химическую природу возникавших вопросов и широтой взглядов на организацию вновь нарождавшихся производств, не быв никогда сам практиком, в полном смысле этого слова»<sup>20</sup>.

Об энтузиазме работников Института прикладной химии свидетельствует такой характерный факт. В 1922 г. в Петрограде за недостатком средств была ликвидирована пищевая лаборатория. Институт прикладной химии возбудил ходатайство о передаче ему этой лаборатории с тем, чтобы преобразовать ее в отдел химии пищевых веществ. Ходатайство было отклонено «за отсутствием кредитов». Тогда совет института создал специальную комиссию под председательством Чугаева, чтобы найти выход из создавшегося положения<sup>21</sup>. По предложению Льва Александровича, лабораторию решили присоединить к Институту без ассигнования дополнительных средств. А это означало, что работать в этой лаборатории сотрудники должны были бесплатно. Совет Института согласился с этим решением, и в июле 1922 г. Коллегия научно-технического отдела ВСНХ утвердила на таких условиях передачу лаборатории Российскому институту прикладной химии.

С именем Чугаева связано еще одно крупное мероприятие Института прикладной химии — организация отечественного производства химико-фармацевтических препаратов. В результате войны 1914 г. в России ощущался острый недостаток лекарств, которые ввозились из-за границы, особенно из Германии. Еще в 1915 г. Лев Александрович высказал мысль о «государственной монополии изготовления фармацевтических препаратов»<sup>22</sup>.

Русские химики приложили много усилий, чтобы в тяжелых условиях военного времени наладить производство ряда лекарственных веществ — салициловых препаратов, алкалоидов, йода из водорослей и др. В 1917—1918 гг. Л. А. Чугаев со своими сотрудниками И. И. Черняевым и Н. К. Пшеницыным провел химико-аналитические испытания сальварсана (арсола). Арсол впервые у нас был синтезирован И. И. Остромысленским, который оборудовал в Москве завод для его фабрикации. Химические, биологические и клинические наблюдения согласно показали, что русский арсол не уступает лучшим препаратам немецкого, французского и японского производства.

По окончании гражданской войны в Институте прикладной химии под руководством Чугаева была создана комиссия, которой поручалось рассмотреть все вопросы, связанные с восстановлением отечественной химико-фарма-

цевтической промышленности. По рекомендации комиссии, Институт согласился взять на себя лабораторные исследования и опытно-заводскую разработку производства ряда лекарственных веществ. На опытном заводе начался выпуск фармацевтических препаратов и было налажено производство сахараина; в связи с недостатком сахара спрос на этот продукт был в то время очень велик.

Российский институт прикладной химии выполнял задачи большой государственной важности и являлся единственным в своем роде рассадником новых для России отраслей химической промышленности. Чугаев был одним из главных руководителей всею деятельностью Института. По образному выражению одного из его соратников он направлял «кормило нашего корабля по зыбким волнам современной действительности. Всегда во главе всех начинаний, не знающий никогда никаких препон к осуществлению намеченных идей, увлекаясь и увлекая за собой своих сотрудников, поддерживал веру в наиболее робких из них в тяжелое время канувшего прошлого. Благо той стране, в которой еще встречаются лица, подобные Льву Александровичу Чугаеву»<sup>23</sup>.

### Педагогическая и популяризаторская деятельность

Почти двадцать лет Чугаев читал курсы неорганической и органической химии сначала в Москве — в Высшем техническом училище, а затем в Петербурге — в университете и Технологическом институте, и в продолжение всей педагогической деятельности Лев Александрович Чугаев свято хранил традиции своего великого предшественника — Менделеева, кафедру которого он занимал 14 лет (1908—1922).

Это был блестящий лектор, его лекции отличались глубиной содержания и совершенством формы. По воспоминаниям В. Н. Ипатьева: «Лекции Льва Александровича по неорганической химии привлекали массу слушателей и пользовались большой популярностью. Они обставлялись очень интересными опытами, а что касается теоретических объяснений, то они не оставляли желать ничего лучшего. Лев Александрович обладал прекрасным даром слова, громким грудным голосом, замечательно ясным и простым изложением, без всяких ненужных прикрас»<sup>1</sup>.

На лекциях Чугаева студенты занимали места с бою. Они понимали, что перед ними на кафедре стоит человек широких и глубоких знаний, творческой мысли. Вдохновение и увлечение лектора передавались аудитории; с первых лекций Лев Александрович заражал студентов своей беспредельной влюбленностью в науку. «Эту страстную любовь к науке, эту святую веру в нее чувствовала молодежь; его вдохновенное и живое слово западало ей глубоко в душу»<sup>2</sup>, — писал один из учеников Чугаева.

Л. А. Чугаев тщательно готовился к лекциям. В его личном архиве сохранились многочисленные конспекты лекций по неорганической и органической химии. Здесь можно найти и интересные исторические справки, и выдержки из работ отечественных ученых, и сведения о последних химических открытиях, почерпнутые из русских и иностранных журналов. В архиве Чугаева нам удалось обнаружить краткий конспект (на одной страничке) его вводной лекции по общей химии. Мы приводим фотокопию этого любопытного документа. О чем же говорил Чугаев в своей вступительной лекции? Он напоминает студентам о том, что Россия занимает  $\frac{1}{6}$  поверхности суши, что для этой великой страны необходима химическая промышленность, ибо «и у нас есть нужное сырье и природный гений», приводит крылатые слова Ломоносова и Менделеева о всемогуществе химии. По мнению Чугаева, особое внимание надо обратить на производство удобрений, так как Россия — страна земледельческая. Далее Чугаев говорит о значении и перспективах развития высокомолекулярной химии на основе целлюлозы. Для того времени такая постановка вопроса свидетельствует о глубине и оригинальности прогнозов ученого.

Лев Александрович обращает внимание студентов на богатства природных ресурсов России — каменный уголь, нефть, торф, фосфориты, рассказывает о рациональных методах их переработки. В конспект он заносит схему переработки угля.

Сухая перегонка	{	Светильный газ
		Лекарства
		Краски, сальварсан
		NH <sub>3</sub> , удобрение

В лекциях по органической и неорганической химии Чугаев широко освещал роль физических методов исследования и теоретические представления физической химии, позволившие глубоко вскрыть механизм химических процессов. «С этим требованием непременно должно ныне считаться преподавание общей химии, в противном случае оно, роковым образом, будет отсталым», — пишет он в 1904 г.<sup>3</sup>

Говоря о взаимосвязи и взаимовлиянии химических наук, Чугаев подчеркивал, что «химия углеродистых сое-

Росси  $\frac{1}{10}$  пологр. суртн.

Введение. История. Полемоса

Эт Россия производимая химия. Промышленность (Академия) и у нас есть бумага, лес свое и природные ресурсы.

Россия страна защита → обработка продуктов  
→ удобрение

Удобрение. Центральная → Гистан, Ал. Сидоров  
(Центральная Киевская)  
→ Сахар (селе.), Минералы  
→ Сух. лес "Деревья" Урал.

Кислоты → Дурман, масла, аккадские, каноническая  
Грибная → Спирт → Каучук

Ван. урб у 1200 миль суд. Росс. →

у Минералов → свот. раз.  
у Кемерово → Кемерово, Красно  
Сух. лес → тоже Самарская  
→ НЗ удобрение

Кислоты  
(молочная)

морф.

Россия

Путри и Минералы

Углерод

Синтетическая

Цианамид Са.

Конспект вводной лекции Л. А. Чугаева по неорганической химии  
(публикуется впервые)

динений, благодаря неисчерпаемому разнообразию как форм вещества, так и типов его превращений... сыграла выдающуюся роль в истории открытия многих основных физико-химических законов и теоретически важных обобщений... И физико-химия не осталась в долгу перед химией органической: не говоря уже о таких способах исследования, как криоскопия и эбулиоскопия, которые вошли в обиход всякой химической лаборатории и оказали органической химии неоценимые услуги, измерения электропроводности, рефракции, термических констант, вращательной способности, спектров поглощения, магнитных свойств год от года все больше и больше завоевывают себе право гражданства в органических лабораториях... Кинетические исследования, по моему мнению, в особенности имеют право рассчитывать на большую будущность»<sup>4</sup>.

Между теоретическим знанием и его применением к жизни всегда существует тесная зависимость. Наука играет руководящую роль во всяком практическом начинании человека, но «среди теорий первое место по значению занимают не те, которые с внешней стороны отличаются последовательностью и «гладкостью» выводов, формальным отсутствием противоречий, а те, которые позволяют двигаться вперед».

Еще в 1905 г. Л. А. Чугаев говорил: «В наше время существование техники, помимо науки, есть вещь невозможная. И если мы желаем иметь образованных и дельных техников, то необходимо дать им, наряду со специальными практическими сведениями, солидную научную подготовку. Но этого мало. Если мы хотим уберечь нашу технику от застоя, обеспечить ей известный самостоятельный прогресс, то мы должны всеми силами заботиться о том, чтобы создать людей, способных научно работать и двигать вперед чистое знание»<sup>5</sup>.

Чтобы обеспечить государство научно-образованными химиками, Чугаев предлагал организовать на физико-математических факультетах университетов специальные автономные химические отделения. В программах преподавания на этих отделениях, кроме неорганической, аналитической, физической и технической химии, должны входить математика, термодинамика, физика, кристаллография и минералогия, на которые все более и более опи-



рается современная химия. В качестве специальных предметов Чугаев рекомендовал электрохимию, фотохимию, радиохимию, биохимию. Образование каждого студента-химика в университете должно завершаться специальной работой научного характера. Реформа преподавания химии в университетах, о которой так настойчиво говорил Чугаев и другие передовые русские химики, произошла, однако, только после социалистической революции.

До конца жизни Чугаев продолжал чтение лекций, рассматривая это как одну из своих основных задач. «Находясь в бреду, в последние дни своей жизни, он воображал, что читает лекции и холодеющей рукой выводил на больничной стене химические формулы...» (Из воспоминаний Черняева).

Не каждому ученому удастся создать свою научную школу. Чугаеву вышло это счастье. Его повседневной заботой была подготовка отечественных химиков-специалистов, могущих творчески работать и в науке и в промышленности.

В одной из своих статей Чугаев писал: «Совершенно ясно, что для широкого развития химической промышленности... необходима наличность хорошо подготовленных химиков, которые могли бы руководить возникающими фабриками или заводами»<sup>6</sup>.

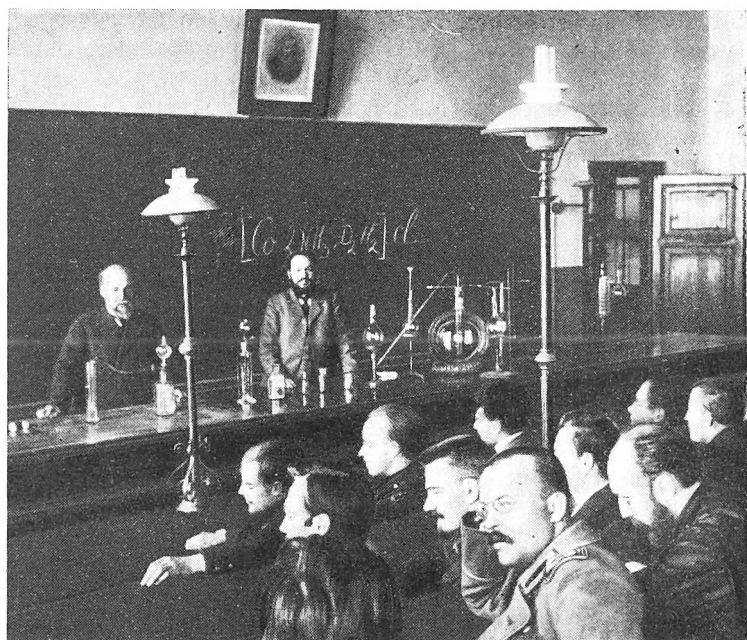
Лев Александрович всегда был окружен студенческой молодежью, и многие из этой молодежи стали его сотрудниками по исследовательской работе. Из обширного круга учеников Чугаева образовалась широко известная в нашей стране и за ее пределами научная школа.

В его лабораториях всегда царила атмосфера творческого труда, атмосфера коллективизма и дружеской взаимопомощи. Многие из его учеников оставили воспоминания, согретые чувством любви и глубокого уважения к своему учителю. Вот что пишет, например, М. С. Сканави-Григорьева: «Как руководитель научными работами, Лев Александрович был совершенно неповторим. Он отдавал своим ученикам очень много времени и сил. Обладая богатейшими знаниями, он никогда не таил их в себе и широкой рукой рассыпал свои богатства всем, так или иначе соприкасавшимся с ним, стараясь приобщить к науке как можно больше людей, развить в них научные

интересы, разбудить инициативу. Он был безмерно счастлив от всякого нового успеха в науке и о всех интересных новинках неизменно сейчас же сообщал своим сотрудникам. Он радовался, как ребенок, когда у кого-нибудь из работающих в лаборатории получались новые интересные результаты и очень страдал от неудач в работе. Однако он никогда не терял бодрости и упорно с большим терпением преодолевал возникающие трудности. Его неподдельная искренность, чисто юношеский энтузиазм, ни перед чем неотступающая горячность в работе, заставляли всех окружающих его верить в его дело... Всегда благожелательный, безгранично отзывчивый ко всем невзгодам своих сотрудников, всегда готовый им помочь в работе и нужде, — все это возбуждало большую искреннюю привязанность к нему»<sup>7</sup>.

Лев Александрович был полностью погружен в научную работу и учебные занятия. Казалось, для него не существовало никаких других интересов, кроме научных. «Рабочий день его начинался рано и заканчивался часто в 4-5 часов утра следующего дня, — пишет Сканави-Григорьева. — Утром он неизменно являлся в лабораторию, обходил всех сотрудников, с огромным и неуываемым интересом расспрашивал их о полученных результатах, вникал во все мелочи их повседневной работы, а затем весь день до поздней ночи оставался в лабораторном помещении. Много долгих бессонных ночей он проводил в тиши своей библиотеки за письменным столом, нередко до утра. Мы всегда удивлялись, как может он работать почти круглые сутки и жить почти без сна. Но непрерывно работающая творческая мысль, жажда нового, предвидение будущего держали его в состоянии возбуждения и не давали покоя его уму.

Стол его был завален горами книг, научных журналов, старинных манускриптов, исписанных страниц монографий и пр. Отлично зная три европейских языка, на которых он свободно говорил и писал, зная латынь и греческий язык, и обложившись словарями других языков и даже толкователем иероглифов, он работал по первоисточникам... Все прочитанное он легко удерживал в своей феноменальной памяти и в любой момент мог дать исчерпывающую литературную справку по любому вопросу химии. Такая беспредельная жажда познания, такая увлечен-



*Л. А. Чугаев читает лекцию в Техническом училище  
(публикуется впервые)*

ность наукой, такой пылкий энтузиазм не могли не увлекать его учеников... Зараженные энтузиазмом учителя, мы сами проводили несчетное число часов за работой»<sup>8</sup>.

Чугаев жил в квартире, находящейся в том же университетском корпусе, где были расположены учебные аудитории и лаборатории. Чтобы попасть из квартиры в лабораторию, ему надо было лишь спуститься по лестнице. По воспоминаниям В. В. Лебединского, одного из учеников Чугаева, ассистенты и студенты-дипломанты часто оставались в лаборатории до поздней ночи, а иногда даже и до утра. Бывало ночью Лев Александрович приходил к ним в халате и домашних туфлях, следил за их работой, давал советы, вел разговоры на научные темы. «Он проявлял как бы нетерпение,— замечает Лебединский,— ему

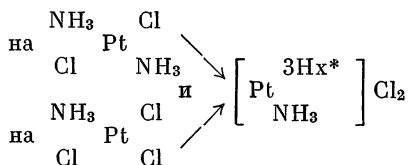
хотелось скорее и скорее идти вперед по намеченному пути... Можно сказать, что Лев Александрович... горел на работе»<sup>9</sup>.

Лев Александрович и развлекался со своими учениками. Он охотно посещал веселые вечеринки в клубе «Пикадили». Такое громкое название в шутку присвоили большой длинной комнате с низким сводчатым потолком в подвальном помещении лаборатории, освещавшейся разноцветными электрическими лампочками. Здесь за большим столом иногда собиралась компания молодежи. Лев Александрович принимал самое живое участие в застольной беседе и с удовольствием подпевал, когда молодежь затягивала любимые студенческие песни<sup>10</sup>.

Лев Александрович не навязывал сотрудникам и ученикам темы исследования. Решив поручить кому-либо из них определенную работу, он старался заинтересовать, увлечь ею исполнителя. По-видимому, именно поэтому он никогда не наталкивался на отказ от предлагаемой темы.

Как упоминалось, у Чугаева имелись тетради, в которые он заносил интересующие его научные вопросы и планы исследований. Разработка многих тем предназначалась для определенных лиц. Так, например, на одной из страниц тетради, относящейся к 1907 г., написано: «В. Лебединскому. Продолжить работу с Rh. Действие  $\text{DN}_2$  (диметилглиоксима.— Авт.) на  $\text{NH}_3\text{RhCl}_6$  в больших размерах (крист. измер., изоморфизм) и  $\text{NH}_3$  на это соединение. Кислота +  $\text{NaNO}_3$  под давлением, спектрографические измерения. В. Хлопину: а) платонитриты в  $\text{CH}_3\text{OH}$ , электропроводность, б) азиды платины и  $\text{S}_2\text{C}$ , смеш.  $\text{NO}_2$ ,  $\text{Cl}$  и т. д.» «Н. Владимирову: электролитическое разложение соед. в  $\text{CH}_3\text{OH}$   $[\text{CoD}_2\text{H}_2\text{a}]\text{X}$  etc. План для И. Черняева:

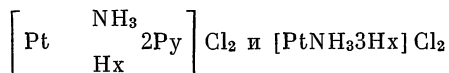
#### 1. Действие $\text{NH}_2\text{OH}$




---

\* Гидроксилламин.

2. Если соед.  $[\text{PtHxNH}_3\text{Cl}_2]$  удастся получить в большом колич., то попробовать подействовать на него  $\text{Py}^*$  и  $\text{NH}_3$  (жидк.), чтобы получить



и соответственно хлороплатиниты».

Большинство работ, указанных в тетради Чугаева, было успешно выполнено. В печати появились статьи о его совместных работах с Лебединским, Владимировым и Черняевым, объединенные единой руководящей идеей.

Л. А. Чугаеву принадлежит громадная заслуга создания в нашей стране крупных научных школ. Это прежде всего школа химиков-органиков, из которой вышли такие ученые, как Ф. В. Церевитинов, Г. В. Пигулевский, В. А. Фомин, Н. А. Шлезингер, А. А. Глебко и др. Еще большую роль в истории развития отечественной химии сыграла другая школа Чугаева — школа химиков-комплексников. К этой школе принадлежал выдающийся ученый академик В. Г. Хлопин. В 1911—1917 гг. он работал в лаборатории Чугаева над окислением соединений платины, участвовал в разработке качественной реакции на иридий и во многих других исследованиях; впоследствии Хлопин стал крупнейшим радиохимиком. Другой представитель школы Чугаева — академик И. И. Черняев, всю свою научную деятельность посвятил химии комплексных соединений, широко развив научное направление учителя. К этой школе относятся также Н. К. Пшеницын (1891—1961), Лебединский (1888—1956), Э. Х. Фрицман (1879—1942), М. С. Сканава-Григорьева (1890—1958), С. И. Хорунженков (1866—1942) и ныне здравствующие академики А. А. Гринберг и профессор С. Е. Красиков.

С помощью талантливых учеников идеи Чугаева нашли очень широкое распространение.

В результате деятельности Чугаева и его школы Россия стала второй родиной координационной теории. В первые три десятилетия XX в., пожалуй, нигде в мире не разрабатывалась так успешно эта теория, как в нашей стране. Не случайно автор координационной теории знаменитый

---

\* Пиридин.

Вернер считал Чугаева «самым выдающимся русским химиком».

Развитие в нашей стране промышленности благородных металлов не было бы столь успешным, если бы Чугаев не подготовил высококвалифицированные кадры в этой области. Наличие значительного числа химиков-специалистов в области комплексных соединений и накопленный опыт работы сыграли, в частности, немаловажную роль в быстром решении химических проблем атомной энергетики в Советском Союзе.

Чугаев чувствовал органическую потребность передавать свои знания другим. Им напечатано много книг по общим вопросам химии, написанных изящно и доходчиво. Наделенный даром слова, он читал очень интересные популярные лекции по химии. Одну из таких лекций он начинает оригинальным вступлением: «Предание гласит, что когда один из софистов, спрошенный знаменитым мудрецом относительно темы, на которую он собирается говорить, отвечал: „Буду восхвалять Геркулеса“, то мудрец озадачил его вопросом: „А разве кто-нибудь его порицает?“ Пожалуй, может показаться, что и мы находимся до известной степени в положении того софиста, когда стараемся на разные лады выставить на вид высокие заслуги науки перед человечеством, как будто наука и без того не является общепризнанной культурной ценностью. Без сомнения, каждый из нас считал бы себя счастливым, если бы дело обстояло именно так»<sup>11</sup>.

В архиве Чугаева мы нашли начало его лекции «О жизни». Приведем здесь этот любопытный документ — прекрасный образец популяризации материалистических взглядов на природу.

«Среди вековых вопросов, которые никогда не переставали и вероятно никогда не перестанут волновать умы мыслящего человечества, одно из первых мест бесспорно занимает вопрос о том, что такое жизнь.

Издавна на различных людей и в различные времена жизнь производила два диаметрально противоположных впечатления. На одних людей при одних условиях она производила впечатление таинственного мира чудес. Им казалось, что этот мир целой пропастью отграничен от мира мертвых явлений неорганизованных предметов. Им казалось, что мир живых организмов подчиняется особым

законам, что в нем действуют иные силы, что он даже быть может построен из другого материала, нежели бездушная мертвая природа.

Им казалось, что силы человека слишком ничтожны для того, чтобы постигнуть тайны жизни, что они всегда останутся для нас книгою за семью печатями.

Но наряду с этими людьми всегда существовали другие, которые видели в проявлениях жизни нечто совершенно иное. Они констатировали как факт удивительное разнообразие и чудную гармонию живых организмов и их функций; они видели и ту резкую разницу, которая несомненно существует между областью жизни и областью смерти. Но они не закрывали себе глаза и на те черты несомненного сходства, которые связывают оба царства природы. Им казалось, что от такого сходства красота живого мира ничуть не пострадает, но зато сметливый ум находит в них благодатную пищу для анализа. И они не ошиблись. Настойчивыми, терпеливыми изысканиями они стремились увеличить и подчеркнуть это сходство, развить его во всех деталях. Они даже мечтали, что в отдаленном будущем человеку удастся перебросить мост через пропасть между живым и мертвым, логически вывести, а может быть даже приготовить одно, исходя из другого.

Эти два противоположные взгляда на жизнь почти также древни, как и человеческая культура. В довольно определенной форме они сложились уже в первый период греческой философии. Мы находим их ясно выраженными в учении двух знаменитых представителей противоположных мирозерцаний древнего времени — идеалиста Платона и материалиста Демокрита.

Много веков прошло с того времени. Наука сделала гигантские шаги вперед. Глубоко изменились взгляды культурного человечества. Но вопрос о природе жизни со своими двумя противоположными течениями остается и поныне. Изменилась его формулировка, сделавшись более точной и определенной, изменились методы и приемы доказательств в пользу справедливости того или другого взгляда. Но сущность проблемы осталась та же, что и за два с лишком тысячелетия до начала нашей эры. И теперь все с той же неотступностью напрашивается на разрешение та же в сущности дилемма: что же действительно между миром живым и «неодушевленным» существует глубокая

непримиримая разница, бездонная пропасть, перед которой должно пасовать человеческое знание; или наоборот, эта пропасть есть только наша собственная преждевременная фикция? Неужели наука за известными пределами может остановить свое победное шествие в вопросе о сущности жизни?

50 лет тому назад в середине минувшего столетия вопрос быть или не быть виталистическому мировоззрению казалось был обречен на окончательное забвение или, лучше сказать, бесповоротно решен в отрицательном смысле.

Под влиянием блестящих успехов естествознания, больше всего ознаменовавших собою XIX в., мало-помалу сложилось убеждение в том, что одна и та же материя, одна и та же энергия и одни и те же законы, управляющие изменениями той и другой, лежат в основе „мертвых” и живых объектов и явлений. Открытие законов сохранения материи и энергии, блестящие успехи органического синтеза, теория Дарвина, наконец, целый ряд выдающихся исследований собственно физиологии были главными стимулами заставившими прийти к такому определенному заключению. Мир живых существ перестал представляться чем-то особенным. Он сделался во всеобщем признании лишь иным, без сомнения более сложным, и если хотите, более совершенным проявлением физико-химических сил и обыкновенной „мертвой” материи. И ничто не лежало на пути человека для того, чтобы в будущем беспрепятственно все ближе и ближе подходить к пониманию сложной игры жизненных явлений, а попутно и подражать им, памятуя, что понимать природу уже значит владеть ею».

В изучении проблемы жизни, по мнению Чугаева, имеет огромное значение исследование ферментативных процессов. Он подчеркивал, что изучение ферментов, «их устройства и действия, составляет одну из величайших проблем науки» (1905). В цитированной лекции Чугаев говорил: «Внутри живого организма, внутри каждой клетки имеется богатый запас всевозможных ферментов, предназначенных для выполнения самых разнообразных потребностей организма...

Невольно задаешь себе вопрос, не в деятельности ли ферментов следует искать, хотя бы отчасти, разъяснения самых таинственных и темных явлений во всей биологии: воспроизведения и наследственности. Во всяком случае мы



стоим здесь лицом к лицу с одним из самых общих, универсальных двигателей жизни.

В поисках за этими деятелями, в расследовании их природы и условий их деятельности без сомнения лежит залог блестящих успехов биологических знаний в будущем.

Но не надо быть пророком, чтобы уже теперь с полным правом сказать, что учение о ферментах многое разъяснило в трудном вопросе о химической стороне жизненных явлений.

И если представители вновь зарождающегося неовиталистического учения призывают биохимическую сторону жизни в качестве аргумента в защиту своих воззрений, то они во всяком случае избрали путь, не оправдавший их ожиданий. История катализа еще раз показала, что химия в жизни и химия вне жизни — в сущности одно и то же»<sup>12</sup>.

В 1911 г. Чугаев принял участие в трехтомном издании «Итоги науки», для которого написал большой раздел «Химические процессы». Это издание ставило целью рассказать широким слоям русского общества, что «сделано наукой в прошлом, ознакомить с тем, что внесла наука в современное мирозерцание и что сделала она для житейской практики».

Раздел, написанный Чугаевым, — это прекрасно иллюстрированная монография, посвященная химии в ее историческом развитии. Раздел включает следующие темы: Природа химических процессов; Состав и превращения вещества; Законы вечности вещества и сохранения элементов; Состав тел и законы, его определяющие; Атомизм в химии; Атом и молекула; Элементы и химические соединения; Проблемы химической механики; Химическое равновесие; Скорость химических реакций; Ложное равновесие; Катализ; Растворы; Состав химической молекулы; Строение химической молекулы; Периодический закон; Происхождение вещества и радиоактивные элементы. Через все эти темы проходит объединяющая идея — развитие атомно-молекулярной теории, которая на протяжении целого столетия «продолжала оставаться рогом изобилия, из которого не переставали сыпаться открытия величайшей важности»<sup>13</sup>.

Чугаев принимал активное участие в издании нового Энциклопедического словаря Брокгауза и Ефрона под

редакцией К. Арсеньева. Для 30 томов этой энциклопедии он написал и отредактировал много статей по химии.

В 1913 г. вышла в свет книга Чугаева «Периодическая система химических элементов». Эта первая после смерти Менделеева русская книга, где подробно изложено развитие периодического закона с момента его открытия (1869) до 1913 г., рассмотрены основные методы определения атомных весов элементов, а также зависимость физических и химических свойств соединений и элементов от их положения в таблице Менделеева. Книга как бы подытоживает исследования по периодическому закону до момента появления классических работ Резерфорда, Бора, Мозли, которые ознаменовали новый этап в развитии периодического закона.

Логическим продолжением книги является монография «Природа и происхождение химических элементов, в связи с новейшими исследованиями о распаде атома и об изотопии», опубликованная уже после смерти Чугаева в 1923 г. В монографии впервые на русском языке обобщены новейшие электронные теории, учение о сложном строении атома и учение об изотопах.

В 1924 г. вышла в свет его небольшая, живо написанная книга о жизни и деятельности Менделеева. Книгу эту можно рассматривать как дань любви и уважения к великому ученому со стороны его преемника по кафедре неорганической химии Петербургского университета. Книга Чугаева раскрывает основные моменты научного творчества Менделеева на основе опубликованных материалов и личных воспоминаний учеников и сотрудников Дмитрия Ивановича. Однако многие архивные документы остались неизвестными Чугаеву. Потребовалась большая работа советских историков химии, чтобы всесторонне обрисовать могучую фигуру творца периодического закона. Но все же для своего времени книга Чугаева имела большое значение, особенно полезной она была для молодого поколения русских химиков.

С 1912 г. под редакцией Льва Александровича стали выходить сборники «Новые идеи в химии». За десять лет (до 1922 г.) вышло восемь выпусков, посвященных актуальным проблемам химии. Как правило, сборники составлялись из статей, объединенных одной или несколькими общими темами. «При бедности русской литературы

хорошими общедоступными книгами по химии,— писал Курнаков,— роль «Новых идей в химии» была особенно велика, а имя редактора делает для нас понятным, почему так часто приходилось встречать эти сборники в руках химиков как в столице, так и в провинции».

Для многих работ самого Чугаева, опубликованных в этих сборниках, характерен исторический подход к основным представлениям химии. Эти статьи Чугаева и сейчас читаются с большим интересом.

Для первого сборника, посвященного Вант-Гоффу, Чугаев написал две статьи: «Вант-Гофф и судьбы стереохимии» и «Структурно- и стереохимические представления в области неорганической химии». В первой статье в популярной форме изложены работы Вант-Гоффа и подчеркивается его роль как одного из творцов стереохимии: «когда атомистической теории суждено будет возродиться в обновленной форме от соприкосновения с новыми областями фактов и новыми обобщениями, то наряду с Дальтоном и Авагадро, с Кекуле и Бутлеровым придется поставить и имена творцов стереохимии, а между ними на первом плане имя Вант-Гоффа»<sup>14</sup>. Во второй статье Чугаев изложил основные положения координационной теории Вернера, обратив при этом особое внимание на логическую связь этой теории со стереохимическим учением Вант-Гоффа. Заканчивая статью, он пишет: «До сравнительно недавнего еще времени область комплексных соединений по своей запутанности, по противоречивости фактических данных и отсутствию какой-либо общей руководящей нити казалась совершенно безнадежной для систематической разработки. Благодаря Вернеру и созданной им теории в огромной массе сырого материала был впервые водворен порядок: множество отдельных соединений получило место в стройной системе, в которой объединяющим началом стали основные положения координационной теории. Теория Вернера позволила предсказать и новые факты, частью в высшей степени поразительные, и продолжает служить наиболее надежным руководителем при исследованиях над комплексными соединениями»<sup>15</sup>.

В сборнике 1913 г. опубликована большая историко-обзорная статья Чугаева «Валентность»<sup>16</sup>, где дается анализ развития понятия валентности и учение о ней в свете последних достижений химической науки. В этом же

сборнике имеется и другая статья Чугаева «Теория Абега и молекулярные соединения»<sup>17</sup>. В 1914 г. вышли сборники, посвященные только радиоактивности, — по словам Чугаева, «одному из самых животрепещущих вопросов современной науки». В следующем сборнике рассматриваются вопросы кристаллохимического анализа, «созданного профессором Е. С. Федоровым и составляющего гордость русской науки».

В особых сборниках обсуждаются учение о растворах и проблемы строения материи. Чтобы ознакомить читателя со строением молекулы, в сборнике воспроизведена впервые после публикации автора речь Бутлерова. «Редакция сочла целесообразным, — писал Чугаев, — перепечатать классическую речь знаменитого русского химика А. М. Бутлерова «Современное значение теории химического строения», ввиду ее выдающихся достоинств, свежести мыслей, в ней выраженных». В этом же сборнике имеется большая интересная статья Чугаева «О неустойчивых органических соединениях», посвященная в основном явлению таутомерии. Излагая взгляд Бутлерова, Чугаев указывал: «Замечательно, что мысли, развитые знаменитым русским химиком, довольно близко подходят к современной точке зрения... Бутлеров соглашался с тем, что в таутомерных соединениях существует динамическое равновесие между двумя формами, между двумя родами самостоятельно существующих молекул, причем относительная пропорция тех и других зависит от природы соединения»<sup>8</sup>.

Мировая война прервала публикацию выпусков «Новых идей в химии». Следующий сборник о катализе вышел уже после смерти Чугаева. Открывался он его статьей «Эволюция учения о катализе», где высказано, в частности, отношение Чугаева к историческому анализу проблем современной науки. «В каждой области знания... для правильной оценки современного положения того или другого вопроса, той или другой доктрины очень часто полезно бывает оглянуться назад на пройденный путь, проследить ход эволюции идей от далекого прошлого и до нашего времени... Возможность видеть перед собой каждый вопрос науки в исторической перспективе — представляет еще то преимущество, что, благодаря этому, облегчается объективная оценка тех взглядов и теорий, которые возникают на наших глазах и составляют последнее слово науки»<sup>19</sup>. Эта



*Л. А. Чугаев (публикуется впервые)*

же мысль проскальзывает и в рецензии Чугаева на книгу Вальдена «Очерки истории химии в России»: «Знание нашего прошлого по каждой отрасли науки не только составляет нашу естественную национальную потребность, но имеет и... воспитательное значение для будущих деятелей науки, подобно тому как знание политической и экономической истории страны необходимо для воспитания гражданина вообще... Сочинение по истории химии в России давно уже необходимо было дать в руки иностранного читателя. Заграницей, к сожалению, до сих пор еще слишком мало знают о размерах русского научного творчества»<sup>20</sup>.

Лев Александрович принимал активное участие в журнале «Природа», издававшемся с 1912 г. под редакцией Л. В. Писаржевского. В этом журнале опубликован ряд его статей: «Удушливые газы как средство нападения и борьба с ними» (1915), «Об изготовлении химических реагентов в России» (1916), «Проблема утилизации спирта» (1918) и др. Особо отметить следует талантливо написанную статью «Профессор Альфред Вернер» (1914), в которой Чугаев рассматривает основные идеи координационной теории и излагает свои взгляды на значение исследований комплексных соединений для развития химии. Эта статья сыграла видную роль в популяризации учения о комплексных соединениях.

В 1917 г., по инициативе А. М. Горького и академиков И. П. Павлова, А. А. Маркова, В. И. Вернадского и И. П. Бородина, в Петрограде было созвано собрание деятелей науки и культуры, на котором приняты решение создать Свободную ассоциацию для развития и распространения естественно-научных знаний. Собрание избрало организационный комитет в составе виднейших ученых и общественных деятелей того времени. Среди избранных мы находим имя Л. А. Чугаева.

9 апреля 1917 г. организационный комитет устроил публичное собрание со следующей программой: вступительное слово В. А. Стеклова; речь А. М. Горького «Наука и демократия»; речь И. П. Павлова «Научный Институт в память 27 февраля 1917 г.»; речь И. И. Манухина «Исследовательские институты и научное творчество»; речь Л. А. Чугаева «Наука в борьбе за существование».

В образной и интересной речи, произнесенной в пер-

полненном зале Михайловского театра, Чугаев прежде всего выразил непоколебимую уверенность, что благодаря русской революции «удастся нанести смертельный удар ненавистному милитаризму и упрочить в странах всего мира демократический режим». Оратор отметил ту выдающуюся роль, которую играют наука и просвещение в борьбе «между угнетателями и угнетенными, между эксплуататорами и теми, чей труд они эксплуатируют». Чугаев на многочисленных примерах показал значение точных наук в вековой борьбе человека с силами природы. На протяжении веков человек был рабом природы, она его утрашала и подавляла. В наше время природа становится рабом человека. Она выполняет его волю, его предназначения. Природа из строптивого тирана превращается в послушное орудие человека. Кому же мы обязаны этой чудесной метаморфозой? «Наука,— говорил Чугаев,— является тем талисманом волшебной силы, который позволяет теперь человеку в какие-нибудь 10 лет сделать более, чем ему удавалось прежде в течение тысячелетий. Я мог бы привести вам длинный перечень неоценимых услуг, которые наука оказала и продолжает оказывать человечеству в области техники, медицины, земледелия и т. д..., оберегая его от горя и страдания, словом, увеличивая сумму возможного для него счастья». Далее Чугаев полемизировал с теми, кто считал несвоевременным думать о науке и просвещении в тот момент, когда России угрожает огромная опасность. Надо, мол, подождать, пока закончится война и укрепится новый общественный порядок. «Я надеюсь,— сказал оратор,— что вы покинете этот зал, укрепившись в убеждении, что с делом науки и просвещения медлить нельзя, что это вопрос жизни и смерти для России».

Заканчивая свою речь, Чугаев сказал: «Широкое распространение науки в народных массах и интенсивное культивирование научного творчества есть очередная мировая проблема. Но особенно неотложной должно считать эту проблему для нашего отечества, переживающего переходное время, находящегося в периоде строительства новой жизни. Обновленная Россия настоятельно нуждается в содействии науки, и для общего подъема своей культуры, и для подъема своих производительных сил. Только в науке и просвещении найдет она для себя прочный

фундамент. Не жалейте же, граждане, ни времени, ни труда, ни средств для того, чтобы оказать посильное содействие делу науки. Поддержите словом и делом и эту только что народившуюся Свободную Ассоциацию, которая на своем знамени поставила слова: объединение научных сил для завоевания природы и для борьбы с невежеством. Помните завет великого ученого земли русской Дмитрия Ивановича Менделеева: «Посев научный взойдет для жатвы народной»<sup>21</sup>.

Мы знаем, что Чугаев встретил социалистическую революцию как ее активный сторонник. С первых же дней Советской власти он находился среди строителей нового общества. В самый разгар гражданской войны, когда Советская Россия была в тесном кольце вражеской блокады, Чугаев организовал в исключительно трудных условиях производство ценнейших химических продуктов и лекарственных веществ.

В первые годы Советской власти, когда страна еще переживала экономическую разруху, Чугаев с присущей ему энергией ратовал за широкое развитие «большой химии». В то время, как в Петрограде были голод и холод, фабрики и заводы не работали, по профессорским гостинным шептались о близком конце большевиков, которые довели Россию до края гибели, Чугаев в тиши своего кабинета пишет книгу «Наука и техника». Как авторитетный специалист-химик он заявляет, что настало время интенсивного развития химических наук, так как процесс промышленности нацело связан с движением науки вперед. «Наука — вот то величайшее благо, которое мы, к сожалению, слишком мало ценим, но которому мы бесконечно много обязаны. Эту истину особенно необходимо помнить и напоминать в наше время... Нет ничего опаснее, как тенденция, наблюдаемая в наше время, увлекаться практикой, забывая о теории, увлекаться техникой, с легкомысленным пренебрежением относясь к науке»<sup>22</sup>. На конкретных примерах достижений химической науки и промышленности Германии Чугаев показывает, как важен взаимный союз науки и практики. «С точки зрения практической, знакомство с тайнами молекулярной структуры является неоценимым вспомогательным орудием в руках химика-техника. И чем сложнее задача, чем причудливее построена молекула соединения, свойства которого



делают его интересным с той или иной практической точки зрения, тем больше доля участия науки в осуществлении его технического производства»<sup>23</sup>.

В 1921 г. в журнале «Человек и природа» напечатана его статья «Нужна ли для России химия и химическая промышленность?» Существует два взгляда, два диаметрально противоположных течения. Представители одного из них считают, что Россия исстари страна земледельческая, русским людям предназначено сидеть на земле и ничего больше. Представители другой точки зрения, наоборот, придают важное значение развитию в нашей стране обрабатывающей промышленности, «умножению фабрик и заводов».

Чугаев заявил себя горячим сторонником гармонического развития обеих отраслей народного хозяйства — промышленности и земледелия. «Сделать это,— отмечает он,— можно только обратив самое серьезное внимание на те наши ископаемые богатства, которые ископаны лежали под спудом, начиная от самой земли нашей, веками худо обрабатывавшейся и почти не удобрявшейся. Если мы не хотим погибнуть, мы должны... без устали строить новые фабрики и заводы, созидать такие отрасли промышленности, которые у нас были слабо развиты или которых совсем не существовало»<sup>24</sup>. Советская химическая промышленность должна прежде всего заняться производством серной кислоты, получением из каменноугольной смолы красителей и лекарственных веществ, переработкой древесины на целлюлозу, спирт и ацетон, производством синтетического каучука и спирта. «Россия не только может обладать огромным запасом сырья для синтеза каучука, но на ее территории разработан способ (Чугаев имеет в виду работы И. И. Остромысленского.— *Авт.*), с помощью которого это сырье может быть превращено в ценный каучук... Было бы крайне важно, чтобы на этом предмете были сосредоточены силы русских химиков и инженеров. В случае удачи, в которой нет основания сомневаться, решение каучуковой проблемы обещало бы России огромные выгоды»<sup>25</sup>.

С особой силой Чугаев заостряет вопрос о производстве в нашей стране минеральных удобрений — фосфорных, азотных и калийных. «Продуктивность нашей земли, самое земледелие наше находится в прямой зависимости

от той же химической промышленности. Современная наука — ботаника и физиологическая химия — учит нас, а практическая агрономия подтверждает, что хорошие урожаи, даже при плодородной почве, могут быть получаемы только при правильной постановке удобрения. ...Химия, которая не в состоянии научить нас делать золото из меди или железа, научает нас искусству делать хлеб из камня, ибо таковым на самом деле является любой фосфорит... В России имеются специалисты, известные своими работами по фосфоритному вопросу (профессор Прянишников, профессор Самойлов) и крайне важно, чтобы их исследования были поставлены в возможно благоприятные условия»<sup>26</sup>.

Все поставленные им вопросы Чугаев считает связанными с расширением подготовки новых советских специалистов-химиков, которые могли бы руководить химическими предприятиями. «Перед Советской властью,— пишет он,— стоит крупная и неотложная задача, которая, конечно, не касается одной только химии, которую следует поставить гораздо шире. Университеты и прочие высшие школы должны быть заселены студентами; должны быть созданы такие условия, чтобы студенты могли беспрепятственно учиться, могли работать со всей возможной интенсивностью, чтобы в возможно кратчайший промежуток времени получить надлежащую подготовку, и вместе с тем получить возможность служить своей родной стране... При соблюдении этого условия Россия может... приступить к стоящей перед ней на очереди грандиозной созидательной работе, в общем плане которой развитие химической промышленности представляет крупную и весьма существенную единицу»<sup>27</sup>.

Все эти высказывания свидетельствуют о высоких патриотических чувствах крупнейшего русского химика, о его любви к родине, заботе о народе. Закончим книгу о Льве Александровиче Чугаеве словами академика Ипатьева: «Беспристрастный историк не преминет поставить имя Чугаева в число выдающихся русских людей, умевших создать школу для молодых ученых, научивших своей научной плодотворной жизнью любить науку и работать для нее. А наша страна в праве гордиться таким выдающимся ученым и гражданином, каким был незабвенный Л. А. Чугаев».

# Литература

## Глава первая

- <sup>1</sup> ЦГАМ, ф. 418, оп. 305, д. 761, л. 9.
- <sup>2</sup> N. D. Zelinsky u. L. Tshugaeff. *Über Trimethyldioxyglutarsäure*. *Berichte*, 1895, 28, 2940—2942.
- <sup>3</sup> Л. А. Чугаев. Памяти Г. Н. Габричевского.— Речь на торжественном заседании X Пироговского съезда. Отчет о деятельности Бактериологического института Московского университета за 1906 г. М., 1907, стр. 20.
- <sup>4</sup> Л. А. Чугаев. Оксидазы или окислительные ферменты.— Русский архив патологии, клинической медицины и бактериологии, 1899, т. VII, вып. 3, стр. 341; Избр. труды, т. III. М., 1962, стр. 459.
- <sup>5</sup> П. В. Циклинская. Деятельность Л. А. Чугаева в Бактериологическом институте Московского университета (из личных воспоминаний).— В кн.: «Л. А. Чугаев. Сборник речей и докладов, посвященных его памяти». Л., 1924, стр. 113—114.
- <sup>6</sup> Л. А. Чугаев. О родственной связи между красящим веществом крови и пигментом зеленых растений.— Научное слово, 1904, кн. VIII, стр. 139.
- <sup>7</sup> ЦГАМ, ф. 418, оп. 461, д. 41, л. 37.
- <sup>8</sup> И. И. Черняев. Лев Александрович Чугаев.— В кн.: «Люди русской науки». М., 1961, стр. 558.
- <sup>9</sup> Московские Ведомости, 14(27) октября 1903 г.
- <sup>10</sup> ЦГАМ, ф. 418, оп. 461, д. 44, л. 55.
- <sup>11</sup> Там же, оп. 72, д. 562, л. 11.
- <sup>12</sup> Л. А. Чугаев. Предмет и задачи современной химии. Вступительная лекция, читанная в Московском техническом училище.— В кн.: «Л. А. Чугаев...», стр. 133.
- <sup>13</sup> Там же, стр. 127—128.
- <sup>14</sup> Там же, стр. 134.
- <sup>15</sup> Там же, стр. 135.
- <sup>16</sup> Л. А. Чугаев. Рецензия на учебник органической химии А. Голлемана.— Научное слово, 1904, кн. VII, стр. 134.
- <sup>17</sup> Л. А. Чугаев. Памяти проф. Е. Е. Вагнера.— Научное слово, 1904, кн. V, стр. 109.
- <sup>18</sup> И. И. Черняев. Лев Александрович Чугаев.— В кн.: «Люди русской науки», стр. 560.
- <sup>19</sup> Л. А. Чугаев. Исследования в области комплексных соединений. (Докторская дисс.). Избр. труды, т. I. М., 1954, стр. 10.

- <sup>20</sup> И. И. Черняев. Лев Александрович Чугаев.— Успехи химии, 1945, 14, вып. 4, стр. 331.
- <sup>21</sup> ЦГАМ, ф. 418, оп. 461, д. 47, л. 106.
- <sup>22</sup> ЦГАНХ СССР, ф. 3429, оп. 60, ед. хр. 962, л. 1—3.
- <sup>23</sup> Э. Фрицман. Лев Александрович Чугаев. Биографический очерк.— В кн.: «Л. А. Чугаев...», стр. 31.
- <sup>24</sup> Труды I Менделеевского съезда по общей и прикладной химии (20—30 декабря 1907 г.). СПб., 1909, стр. 176—177.
- <sup>25</sup> ГИАЛО, ф. 17, оп. 1, № 10177.
- <sup>26</sup> Там же.
- <sup>27</sup> Л. А. Чугаев. Эволюция вещества в мертвой и живой природе.— В кн.: «Л. А. Чугаев...», стр. 137—152.
- <sup>28</sup> Архив АН СССР, ф. 459, оп. 4, л. 40—41.
- <sup>29</sup> Там же, ф. 288, оп. 2, № 331, л. 6—8.
- <sup>30</sup> Л. А. Чугаев. Русское физико-химическое общество.— Наука и ее работники, 1922, № 1, стр. 14—20.
- <sup>31</sup> Там же, стр. 16.
- <sup>32</sup> Там же, стр. 17.
- <sup>33</sup> В. В. Козлов. Очерки истории химических обществ СССР. М., 1958, стр. 71.
- <sup>34</sup> Там же, стр. 76.
- <sup>35</sup> Л. Чугаев. Соповещение по вопросу об изготовлении химических реагентов в России.— Природа, 1915, стр. 939—941.
- <sup>36</sup> И. И. Черняев. Лев Александрович Чугаев.— Успехи химии, 1945, 14, вып. 4, стр. 330.
- <sup>37</sup> Архив АН СССР, ф. 326, оп. 3, № 104, л. 9—11, 55.
- <sup>38</sup> ЦГАНХ СССР, ф. 3429, оп. 60, ед. хр. 41, л. 37.
- <sup>39</sup> ЦГАОР СССР, ф. 130, оп. 2, ед. хр. 197, л. 78.
- <sup>40</sup> Архив АН СССР, ф. 326, оп. 3, № 104, л. 12—13.
- <sup>41</sup> Л. А. Чугаев. Избранные труды, т. I, стр. 483—484.
- <sup>42</sup> Современные задачи химии питательных веществ. Росс. пищевой ин-т. Пд., стр. 38—52.
- <sup>43</sup> ГИАЛО, ф. 17, оп. 1, № 10177, л. 108.
- <sup>44</sup> Там же.
- <sup>45</sup> А. М. Горький. Письмо С. Ф. Ольденбургу. Собр. соч., т. 29. М., 1955, стр. 440—441.
- <sup>46</sup> ЦГАНХ СССР, ф. 3429, оп. 60, ед. хр. 720, л. 290.
- <sup>47</sup> ГИАЛО, ф. 17, оп. 1, № 10177, л. 108.
- <sup>48</sup> М. Блох. Памяти Л. А. Чугаева.— Природа, 1922, № 8—9, стр. 98.
- <sup>49</sup> Библиотека В. И. Ленина в Кремле. Каталог. М., 1961, стр. 424.
- <sup>50</sup> И. А. Каблукков. О работах Л. А. Чугаева по неорганической химии.— В кн.: «Л. А. Чугаев...», стр. 98.
- <sup>51</sup> С. С. Наметкин. О работах Л. А. Чугаева в области органической химии.— Там же, стр. 110.

## Глава вторая

- <sup>1</sup> Л. А. Чугаев. О действии ядов на микроорганизмы.— Русский архив патологии, клинической медицины и бактериологии, 1897, т. IV, вып. 2, стр. 153.
- <sup>2</sup> Там же, стр. 161.

- <sup>3</sup> Там же, стр. 171.
- <sup>4</sup> Л. А. Чугаев. Новая теория дезинфицирующего действия.— Русский архив..., 1898, т. V, вып. 2, стр. 225.
- <sup>5</sup> Л. А. Чугаев. К теории дезинфицирующего действия.— ЖРФХО, 1898, 30(2), стр. 18.
- <sup>6</sup> Л. А. Чугаев. К физиологии фосфоресцирующих бактерий.— Русский архив..., 1900, т. X, вып. 6, стр. 552—562; Избр. труды, т. III, М., 1962, стр. 460—468.
- <sup>7</sup> Л. А. Чугаев. Избранные труды, т. III, стр. 462.
- <sup>8</sup> П. В. Циклинская. Деятельность Л. А. Чугаева в Бактериологическом институте Московского университета.— В кн.: «Л. А. Чугаев...». Л., 1924, стр. 117—118.
- <sup>9</sup> Л. А. Чугаев. Избранные труды, т. III, стр. 465.
- <sup>10</sup> Л. А. Чугаев. Организм человека и животных в борьбе с бактериями.— Научное слово, 1903, кн. III, стр. 36—46.
- <sup>11</sup> Л. А. Чугаев. Невидимые микробы.— Научное слово, 1903, кн. VIII, стр. 136.
- <sup>12</sup> Л. А. Чугаев. Оксидазы или окислительные ферменты.— Русский архив..., 1899, т. VII, вып. 3, стр. 322—341; Избр. труды, т. III, стр. 441—459.
- <sup>13</sup> Л. А. Чугаев. Избранные труды, т. III, стр. 446.
- <sup>14</sup> Там же, стр. 456.
- <sup>15</sup> Там же, стр. 449.
- <sup>16</sup> Там же, стр. 474.
- <sup>17</sup> Там же, стр. 459.
- <sup>18</sup> Л. Чугаев. О родственной связи между красящим веществом крови и пигментом зеленых растений.— Научное слово, 1904, кн. VIII, стр. 137—140.
- <sup>19</sup> Л. А. Чугаев и Н. А. Шлезингер. Опыт синтеза гемопиррола.— ЖРФХО, 1904, 36, стр. 1258—1268; Избр. труды, т. II, М., 1955, стр. 338—345.
- <sup>20</sup> Л. А. Чугаев и Н. А. Шлезингер. Избранные труды, т. II, стр. 341.
- <sup>21</sup> Л. А. Чугаев. К физиологии фосфоресцирующих бактерий.— Русский архив..., 1900, т. X, вып. 6, стр. 552—562.
- <sup>22</sup> G. Wiedemann. Wied. Ann. Phys., 1888, 34, S. 446.
- <sup>23</sup> L. Tschugaeff. Über Triboluminiszenz. Berichte, 1901, 34, 1820—1825.
- <sup>24</sup> Л. А. Чугаев. О триболюминесценции.— ЖРФХО, 1904, 36, стр. 1245—1246.
- <sup>25</sup> Там же, стр. 1250.
- <sup>26</sup> Там же, стр. 1252.
- <sup>27</sup> Там же, стр. 1252—1253.
- <sup>28</sup> В. Л. Левшин. Фотолуминесценция жидких и твердых веществ. М., 1951, стр. 28.

### Глава третья

- <sup>1</sup> Л. А. Чугаев. Исследования в области терпенов и камфоры. М., 1903, стр. IV; Избр. труды, т. II, М., 1955, стр. 17.
- <sup>2</sup> Флавиан Флавицкий. О некоторых свойствах терпенов и их взаимных отношениях. Казань, 1880, стр. 1—178.

- <sup>3</sup> Л. А. Чугаев. О ксантогеновом методе получения непредельных углеводородов и о его приложении к химии терпенов.— ЖРФХО, 1900, 32(2), стр. 79—80.
- <sup>4</sup> А. Е. Арбузов. Краткий очерк развития органической химии в России, стр. 148—149.
- <sup>5</sup> F. Tiemann u. F. W. Semmler. Über den Abbau des Dihydrocarveols und Limonens. Berichte, 1895, 28, 2141—2150.
- <sup>6</sup> O. Wallach, H. Kruse u. F. Kerkhoff. Über Derivate des Carvols. Lieb. Ann., 1893, 275, 110—133.
- <sup>7</sup> Л. А. Чугаев. Исследования в области терпенов и камфоры, стр. 119; Избр. труды, т. II, стр. 108.
- <sup>8</sup> Л. А. Чугаев. Исследования..., стр. 144; Избр. труды, т. II, стр. 126.
- <sup>9</sup> Л. А. Чугаев. О туйене, новом бициклическом терпене.— ЖРФХО, 1900, 32, стр. 358—360.
- <sup>10</sup> Л. Чугаев и В. Фомин. Об изомерных туйиловых спиртах и туйенах.— ЖРФХО, 1912, 44, стр. 478—479; Berichte, 1912, 45, 1293—1298; Избр. труды, т. II, стр. 300—304.
- <sup>11</sup> Л. А. Чугаев. Исследования..., стр. 159; Избр. труды, т. II, стр. 136.
- <sup>12</sup> Л. А. Чугаев и Б. А. Еше. Искусственное получение пинена и строение пинокамфеола.— ЖРФХО, 1905, 37, стр. 958—959.
- <sup>13</sup> Л. А. Чугаев и Б. А. Еше. Об искусственном получении пинена и о строении пинокамфеола.— ЖРФХО, 1907, 39, стр. 1325—1333; Избр. труды, т. II, стр. 267—274.
- <sup>14</sup> L. Tschugaeff u. W. Budrick. Über Bornylen. Lieb. Ann., 1912, 388, 280—293; Избр. труды, т. II, стр. 291—299.
- <sup>15</sup> Л. А. Чугаев. Исследования..., стр. 13; Избр. труды, т. II, стр. 34.
- <sup>16</sup> F. C. Whitmore a. C. T. Simpson. Some Aspects of the Tschugaeff Reaction for Dehydrating Alcohols. J. Amer. Chem Soc., 1933, 55, 3809—3812.
- <sup>17</sup> С. С. Наметкин. О работах Л. А. Чугаева в области органической химии. Труды С. С. Наметкина, т. II, стр. 566.
- <sup>18</sup> Л. А. Чугаев. Заметка о происхождении нефти.— ЖРФХО, 1904, 36, стр. 454—455.
- <sup>19</sup> М. А. Ракузин. Опыт физико-химической геологии нефтей.— Записки СПб. Минералог. общ-ва, 1912, 49, стр. 99.
- <sup>20</sup> П. И. Вальден. К вопросу о происхождении нефти.— ЖРФХО, 1904, 36, стр. 608.
- <sup>21</sup> Там же, стр. 610.

#### Глава четвертая

- <sup>1</sup> Л. А. Чугаев. Исследования в области комплексных соединений. Избр. труды, т. I. М., 1954, стр. 10—133.
- <sup>2</sup> А. А. Гринберг. Введение в химию комплексных соединений. 2 изд. М.—Л., 1951, стр. 11.
- <sup>3</sup> Л. А. Чугаев. Исследования в области комплексных соединений. Избр. труды, т. I, стр. 10.
- <sup>4</sup> Там же, стр. 130—131.
- <sup>5</sup> Там же, стр. 116.

- <sup>6</sup> И. И. Черняев. Лов Александрович Чугаев.— В кн.: «Люди русской науки». М., 1961, стр. 561.
- <sup>7</sup> М. С. Сканави-Григорьева. Лев Александрович Чугаев (рукопись).
- <sup>8</sup> Л. А. Чугаев. О химическом строении комплексных соединений. Избр. труды, т. I, стр. 317.
- <sup>9</sup> Архив АН СССР, ф. 474, оп. 3, № 883.
- <sup>10</sup> Л. А. Чугаев и В. В. Лебединский. К познанию комплексных соединений родия. Избр. труды, т. I, стр. 324—329.
- <sup>11</sup> Л. А. Чугаев и В. Субботин. Об изомерных платиновых соединениях, образуемых органическими сульфидами (тиоэфирами).— Там же, стр. 346—356.
- <sup>12</sup> Л. А. Чугаев и Д. Френкель. О некоторых комплексных соединениях бромистой платины и органических моно- и дисульфидов.— Там же, стр. 356—359.
- <sup>13</sup> Л. А. Чугаев и В. Г. Хлопин. О соединениях, образуемых платонитритом с органическими дитиоэфирами.— Там же, стр. 360—373.
- <sup>14</sup> Л. А. Чугаев и В. Г. Хлопин. О платиновых соединениях органических сульфидов, аналогичных солям I основания Рейзе.— Там же, стр. 373—384.
- <sup>15</sup> Л. А. Чугаев и И. Беневолепский. О комплексных соединениях органических сульфидов с четырехвалентной платиной.— Там же, стр. 391—396.
- <sup>16</sup> Л. А. Чугаев и В. Мальчевский. Об электропроводности некоторых платиновых соединений органических моносульфидов.— Там же, стр. 403—407.
- <sup>17</sup> Л. А. Чугаев и А. Г. Коблянский. Электропроводность некоторых платиновых соединений органических дисульфидов.— Там же, стр. 411—425.
- <sup>18</sup> Л. А. Чугаев и А. Ф. Иванов. О комплексных соединениях палладия с органическими моно- и дисульфидами.— Там же, стр. 396—403.
- <sup>19</sup> Л. А. Чугаев и П. Я. Теару. О соединениях платины с изонитрилами.— Там же, стр. 432—435.
- <sup>20</sup> Л. А. Чугаев и П. Я. Теару. О соединениях платины с изонитрилами, содержащими радикал циана.— Там же, стр. 436—439.
- <sup>21</sup> Л. А. Чугаев и А. А. Глебоко. О спектрах абсорбции диокси-минов.— Там же, стр. 450—463.
- <sup>22</sup> Л. А. Чугаев. О пентаминовых соединениях четырехвалентной платины.— Там же, стр. 553—575.
- <sup>23</sup> Л. А. Чугаев и М. С. Григорьева. О гидразиновых соединениях платины.— Там же, стр. 487—500.
- <sup>24</sup> Л. А. Чугаев и И. И. Черняев. О гидроксиламиновых соединениях платины.— Там же, стр. 500—517.
- <sup>25</sup> Л. А. Чугаев и Н. К. Пшеницын. О некоторых молекулярных перегруппировках, наблюдаемых в ряду комплексных соединений платины.— Там же, стр. 517—528.
- <sup>26</sup> Л. А. Чугаев и В. Г. Хлопин. Окисление при помощи перекиси водорода и озона.— Там же, стр. 606—617.

- 27 Л. А. Чугаев и И. И. Черняев. Окисление при помощи персульфатов и свободного кислорода.— Там же, стр. 617—627.
- 28 Л. А. Чугаев. О солеобразующих свойствах четырехокси осмия.— Там же, стр. 593—596.
- 29 Л. А. Чугаев и А. И. Лукашук. О распределении четырехокси осмия между четыреххлористым углеродом, водой и щелочью.— Там же, стр. 597—598.

## Глава пятая

- 1 Л. А. Чугаев. Исследование оптической активности. Сообщ. I. Избр. труды, т. II, М., 1955, стр. 357.
- 2 L. Tschugaeff. Untersuchungen über optische Aktivität (II Mitt.); Berichte, 1898, 31, 1775; Избр. труды, т. II, стр. 362.
- 3 Избр. труды, т. II, стр. 367.
- 4 В. В. Марковников. Материалы по вопросу о взаимном влиянии атомов в химических соединениях. Избр. труды. М., 1955, стр. 206.
- 5 Л. А. Чугаев. Исследование оптической активности. Сообщ. I. Избр. труды, т. II, стр. 358.
- 6 Л. А. Чугаев. К вопросу об оптической деятельности органических соединений.— ЖРФХО, 1902, 34, стр. 606—622; Избр. труды, т. II, стр. 372—383.
- 7 H. Crompton. Molecular Rotations of Optically Active Salts. J. Chem. Soc., 1897, 71, 946—951.
- 8 Л. А. Чугаев. Исследование оптической активности. Сообщ. II. Избр. труды, т. II, стр. 367.
- 9 Л. А. Чугаев. К вопросу об оптической деятельности органических соединений. Избр. труды, т. II, стр. 377.
- 10 Там же, стр. 383.
- 11 Van't Hoff. Die Lagerung der Atome im Raume. 2 Aufl. Braunschweig, 1894.
- 12 Я. Вант-Гофф. Расположение атомов в пространстве. М., 1911, стр. 134.
- 13 L. Tschugaeff. Zur Kenntniss der optischen Superposition. Berichte, 1913, 46, 2752—2762; Избр. труды, т. II, стр. 488—497.
- 14 L. Tschugaeff. Über Rotationsdispersion III Farblose Verbindungen. Zeitsch. phys. Chem., 1911, 76, 469—483; Избр. труды, т. II, стр. 391—404.
- 15 Л. А. Чугаев и А. Г. Огородников. Об аномальной вращательной дисперсии II. Избр. труды, т. II, стр. 392.
- 16 Л. А. Чугаев и А. Г. Огородников. Об аномальной дисперсии активных и окрашенных веществ.— Там же, стр. 414.
- 17 Л. А. Чугаев и А. Г. Огородников. Избранные труды, т. II, стр. 416—424.
- 18 Л. А. Чугаев и В. И. Пастаногов. Избранные труды, т. II, стр. 471.
- 19 Л. А. Чугаев. Избранные труды, т. II, стр. 498—507.
- 20 Н. М. Баженов и М. В. Волькенштейн. Оптическая деятельность триацетилцеллюлозы.— Изв. АН СССР. ОХН, 1952, № 2, стр. 334—343.



- <sup>21</sup> Л. А. Чугаев. Избранные труды, т. II, стр. 500.
- <sup>22</sup> Там же, стр. 405—410.
- <sup>23</sup> Там же, стр. 501.
- <sup>24</sup> Л. А. Чугаев и А. Г. Огородников. Избранные труды, т. II, стр. 436—460.
- <sup>25</sup> М. В. Волькенштейн и А. М. Эфрос. О работах Л. А. Чугаева в области оптически деятельных соединений.— Успехи химии, 1950, 19, стр. 612.
- <sup>26</sup> Л. А. Чугаев, А. А. Глебоко и Г. В. Пигулевский. Аномальная вращательная дисперсия с одним асимметрическим углеродом — ЖРФХО, 1915, 47, стр. 774.
- <sup>27</sup> Л. А. Чугаев. Избранные труды, т. II, стр. 504.
- <sup>28</sup> А. Гринберг. О работах Льва Александровича Чугаева по оптическим свойствам химических соединений.— В кн.: «Л. А. Чугаев...». Л., 1924, стр. 47—59.
- <sup>29</sup> М. Волькенштейн. Избранные труды, т. II, примечания, стр. 550.
- <sup>30</sup> Л. А. Чугаев и П. Кок. Избранные труды, т. II, стр. 532—533.
- <sup>31</sup> Л. А. Чугаев и А. Глебоко. Избранные труды, т. I. М., 1954, стр. 450—463.

## Глава шестая

- <sup>1</sup> Л. А. Чугаев. О некоторых реакциях холестерина.— Русский архив..., 1900, т. IX, вып. 3, стр. 289.
- <sup>2</sup> Там же, стр. 290.
- <sup>3</sup> Л. А. Чугаев. Заметка о новой цветной реакции на тиомочевину и тиоамиды.— ЖРФХО, 1902, 34, стр. 533—534.
- <sup>4</sup> Л. А. Чугаев. Удобный способ для распознавания борнеола от изоборнеола.— ЖРФХО, 1902, 34, стр. 853—854.
- <sup>5</sup> Г. В. Пигулевский. Химия терпенов. Л., 1949, стр. 195.
- <sup>6</sup> Л. А. Чугаев. Применение органометаллических соединений магния для аналитических целей.— ЖРФХО, 1902, 34, стр. 652—653; Избр. труды, т. II. М., 1955, стр. 259—260.
- <sup>7</sup> Tossier e. Grignard. Sur les composés organométalliques du magnésium. Compt. Rend., 1901, 132, 835—837.
- <sup>8</sup> L. Tschugaëff. Magnesium-organische Verbindungen als Reagens auf die Hydroxylgruppe. Berichte, 1902, 35, 3912—3914.
- <sup>9</sup> Ф. В. Церевитинов. Количественное определение гидроксильных групп с помощью магний-органических соединений.— Труды лабор. орган. и общ. химии Техн. уч., 1907, вып. III, стр. 20—28.
- <sup>10</sup> H. Hibbert a. J. Sudborough. Estimation of hydroxyl radicals. Proc. Chem. Soc., 1903, 19, 285—286.
- <sup>11</sup> Ф. В. Церевитинов. О применении магний-органических соединений в анализе. М., 1917, стр. 3—4.
- <sup>12</sup> П. Каррер. Курс органической химии. Л., 1960, стр. 191.
- <sup>13</sup> А. П. Терентьев и К. Д. Щербакова. Определение активного водорода реактивом Гриньяра в атмосфере углекислого газа.— ЖОХ, 1940, 10, стр. 2041—2046.

- 14 Л. А. Чугаев и В. Г. Хлопкин. Новый метод определения растворимости при различных температурах.— ЖРФХО, 1914, 46, стр. 1659.
- 15 Там же, стр. 1660—1661.
- 16 Г. Мейер. Анализ и определение строения органических веществ. Харьков — Киев, 1935, стр. 83—84.
- 17 Л. А. Чугаев. Органические соединения в приложении к минеральному анализу. Избр. труды, т. III. М., 1962, стр. 344.
- 18 Л. А. Чугаев. О металлических соединениях  $\alpha$ -диоксимов.— ЖРФХО, 1905, 37, стр. 243.
- 19 Л. А. Чугаев. Исследования в области комплексных соединений. М., 1906, стр. 63—64; Избр. труды, т. I. М., 1954, стр. 60—61.
- 20 Л. А. Чугаев. Органические соединения в приложении к минеральному анализу. Избр. труды, т. III, стр. 346—347.
- 21 Л. М. Кульберг. К теории специфических группировок.— Журнал аналитической химии, 1948, 3, стр. 45.
- 22 А. А. Гринберг. Введение в химию комплексных соединений. М., 1951, стр. 392.
- 23 Л. А. Чугаев. Исследования в области комплексных соединений. М., 1906, стр. 69; Избр. труды, т. I, стр. 65.
- 24 Л. А. Чугаев и Л. Спиро. Об изомерных модификациях п-толилдиоксима и об их поведении при комплексообразовании. Избр. труды, т. I, стр. 163—165.
- 25 Ф. Файгль. Капельный анализ. М., 1937, стр. 102.
- 26 P. Pfeiffer u. J. Richarz. Die Konstitution der inneren Komplexsalze der  $\alpha$ -Diketonmonoxime und- dioxime. Berichte, 1928, 61, 103—107.
- 27 Л. А. Чугаев и Н. И. Хозинский. О методах определения конфигурации  $\alpha$ -диоксимов. Избр. труды, т. I, стр. 162.
- 28 И. М. Коренман. К теории органических аналитических реактивов.— Журнал аналитической химии, 1946, 1, стр. 64—72.
- 29 Л. М. Кульберг. К теории специфических группировок.— Журнал аналитической химии, 1948, 3, стр. 49.
- 30 Л. А. Чугаев и Б. Орелкин. Об одной чувствительной реакции на железо и о методе его колориметрического определения. Избр. труды, т. I, стр. 464.
- 31 Л. А. Чугаев. Чувствительная реакция на платину.— ЖРФХО, 1916, 48, стр. 1058.
- 32 Л. А. Чугаев. Новая реакция на соль Пейроне.— ЖРФХО, 1915, 47, стр. 213.
- 33 M. Wunder u. V. Thüringer. Eine neue Methode zur Bestimmung von Palladium. Zeitschr. anal. Chem., 1913, 52, 101—104.
- 34 Л. А. Чугаев и И. И. Черняев. Новая реакция на четырехокись осмия.— ЖРФХО, 1916, 48, стр. 1956.
- 35 Э. Фрицман. О природе четырехокиси осмия. Обзор работ Л. А. Чугаева по осмию.— Изв. Ин-та по изучению платины. 1929, 7, стр. 143.
- 36 L. Tchougaeff. Une réaction nouvelle de l'osmium. Compt. Rend., 1918, 167, 235.
- 37 Л. А. Чугаев. Новая реакция для определения иридия.— ЖРФХО, 1920, 52, стр. 423—424.
- 38 Л. А. Чугаев. Новый способ открытия иридия в присутствии

- других металлов платиновой группы.— Изв. Росс. ин-та прикладной химии, 1922, вып. 1, стр. 70.
- <sup>39</sup> Там же, стр. 69.
- <sup>40</sup> ЦГАОР СССР, ф. 130, оп. 2, ед. хр. 943, л. 55.

## Глава седьмая

- <sup>1</sup> Л. А. Чугаев. Современные задачи органической химии. Избр. труды, т. III, М., 1962, стр. 53.
- <sup>2</sup> В. Н. Ипатьев. Светлой памяти незабвенного Льва Александровича Чугаева.— В кн.: «Л. А. Чугаев...». Л., 1924, стр. 11.
- <sup>3</sup> Отчет о деятельности Комиссии по изучению естественных производительных сил России (КЕПС), 1916, № 5, стр. 98.
- <sup>4</sup> Отчет о деятельности КЕПС, 1917, № 8, стр. 175.
- <sup>5</sup> Л. А. Чугаев. О назначении и задачах Института по изучению платины и других благородных металлов.— Изв. Ин-та по изучению платины, 1919, 1, стр. 1—11; Избр. труды, т. I. М., 1954, стр. 476—484.
- <sup>6</sup> Л. А. Чугаев. О назначении и задачах Российского института прикладной химии.— Изв. РИПХ, 1922, вып. 1, стр. 9.
- <sup>7</sup> Устав Военно-химического комитета при отделении химии РФХО.— Труды ВХК, 1918, вып. 2, стр. 66.
- <sup>8</sup> Л. А. Чугаев. О назначении и задачах Российского института прикладной химии.— Изв. РИПХ, 1922, вып. 1, стр. 10.
- <sup>9</sup> Труды ВХК, 1917, вып. 1, стр. 4—5.
- <sup>10</sup> ЦГАОР СССР, ф. 2306, оп. 19, ед. хр. 32, л. 50—51.
- <sup>11</sup> Там же, л. 62.
- <sup>12</sup> ЦГАНХ СССР, ф. 3429, оп. 80, ед. хр. 98, л. 57.
- <sup>13</sup> Там же, л. 64.
- <sup>14</sup> Там же, оп. 60, ед. хр. 41, л. 57—58.
- <sup>15</sup> Там же, оп. 80, ед. хр. 98, л. 61.
- <sup>16</sup> Там же, л. 41.
- <sup>17</sup> Там же, оп. 60, ед. хр. 782, л. 49.
- <sup>18</sup> Там же, ед. хр. 529, л. 8.
- <sup>19</sup> Там же, оп. 80, ед. хр. 98, л. 12.
- <sup>20</sup> Б. К. Климов. Памяти Л. А. Чугаева.— В кн.: «Л. А. Чугаев...», стр. 85—86.
- <sup>21</sup> ЦГАНХ СССР, ф. 3429, оп. 60, ед. хр. 720, л. 81, 94, 111, 186.
- <sup>22</sup> Л. А. Чугаев. К истории фабрикации сальварсана (арсола) в России и анализ некоторых препаратов русского производства.— Труды ВХК, 1918, вып. 4, стр. 6—7.
- <sup>23</sup> Б. К. Климов. Памяти Л. А. Чугаева.— В кн.: «Л. А. Чугаев...». стр. 87.

## Глава восьмая

- <sup>1</sup> В. Н. Ипатьев. Светлой памяти незабвенного Льва Александровича Чугаева.— В кн.: «Л. А. Чугаев...». Л., 1924, стр. 10.
- <sup>2</sup> Там же, стр. 28.

- <sup>3</sup> Там же, стр. 130.
- <sup>4</sup> Там же, стр. 167—168.
- <sup>5</sup> Л. А. Чугаев. Избранные труды, т. III, М., 1962, стр. 27.
- <sup>6</sup> Л. Чугаев. О мерах к развитию в России химической промышленности.— Деловая Россия, 1915, № 14, стр. 1.
- <sup>7</sup> М. С. Сканава-Григорьева. Лев Александрович Чугаев (рукопись).
- <sup>8</sup> Там же.
- <sup>9</sup> В. В. Лебединский. Значение работ Л. А. Чугаева в развитии химии. Избр. труды, т. III, стр. 58.
- <sup>10</sup> И. И. Черняев. Л. А. Чугаев (по личным воспоминаниям).— Успехи химии. 1945, 14, вып. 4, стр. 331.
- <sup>11</sup> Архив АН СССР, ф. 326, оп. 3, № 104, л. 12—13.
- <sup>12</sup> Там же.
- <sup>13</sup> Л. А. Чугаев. Химические процессы. Итоги науки в теории и практике, т. II, М., 1911, стр. 597.
- <sup>14</sup> Л. А. Чугаев. Вант-Гофф и судьбы стереохимии.— Новые идеи в химии, 1912, № 1, стр. 9—31.
- <sup>15</sup> Л. А. Чугаев. Структурно- и стереохимические представления в области неорганической химии.— Там же, стр. 106—158.
- <sup>16</sup> Л. А. Чугаев. Валентность.— Там же, 1913, № 3, стр. 1—87.
- <sup>17</sup> Л. А. Чугаев. Теория Абега и молекулярные соединения.— Там же, стр. 115—121.
- <sup>18</sup> Л. А. Чугаев.— Там же, 1914, № 6, стр. 118, 120.
- <sup>19</sup> Л. А. Чугаев. Эволюция учения о катализе.— Там же, 1924, № 8, стр. 5.
- <sup>20</sup> Л. А. Чугаев. Природа, 1917, № 11—12, стр. 1169—1172.
- <sup>21</sup> Л. А. Чугаев. Наука, как средство в борьбе человека за существование.— В сб.: «Свободная ассоциация...». Пг., 1917, стр. 36.
- <sup>22</sup> Л. А. Чугаев. Наука и техника. М., 1923, стр. 123—124.
- <sup>23</sup> Л. А. Чугаев.— Там же, стр. 30.
- <sup>24</sup> Л. А. Чугаев. Нужна ли для России химия и химическая промышленность? — Человек и природа, 1921, № 2, стр. 4.
- <sup>25</sup> Л. А. Чугаев.— Там же, стр. 16.
- <sup>26</sup> Л. А. Чугаев.— Там же, стр. 18.
- <sup>27</sup> Л. А. Чугаев. Там же, № 3, стр. 40.

# Оглавление

Предисловие . . . . .	5
<i>Глава первая</i>	
Биографический очерк . . . . .	9
<i>Глава вторая</i>	
Бактериологические и биохимические исследования .	52
<i>Глава третья</i>	
Исследования по органической химии . . . . .	73
<i>Глава четвертая</i>	
Химия комплексных соединений . . . . .	90
<i>Глава пятая</i>	
Изучение оптических свойств химических соединений	107
<i>Глава шестая</i>	
Работы по аналитической химии . . . . .	128
<i>Глава седьмая</i>	
Роль Л. А. Чугаева в развитии отечественной промышленности . . . . .	152
<i>Глава восьмая</i>	
Педагогическая и популяризаторская деятельность . .	167
Литература . . . . .	189

*Орест Евгеньевич Звягинцев,  
Юрий Иванович Соловьев,  
Павел Исаакович Старосельский*

**Лев Александрович Чугаев**

*Утверждено к печати  
редколлегией научно-биографической серии  
Академии наук СССР*

Редактор Издательства *В. М. Тарасенко*  
Технический редактор *В. В. Тарасова*

Сдано в набор 3/V 1965 г.  
Подписано к печати 23/VII 1965 г.  
Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Печ. л. 6,25 + 1 вкл.  
10,3 усл. печ. л. Уч.-изд. л. 10,1. Тираж 3500 экз.  
Темплан НПЛ 1965 г. № 67 Т-09398  
Изд. № 178/65 Тип. зак. № 2476

*Цена 65 коп.*

Издательство «Наука»,  
Москва, К-62, Подсосенский пер., 21

---

2-я типография издательства «Наука»,  
Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

# ОПЕЧАТКИ И ИСПРАВЛЕНИЯ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
57	7 сн.	BbCl	RbCl
74	2 сн.	6	16
88	13 сн.	1900	1904
101	1 сн.	D <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	D <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
117	2 сн.	1-борнилксантогеновой	1-борнилксантогеновой
120	8—9 св.	1-ментиловый	1-ментиловый
121	9 св.	S = C — S —	S = C — S — 
149	7 сн.	Me <sub>2</sub> [IrCl] <sub>6</sub>	Me <sub>2</sub> [IrCl <sub>6</sub> ]
155	8 сн.	только Чугаева	Чугаева
186	16 сн.	процесс	прогресс



65 коп.

Л. А. ЧУГАЕВ



Лев Александрович  
ЧУГАЕВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО • НАУКА •

