

О. Е. ЗВЯГИНЦЕВ

ИЗУЧЕНИЕ МЕТАЛЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ  
В НАШЕЙ СТРАНЕ

Платина применяется для технических целей в сравнительно малых по весу количествах, но без нее невозможны или весьма затруднительны очень многие химические операции и производства. Для нашей родины платина имеет еще огромное значение как наше национальное богатство. Многие годы уральская платина составляла большую часть всего мирового потребления этого металла. И в настоящее время СССР стоит на одном из первых мест по добыче платиновых металлов и на первом месте по запасам их в рудах.

Платина и осмистый иридий найдены в России в 1819 г., но изучение химии платины началось задолго до этого. Первым русским исследователем химии платины был А. А. Мусин-Пушкин (1760—1805) — член Петербургской Академии Наук, горный инженер, естествоиспытатель-петрограф, минералог-химик и исследователь Закавказья конца XVIII и начала XIX в.

А. А. Мусин-Пушкин опубликовал 20 работ по химии и металлургии платины.<sup>1</sup> Основные результаты его работ следующие: открытие метода получения амальгамы платины и изучение ее свойств, исследование восстановления платиновых соединений ртутью, открытие хлороплатинатов бария, магния и др. и получение кристаллического хлороплатината натрия, открытие простого метода очистки платины от железа, получение сернистой платины, получение гремучей платины, разработка способа получения ковкой платины из зерен не поддающейся обработке сырой платины,<sup>2</sup> более простого, чем применявшийся в то время способ сплавления с мышьяком (французского ювелира Жанетти). Значение работ А. А. Мусина-Пушкина весьма велико. Достаточно сказать, что известный способ получения очень чистой платины Ф. Миллиуса (1914) основан на том же принципе, который был предложен А. А. Мусиным-Пушкиным в 1800 г.

Открытие на Урале осмистого иридия в 1819 г., а затем месторождений платины, не сравнимых по своему богатству с южноамериканскими, доставлявшими платину до тех пор, вызвали большой интерес геологов, минералогов, химиков и технологов к новым в России ископаемым.

Первыми химиками-исследователями уральского осмистого иридия и платины были горный инженер<sup>3</sup> И. И. Варвинский, сообщивший о

<sup>1</sup> А. А. Мусин-Пушкин. *Annales de chimie*, 1797—1803; Технологический журнал, № 1, стр. 19 (1804).

<sup>2</sup> Плавка платины тогда не была известна и получение ковкой платины представляло большие трудности.

<sup>3</sup> Горные инженеры тогда именовались горными офицерами.

результатах своих исследований в 1822 г.,<sup>1</sup> В. В. Любарский,<sup>2</sup> опубликовавший результаты в 1823, 1827 и 1828 гг., и аптекарь Гельм (1822).

Одновременно с исследованиями состава открытых на Урале платиновых минералов в 1825—1826 гг. по поручению начальника Гороблагодатских заводов Н. Р. Мамышева,<sup>3</sup> открывшего богатейшие месторождения



А. А. Мусин-Пушкин (1760—1805)

платины в этом округе, горные инженеры А. Архипов, Г. А. Иосса и мастер Василий Сысоев в лаборатории Кушвинского металлургического завода изготовили различные изделия из очищенной ими самородной платины и из сплава ее с медью. Изделия эти, первые в России, были изготовлены по способу сплавления самородной платины с мышьяком. Эти же исследователи применили платину для окраски фарфора и изготовили платинистую сталь.

Дальнейшие опыты аффинажа платины проводились в Петербурге в соединенной лаборатории Департамента горных и соляных дел и Горного кадетского корпуса (ныне Горного института) П. Г. Соболевским (1781—1841)<sup>4</sup> и В. В. Любарским (при участии упомянутого мастера В. Сысоева). Этими химиками был выработан новый способ обработки платины. Он заключался в растворении сырой платины в царской водке,

<sup>1</sup> И. И. Варвинский. Новый магазин естественной истории, издаваемый Двигубским. № 12, М. (1822).

<sup>2</sup> В. В. Любарский. Отечественные записки, № 12, стр. 20 (1823). Горный журнал (1824) и след. «Отчеты соединенн. лабораторий».

<sup>3</sup> Н. Р. Мамышев. Горный журнал, I, стр. 31 (1827).

<sup>4</sup> П. Г. Соболевский. Горный журнал, II, стр. 97 (1827); II, стр. 275 (1829).

осаждении хлористым аммонием, прокаливании полученной нашатырной платины и прессовании губчатой платины в холодном состоянии. Брикетты прессованной платины прокаливались и ковались. Способ Соболевского и Любарского выгодно отличался от способов, применявшихся за границей, состоявших в прессовании раскаленной губчатой платины.<sup>1</sup>

За одиннадцать месяцев, с 1 мая 1828 по 31 марта 1829 г. П. Г. Соболевский и его сотрудники очистили более 50 пудов платины и изготовили много различных изделий. С 1828 г. из платины начали чеканить монету достоинством в 3, 6 и 12 рублей.

Большая доступность платины, чем до ее открытия в России, промышленный интерес к ней возбудили внимание к этому металлу со стороны некоторых исследователей. В 1824 г. и в последующие годы были опубликованы работы профессора Дерптского университета Г. Озанна, получившего от правительства 4 фунта уральской платины для исследования. В 1826 г. Озанн опубликовал работу «Исследование русской платины», в которой говорится об открытии им трех новых элементов: плуракия, рутения и полиния. Впоследствии это открытие было опровергнуто Берцелиусом, так как Озанн работал весьма несовершенным методом, с помощью паяльной трубки.<sup>2</sup>

Работы Озанна были продолжены профессором Казанского университета К. К. Клаусом. Он подошел к исследованию уральской платины более тщательно, чем Озанн, и провел подробное химическое исследование большого количества «платиновых остатков», т. е. нерастворимого остатка от растворения уральской платины в царской водке и осадков, полученных восстановлением железом маточных растворов после осаждения платины.<sup>3</sup> «Остатки» в количестве 2 фунтов Клаус «выпросил у господина Соболевского», а затем дополнительно получил из лаборатории Петербургского Монетного двора.

К. Клаус подробно изучил состав остатков, выделил из них чистые платиновые металлы, исследовал многие соединения их, из которых целый ряд получил впервые (как, например, пентаминовые соли родия). Но самым главным в этом исследовании было открытие и изучение нового элемента — рутения (1844), названного в честь России<sup>4</sup> тем же именем, которым Озанн назвал один из элементов, якобы им открытых.

В своем исследовании К. Клаус не ограничился описанием свойств открытого элемента, но и определил его атомный вес. Он получил число 651 (по предложению Берцелиуса в то время атомный вес кислорода принимался за 100). В переводе на современный способ обозначения атомных весов число Клауса будет равно 104.2, что очень мало отличается от позднейших определений — 101.7.

Кроме того, К. Клаус предложил ряд методов аналитического определения платиновых металлов и способов их получения в чистом виде (аффинажа). Впоследствии несколько видоизмененный сернокислотный метод Клауса получения чистой платины, чистого родия, иридия и рутения долгое время применялся на аффинажных заводах.

В дальнейшем К. Клаус продолжал изучение платиновых металлов; работы из этой области он печатал до конца своей жизни, до 1864 г.,

<sup>1</sup> Н. И. Степанов. Изв. Ин-та по изуч. платины и др. благ. металлов, вып. 5, стр. 75—84 (1927).

<sup>2</sup> Э. Х. Фрицман. Изв. Ин-та по изуч. платины и др. благ. металлов, вып. 5, стр. 23—74.

<sup>3</sup> К. Клаус. Зап. Казанского унив., 1844. Перепечатано в Изв. Ин-та по изуч. платины и др. благ. металлов, вып. 5, стр. 226—304 (1927).

<sup>4</sup> Рутения — по-латыни значит Россия.



в различных журналах. Его труды содержат огромный фактический материал по химии платины и ее спутников, поныне используемый химиками. Под влиянием К. Клауса его ученик А. М. Бутлеров одну из своих ранних работ посвятил действию осмиевой кислоты на органические соединения.



К. К. Клаус (1796—1864)

Одновременно с Клаусом опубликовал свою работу «Химическое исследование разных родов Хребто-уральской платины» (1842) профессор Медико-хирургической академии в Петербурге И. М. Мухин.

Исследование Мухина является одной из лучших работ по химическому анализу платиновых минералов.

Общее внимание к платине побудило ряд химиков, не занимавшихся специально ее изучением, провести работы с этим замечательным металлом. К таким работам относятся исследование каталитического действия платиновой черни на реакцию образования воды из кислорода и водорода, проведенное академиком Г. И. Гессом (1831), изучение отношения платины к муравьиной кислоте Ф. Гебеля (Дерпт, 1834), работы академика Б. С. Якоби (Петербург) по измерению электровозбудительной силы элемента платина — цинк (1840—1841), Раевского по синтезу соединений платины с никотином и другими органическими веществами, Фрише и Струве об осмиевой кислоте (1846) и другие. Несколько позднее вышел труд В. Шнейдера (Дерпт, 1868) о новом методе получения чистой платины и иридия.

К области прикладной химии платиновых металлов относится работа отца и сына Доберейнеров по аффинажу платины. Их способ заменил в 1841 г. первоначальный метод осаждения хлороплатината аммония,

введенный П. Г. Соболевским. Новый метод подробно описан Кованько И-м в Горном журнале за 1843 г.

Общая народнохозяйственная депрессия в крепостнической России середины прошлого века и расстройство финансовой системы привели к отказу от чеканки платиновой монеты в 1846 г., к упразднению государственной монополии на платину (1867), к продаже в Англию большого количества платиновых остатков и сырой платины и к прекращению аффинажа платины на Монетном дворе в Петербурге.<sup>1</sup>

Царское правительство пыталось поднять интерес к платине и привлекло для этой цели знаменитых французских ученых Сент-Клер-Девилля и Дебре. Им через академика Якоби было бесплатно предоставлено значительное количество сырой уральской платины и поручено разработать способы ее обработки и выяснить ее пригодность для производства различных изделий и монеты. В работах французских ученых принял участие русский академик Якоби (1859—1860).<sup>2</sup> Были разработаны улучшенные приемы аффинажа платиновых металлов, а главное был изобретен способ плавить платину в больших количествах в пламени гремучего газа.

Применение платины во всем мире после этих работ значительно расширилось. Однако вследствие продолжавшейся после Крымской кампании хозяйственной депрессии платина не вызывала интереса в русских промышленных кругах и ученом мире. Скупка значительной части платиновых приисков на Урале иностранными компаниями и вывоз всей русской платины за границу поставили русскую платиновую промышленность в полную зависимость от иностранцев. Появление в 70-х годах в Петербурге небольших аффинажных заводов не изменило дела, так как эти предприятия принадлежали иностранным фирмам.

Только 80-е годы прошлого века ознаменовались крупными научными трудами ученых России по платиновым металлам. Эти работы были несомненно возбуждены указанным Д. И. Менделеевым интересом к химии сложных комплексных соединений, который в значительной степени захватил химиков Европы и Америки во второй половине прошлого века (П. Т. Клеве, Иергенсен, Х. В. Бломстранд и др., в конце столетия А. Вернер). Объектом исследования платина и ее спутники были выбраны у нас несомненно потому, что платина была национальным богатством России.

Наиболее интересны работы петербургского химика Ф. Вильма<sup>3</sup> над соединениями палладия, родия и иридия (1880—1893). Результатом этих исследований был метод получения чистого палладия через посредство его аммиачных соединений. Этот метод поныне является наилучшим методом аффинажа палладия. Родиевая соль Вильма до последних лет привлекала к себе внимание химиков (О. Е. Звягинцев, Н. К. Пшеницын и др.).

Вторым крупным исследователем химии платиновых металлов в нашей стране был Н. С. Курнаков, выпустивший в 1892 г. труд «О сложных металлических основаниях».<sup>4</sup> В этом обширном труде Н. С. Курнаков опубликовал большой экспериментальный материал по синтезу и

<sup>1</sup> О. Е. Звягинцев. Изв. Ин-та по изуч. платины и др. благ. металлов, вып. 5, стр. 5—22 (1927).

<sup>2</sup> Б. С. Якоби. О платине и употреблении ее в виде монеты. СПб., 1860.  
О. Е. Звягинцев. Изв. Ин-та по изуч. платины и др. благ. металлов, вып. 6, стр. 11—22 (1928).

<sup>3</sup> Ф. Вильм. Zur Kenntniss der Platinmetalle, СПб., 1882.

<sup>4</sup> Н. С. Курнаков. Избр. труды, т. I, Химтеорет., Л., 1938.

изучению важных свойств аммиачных, тиомочевинных, сукцинамидных и других соединений металлов, в том числе металлов платиновой группы. Н. С. Курнаков не присоединился к новой тогда теории строения комплексных соединений А. Вернера, но отошел от старой теории Иергенсена-Бломстранда. Несомненно, что многие воззрения Н. С. Курнакова оказали значительное влияние на последующих исследователей и не потеряли до сих пор своего значения.

Весьма важной является установленная Н. С. Курнаковым закономерность реагирования цис- и трансизомеров соединений платины с тиомочевинной. Эта реакция, по праву называемая именем Курнакова, позволяет легко устанавливать конфигурацию соединений диаминового ряда платины.

В дальнейшем Н. С. Курнаков никогда не ослаблял внимания к платиновым металлам и совместно со своими учениками и сотрудниками занимался вопросами аффинажа платины, изучением платиновых минералов, свойств чистой платины и ее спутников, их сплавов и некоторых соединений.

Нарушая несколько хронологический порядок изложения, я перечислю в кратких чертах дальнейшие работы школы Н. С. Курнакова по платиновым металлам.

В 1910 г. при Горном департаменте Министерства торговли и промышленности было созвано под председательством Н. С. Курнакова совещание по вопросу об организации аффинажа платины в России и об освобождении тем самым нашей страны от зависимости от иностранного капитала. Однако работа комиссии скоро была прекращена, так как германский посол сделал правительству представление о несовместимости ее работ с русско-германским договором, заключенным в 1904 г. Позже, когда срок этого кабального договора истек, снова возник вопрос об организации аффинажа в России. В лаборатории Н. С. Курнакова в 1915—1916 гг. Н. Н. Барабошкин и Н. И. Подкопаев разработали метод аффинажа платины. За основу был взят сернокислотный способ К. К. Клауса; были установлены производственные показатели, а в 1916 г. этот способ был осуществлен на новом аффинажном заводе Николае-Павдинского акционерного общества в Свердловске.

В 1922 г. после безвременной кончины Л. А. Чугаева, директора Института платины Академии Наук, Н. С. Курнаков становится во главе этого Института, руководит работами по исследованию сплавов платиновых металлов и председательствует в аффинажной и металлографической комиссиях Института.

К его работам этого времени относятся исследования сплавов платины с серебром и никелем (совместно с В. А. Немиловым), в последних были установлены и изучены превращения в твердом состоянии. Работы были продолжены учеником и сотрудником Н. С. Курнакова В. А. Немиловым, изучившим множество двойных и тройных систем сплавов платиновых металлов. Из других учеников Н. С. Курнакова Н. И. Подкопаев исследовал систему платина — олово, А. Т. Григорьев изучал сплавы платины с сурьмой, серой, золотом, Е. Я. Роде — систему палладий — серебро. Ученик Н. С. Курнакова и крупный исследователь С. Ф. Жемчужный<sup>1</sup> занимался получением чистой платины, изучением ее свойств (1916) и разрабатывал методы анализа платиновых металлов. Работа по получению чистой платины была потом продолжена

<sup>1</sup> С. Ф. Жемчужный. Получение чистой платины и ее свойства. Материалы КЕПС, Петроград, 1920.



А. Т. Григорьевым (1928). С. Ф. Жемчужный<sup>1</sup> в 1920 г. опубликовал исследование структуры самородной платины, являющееся одной из замечательных работ по минераграфии.

Все эти работы школы Н. С. Курнакова дали обширнейший материал по химии сплавов платиновых металлов, составляющий гордость русской науки.

Возвращаясь к работам по химии платиновых металлов первых годов XX в., надо прежде всего остановиться на исследованиях, начатых в 1908 г. профессором Петербургского университета Львом Александровичем Чугаевым. Заняв кафедру неорганической химии, Л. А. Чугаев, ранее занимавшийся органической химией, организовал систематическую работу по химии комплексных соединений, главным образом платиновых металлов. Вокруг Л. А. Чугаева сгруппировалась плеяда его учеников: И. И. Черняев, Э. Х. Фрицман, В. В. Лебединский, В. Г. Хлопин, Б. П. Орелкин, А. А. Гринберг, Н. К. Пшеницын и многие другие.<sup>2</sup>

Ясно сознавая значение платины для России, Л. А. Чугаев в 1917 г. вошел в Академию Наук с представлением о необходимости учреждения Института по изучению платины.

После Великой Октябрьской социалистической революции, когда платиновая промышленность была освобождена из цепких лап частных владельцев, главным образом иностранцев, вопрос о научно-исследовательских работах по химии и технологии платиновых металлов был поставлен по-новому.

Институт по изучению платины и других благородных металлов при Комиссии по изучению естественных производительных сил России Академии Наук начал в 1918 г. свою работу под руководством первого своего директора Л. А. Чугаева. Задачи этого Института были определены Л. А. Чугаевым так:

«На первом плане стоит методика аффинажа платины и ее спутников, методика получения этих металлов в чистом состоянии.

Изыскание новых полезных сплавов, образуемых металлами платиновой группы, представляет дальнейшую задачу.

Примерно на границе между практическими и научными задачами Платинового института следует поставить важную задачу, касающуюся усовершенствования методов химического анализа шлиховой платины и других материалов, в которых платина и ее спутники встречаются совместно».<sup>3</sup>

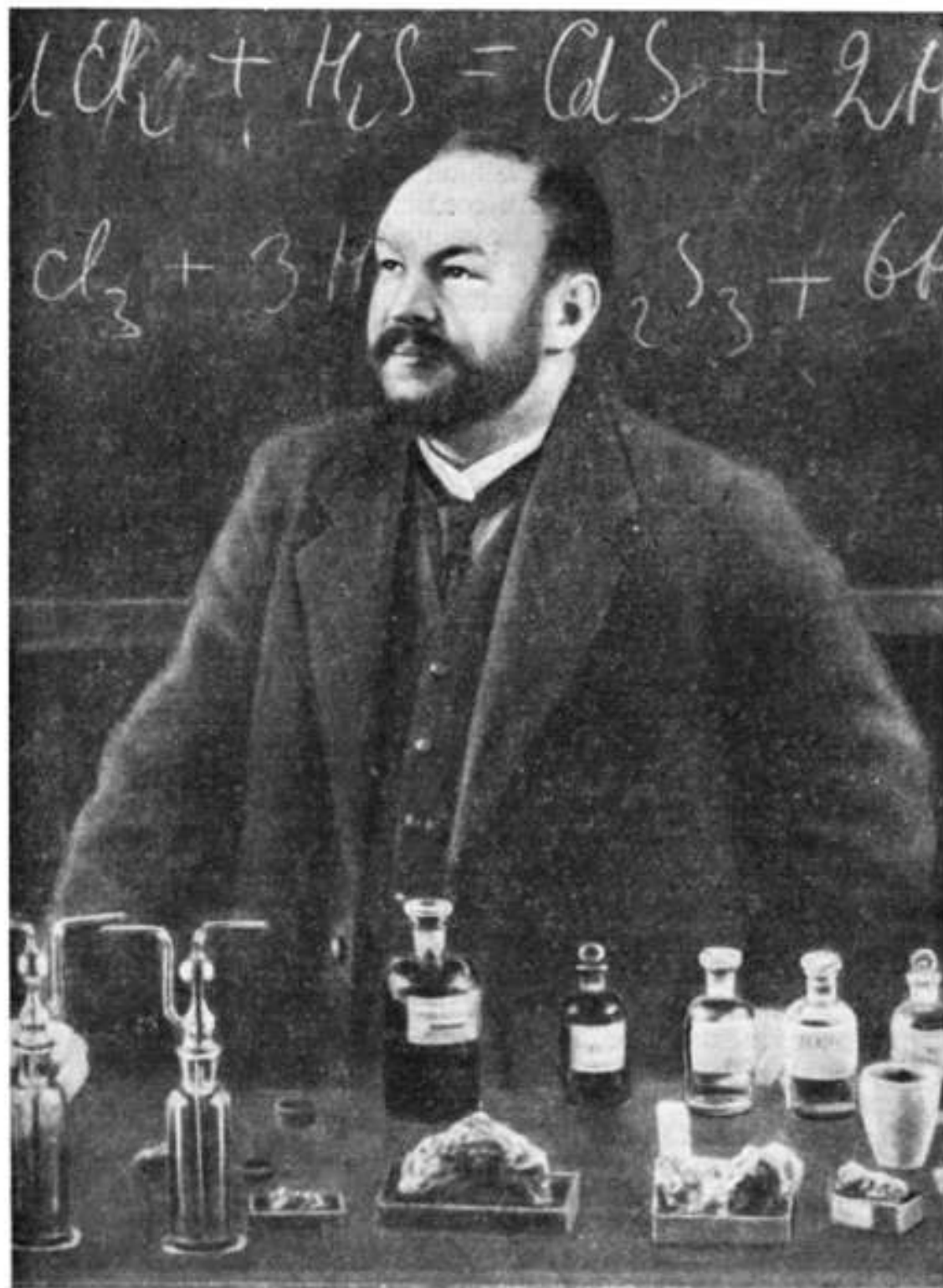
Переходя к теоретическим задачам Института, Л. А. Чугаев говорит о важности изучения свойств металлов платиновой группы и их соединений, о сопоставлении этих свойств со свойствами соединений других элементов. Главным и наиболее интересным свойством платиновых металлов является способность к образованию комплексных соединений. Поэтому изучение химии комплексных соединений, приложение к этому изучению не только химических, но и физических и физико-химических методов, является основной задачей Института.

Задачи, указанные Л. А. Чугаевым, успешно выполняются сначала Институтом платины, а затем, после его реорганизации в 1934 г.,

<sup>1</sup> С. Ф. Жемчужный. Исследование структуры самородной платины. Материалы КЕПС, Петроград, 1920.

<sup>2</sup> Изв. Ин-та по изуч. платины и др. благ. металлов, вып. 3 (1923). (Посвящен памяти Л. А. Чугаева.)

<sup>3</sup> Изв. Ин-та по изуч. платины и др. благ. металлов, вып. 1, стр. 6 (1920).



Л. А. Чугаев (1873—1922)



отделом платины Института общей и неорганической химии (ИОНХ) Академии Наук СССР.

Остановлюсь на работах Л. А. Чугаева и его школы по изучению комплексных соединений платиновых металлов.

В кратком докладе можно только перечислить основные результаты работ. Исследуя комплексные соединения кобальта, никеля, платины с замкнутыми циклами, Л. А. Чугаев установил правило, носящее ныне его имя, согласно которому наиболее устойчивыми являются пяти-шести-членные циклы. Свое «правило циклов» Л. А. Чугаев подтвердил богатым фактическим материалом. Большой круг работ провел Л. А. Чугаев по синтезу и исследованию свойств соединений платины с органическими сульфидами и тиоэфирами. Одновременно им совместно с М. С. Сканави-Григорьевой были начаты работы по получению комплексных соединений платины с гидразином. Возможность получения таких соединений в то время оспаривалась.

В своих работах Л. А. Чугаев стоял на позициях координационной теории А. Вернера. Одним из возражений против этой теории было отсутствие среди аммиачных соединений четырехвалентной платины соединений с пятью молекулами аммиака. Л. А. Чугаеву удалось найти способ получения таких соединений и тем подтвердить правильность теории. Пентаммины платины по постановлению 4-го Менделеевского съезда в 1925 г. называются «солями Чугаева».

Среди соединений металлов платиновой группы особое внимание Л. А. Чугаева привлекала четырехокись осмия, в которой осмий восьмивалентен. Это соединение часто называлось химиками осмиевым ангидридом, но его кислотные свойства никем не были доказаны. Л. А. Чугаев исследовал действие различных веществ на четырехокись осмия и нашел соединения ее с едким кали, едкими цезием и рубидием, и только соединения с едким натром получить не удалось. Таким образом кислотные свойства четырехокиси осмия были доказаны.

Чрезвычайно важными реакциями, изучавшимися Л. А. Чугаевым и использованными им для аналитических целей, а теперь применяемыми во всем мире, являются реакции взаимодействия солей никеля, палладия, платины и железа с альфа-диметилглиоксимом — реактивом, впервые полученным Л. А. Чугаевым и носящим ныне его имя. Само направление работ по изысканию органических реагентов в аналитической химии, широко распространенное теперь, имеет свои истоки в этих работах Л. А. Чугаева.

Это лишь основные работы Л. А. Чугаева. Список его трудов содержит более двухсот названий.

Л. А. Чугаев, как было сказано, обращал большое внимание на вопросы аффинажа платины и ее спутников и начал работы в этом направлении.

Нельзя также не отметить громадного таланта Л. А. Чугаева в организации коллектива работников по химии комплексных соединений и по изучению платины. Коллектив этот не распался после безвременной кончины его основателя в 1922 г. (49 лет от роду), с честью донес знамя школы Л. А. Чугаева до наших дней и стоит в первых рядах советских химиков.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Труды ученых школы Л. А. Чугаева — И. И. Черняева, В. В. Лебединского, А. А. Гринберга, Н. К. Пшеницына, В. Г. Хлопина, Э. Х. Фрицмана, Б. П. Орелкина, М. С. Сканави-Григорьевой, С. Е. Красикова, А. Д. Гельман, А. М. Рубинштейна, В. И. Горемыкина, Б. В. Птицына, Д. И. Рябчикова, А. В. Бабаевой, М. М. Якши-

К ученикам Л. А. Чугаева принадлежат: академик И. И. Черняев, члены-корреспонденты Академии Наук СССР В. В. Лебединский и А. А. Гринберг, академик В. Г. Хлопин, перешедший потом в другую область науки, Э. Х. Фрицман, погибший во время блокады в Ленинграде в 1942 г., Н. К. Пшеницын, М. С. Сканави-Григорьева, С. Е. Красиков, Б. П. Орелкин, безвременно умерший в 1929 г.

Здесь мы можем назвать только основные труды некоторых из перечисленных ученых.

И. И. Черняев проделал огромную синтетическую работу по получению нитритов двух- и четырехвалентной платины, получил и исследовал ряд оптически деятельных соединений четырехвалентной платины, а также большое число изомерных тел. Но одним из самых значительных открытий в современной химии комплексных соединений является установление И. И. Черняевым «правила трансвлияния», определяющего зависимость прочности связи аддендов во внутренней сфере комплексных соединений от противоположащих заместителей. И. И. Черняев много занимался вопросами аффинажа, и ему принадлежит в этой области ряд оригинальных методов получения платины, осмия, рутения.

После смерти Н. С. Курнакова в 1941 г. И. И. Черняев возглавил коллектив работников, занимающихся аффинажем.

Ряд учеников И. И. Черняева, доктора химических наук: А. Д. Гельман, А. М. Рубинштейн, В. И. Горемыкин, М. М. Якшин, А. В. Бабаева имеют крупные научные труды по химии платиновых металлов.

Продолжением и развитием работ Л. А. Чугаева по химии родия и иридия и, в частности, по получению рядов комплексных аммиакатов родия являются работы В. В. Лебединского. Им получены соединения с одной, двумя и тремя молекулами аммиака во внутренней сфере, и тем заполнен весь ряд аммиакатов родия.

Кроме того, В. В. Лебединским и его сотрудниками (И. А. Федоров, В. А. Головня, Е. В. Шендерецкая, М. М. Гурин, Н. Н. Мясоедов и многие другие) изучены новые типы комплексных соединений платиновых металлов с диметилглиоксимом, ацетонитрилом, аминосульфоновой кислотой, тиомочевинной и др. В. В. Лебединский совместно с В. Г. Хлопиным усовершенствовал метод Клауса получения чистой платины и позднее разработал два способа получения родия и передал их в промышленность.

Э. Х. Фрицман исследовал окисление осмия различными окислителями и провел обширную работу по получению и исследованию свойств селенидов платины, а также соединений типа меркаптана.

Н. К. Пшеницын изучал соединения трехвалентного иридия, исследовал термическую изомеризацию комплексных соединений, получил производные соли Вильма и ее иридиевый аналог. Н. К. Пшеницын много внимания уделял вопросам аффинажа и анализа платиновых металлов.

Очень плодотворным оказалось направление работ, развиваемое в Ленинграде А. А. Гринбергом и его учениками (Б. В. Птицын, Л. М. Волштейн, Д. И. Рябчиков, Ф. М. Филинов, В. П. Лаврентьев, П. Н. Кац и другие). Их работы касались стереохимии соединений платины и палладия. Было доказано, что так называемая соль второго основания Рейзе и соль Пейроне действительно являются изомерами и мономерами, получен изомер палладозамина и доказана конфигурация обоих изомеров.



В области физико-химии платиновых соединений изучены окислительно-восстановительные и кислотно-щелочные свойства основных классов комплексных соединений, развиты потенциометрия, рефрактометрия комплексных соединений, для их изучения применен метод меченых атомов. Кроме того, разработаны некоторые аналитические методы потенциометрического титрования. А. А. Гринберг составил руководство «Введение в химию комплексных соединений», удостоенное Сталинской премии 1947 г.<sup>1</sup>

Работы школы Л. А. Чугаева по комплексным соединениям представляют собой главное направление в изучении платиновых металлов. К нему примыкают другие, также весьма важные. О работах школы Курнакова по сплавам упоминалось уже выше. Нужно сказать также об аналитической химии, связанной с решением задач контроля производства платиновых металлов. В этом направлении работали С. Ф. Жемчужный, Н. И. Подкопаев, В. Н. Иванов, Б. Г. Карпов, давшие целый ряд аналитических методик. Б. Г. Карпов долгое время руководил деятельностью аналитической комиссии Платинового института,<sup>2</sup> выработавшей ряд методов анализа шлиховой платины, осмистого иридия, аффинированных металлов и полупродуктов. По анализу платиновых металлов много сделано лабораторией аффинажного завода в Свердловске (Н. Н. Барабошкин, П. П. Мухина, М. П. Сырокомский). В Институте общей и неорганической химии Академии Наук СССР работы по анализу платиновых металлов возглавляются Н. К. Пшеницыным, автором многочисленных оригинальных трудов по аналитическому определению родия, иридия, палладия и др. Н. К. Пшеницын разработал многие методы контроля аффинажных процессов, вошедшие в практику заводов.

Оригинальное направление представляют собой работы по геохимии платиновых металлов (О. Е. Звягинцев)<sup>3</sup> и минералогические исследования руд и минералов платины (А. Г. Бетехтина).<sup>4</sup>

Наконец, работы по аффинажу платиновых металлов, о которых уже упоминалось выше, должны быть здесь также кратко охарактеризованы. Пущенный частично в 1916 г. аффинажный завод в Свердловске должен был вскоре приостановить работу, которая была возобновлена лишь после Октябрьской революции, в 1920 г. Но завод выпускал только платину. Промышленные способы получения спутников платины не были известны. Советские ученые, работавшие в Платиновом институте и на заводе в Свердловске, разработали методы аффинажа всех металлов платиновой группы, и в 1922 г. завод начал выпускать палладий, в 1923 г. — иридий, в 1925 г. — родий и осмий, в 1928 г. — рутений. Среди ученых, работавших по аффинажу, следует упомянуть Н. Н. Барабошкина, технического руководителя завода, мастеров завода Н. Ф. Федорова и А. В. Миронова, И. И. Черняева, создавшего новые методы получения платины, осмия и рутения, В. В. Лебединского, автора двух методов получения родия, С. Е. Красикова и Н. К. Пшеницына, разработавших совместно с В. В. Лебединским и О. Е. Звягинцевым сульфидный метод разделения платиновых металлов, С. Ф. Жемчужного, Н. И. Подкопаева, В. Г. Тронева, занимавшихся вопросом восстановления соединений платиновых металлов водородом, и других

<sup>1</sup> А. А. Гринберг. Введение в химию комплексных соединений. Госхимиздат, 1947.

<sup>2</sup> Труды аналитической комиссии. Изв. Ин-та по изуч. платины, вып. 4 (1926) и вып. 9 (1932).

<sup>3</sup> О. Е. Звягинцев. Геохимия платины. Химтеорет., Л., 1935.

<sup>4</sup> А. Г. Бетехтин. Платина и ее минералы. Изд. АН СССР, М., 1935.





Сотрудники Института платины Академии Наук СССР и Свердловского аффинажного завода (1929 г.). Сидят (слева направо): В. В. Лебединский (ныне чл.-корр. АН СССР), М. А. Андреев (директор завода), И. И. Черняев (ныне академик), В. В. Падучев (зав. лабораторией завода). Стоят (слева направо): А. В. Миронов (зав. производством завода), С. Н. Федоров (инженер завода), О. Е. Звягинцев (ныне профессор), Н. Ф. Федоров (зав. плавильным цехом завода)

В результате этих работ СССР имеет производство всех платиновых металлов<sup>1</sup> высокого качества, разработанное советскими людьми.

За последние 25 лет платиновые металлы начали добываться не только из уральских россыпей, но и из сульфидных медно-никелевых руд. В СССР были открыты, изучены и освоены месторождения сульфидных руд. Получение из них платиновых металлов представляло большие трудности, но коллектив научных работников Платинового института в короткий срок решил основные вопросы получения платиновых металлов из нового сырья. В годы Отечественной войны был спроектирован и построен новый аффинажный завод. В проектировании, пуске его и работе в течение первых трех лет принимали участие научные сотрудники Академии Наук СССР. За разработку способов получения платиновых металлов из сульфидных руд руководящий коллектив работников ИОНХ и инженеров завода — И. И. Черняев, В. В. Лебединский, О. Е. Звягинцев, Н. К. Пшеницын, А. М. Рубинштейн, Ю. Н. Голованов, Н. С. Селиверстов и А. И. Степанов — удостоен в 1946 г. Сталинской премии. В 1948 г.

<sup>1</sup> О. Е. Звягинцев. Аффинаж золота, серебра и металлов платиновой группы. Металлургиздат, М., 1944.

Сталинские премии были присуждены за разработку и внедрение оригинальных улучшений в процесс добывания, очистки и применения платиновых металлов рядом исследователей и инженеров, в числе которых назовем проф. Н. Я. Башилова, инженеров Н. Д. Кужеля, Н. С. Селиверстова, Е. А. Блинову, Н. К. Арсланову, Ю. Д. Лапина, П. И. Рожкова, проф. М. А. Ключко, инженеров И. С. Берсенева, Ф. Т. Киренко, проф. В. А. Немилова.

Перечисленные здесь работы по изучению металлов платиновой группы не исчерпывают всех направлений научной мысли в этой области. Большое число исследований не было направлено специально на изучение этих металлов, но попутно с решением различных задач химии исследовались свойства платины и ее спутников. Нужно назвать работы по катализу и катализаторам академика Н. Д. Зелинского и его школы, проф. И. Е. Ададунова, проф. Н. А. Фигуровского и других, работы по электрохимии академика А. Н. Фрумкина и его школы, многие работы по коллоидной химии.

За последние годы эти работы значительно расширились в связи с поставленным перед наукой вопросом о необходимости найти новые области применения палладия и платины.

В заключение я должен отметить главную особенность отечественных работ по изучению платиновых металлов, которая состоит в неразрывной связи теоретических исследований с решением прикладных вопросов. Эта особенность характеризовала собой и работы ранних русских исследователей А. А. Мусина-Пушкина, П. Г. Соболевского, В. В. Любарского, К. К. Клауса, и с особенной яркостью эта черта выступает у более поздних исследователей — Н. С. Курнакова, Л. А. Чугаева и у других советских ученых. В этом плодотворном сочетании теории и практики залог успеха и в будущем.

*Институт общей и неорганической химии  
им. Н. С. Курнакова  
Академии Наук СССР*