

И. Н. ПЛАКСИН

**РОЛЬ РУССКИХ ХИМИКОВ
В СОЗДАНИИ НАУЧНЫХ ОСНОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ (XVIII—XIX вв.)**

Производство металлов в нашей стране возникло в весьма отдаленные исторические времена. Об этом свидетельствуют археологические исследования и письменные документы.

Значительных успехов русская горнозаводская промышленность достигла в XVIII в. Россия в это время по производству железа и меди занимала первое место. Это побудило, наряду с чисто практическими мероприятиями по применению веками накопленного опыта горнозаводского дела, приступить к созданию научных основ металлургии, к систематизации и критическому разбору всего известного в области производственной практики.

Ввиду отсутствия в то время научной металлургии как самостоятельной отрасли науки основные задачи в области изучения новых вопросов (а не осуществления установившейся производственной практики) решались преимущественно химиками.

I

Создание научных основ металлургии и новых процессов производства металлов весьма интенсивно происходило в течение столетия, начавшегося научной деятельностью Ломоносова и закончившегося работами русских химиков в середине XIX в. Исследования, произведенные в это время, не только внесли большой вклад в развитие отечественной металлургии, но и впервые установили многие новые положения.

Наиболее характерной чертой научной деятельности М. В. Ломоносова являлись широкие обобщения. Каким бы вопросом он ни занимался, всегда его мысль была направлена на научные обобщения, на постановку широкой проблемы в науке или технике. Он разрешал отдельные научные вопросы, составив себе достаточно широкое и оригинальное представление о данной научной области.

Особенностью деятельности Ломоносова поэтому является глубокое проникновение в наиболее важные проблемы естествознания — представления о составе и структуре вещества, превращениях энергии, о строении и развитии вселенной.

Конечную цель науки Ломоносов видел не в собирании фактов и их накоплении, а в теоретическом объяснении явлений. В то же время теория и практика, в понимании Ломоносова, должны быть непрерывно

связаны. «Из наблюдений устанавливать теорию,— писал он,— через теорию исправлять наблюдения — есть лучший всех способ к изысканию правды». В «Слове о пользе химии» Ломоносов указывает: «Истинный химик должен быть теоретиком и практиком... Химик требуется не такой, который только из одного чтения книг понял сию науку, но который собственным искусством в ней прилежно упражнялся». Далее он предостерегает от примитивного эмпиризма тех, кто «выше углей и пепла головы своей поднять не смеют». О взаимоотношении науки и технических применений («художеств») он говорит: «Науки художествам пути показывают, художества происхождения наук ускоряют».

Его книга «Первые основания металлургии или рудных дел»¹ является выдающимся трудом в истории металлургии, химии и горного дела. В ней ярко отразился не только талант Ломоносова-ученого, но также его трезвый ум, позволивший, наряду с широкими теоретическими обобщениями, подойти чрезвычайно чутко к запросам практики. Эта книга получила весьма широкое (для того времени) распространение и на протяжении более половины столетия служила хорошим практическим руководством. О разделах этой книги, посвященных геологии, разведке и горному делу, имеются опубликованные статьи.² Металлургическая часть почти не подвергалась детальному рассмотрению.³ Поэтому на нас лежит большая ответственность за правильный и возможно разносторонний разбор данного сочинения.

К этому обязывает прежде всего большая практическая польза, принесенная книгой русской металлургической промышленности.

Нельзя забывать того, что во второй половине XVIII в. (т. е. когда пользовались этой книгой) Россия стояла на первом месте по выплавке чугуна, в России выплавлялось 25% мировой добычи меди; начинала быстро развиваться свинцовая промышленность и другие отрасли металлургии. Поэтому издание первого руководства на русском языке по металлургии имело громадное значение.

Надо заметить, что «Металлургия» почти являлась единственной научной книгой Ломоносова, оцененной современниками.

В первом «Прибавлении» к этому труду (стр. 223)⁴ Ломоносов говорит, что он начал работать над книгой в 1742 г. после возвращения в Россию: «Возвратясь в Отечество, при сочинении сея книжицы (что было 1742 года) просматривал разных авторов о рудных делах». В протоколах и в журналах конференции Академии говорится, что Ломоносов предложил рукопись к опубликованию 5 февраля 1761 г. Книгу напечатали в одну восьмую листа «на казенном коште» в количестве 1225 экземпляров. Печатание было закончено летом 1763 г., а тираж выпущен в свет в конце года. 14 ноября 1763 г. по требованию Кабинета для Колывано-Воскресенских (Алтайских) заводов было отпущено 100 экземпляров. Повидимому, впечатление от издания этой книги было достаточно

¹ М. В. Ломоносов. Соч. Изд. АН СССР, т. VII, под ред. Б. Н. Меншуткина. Первые основания металлургии или рудных дел. М., 1934, стр. 1—272.

² В. И. Вернадский. О значении трудов М. В. Ломоносова в минералогии и геологии. Ломоносовский сб., М., 1901, стр. 1—34.

Л. Д. Шевяков. Ломоносов и русская геология, горное дело и металлургия, М., 1945.

³ За исключением содержательной, но чрезвычайно краткой статьи проф. В. Я. Мостовича в «Изв. Варшавского политехнического института», 1912. См. В. Я. Мостович. Сб. трудов, т. I, Ломоносов в области металлургии, М., 1936, стр. 675—676.

⁴ Все ссылки на страницы сделаны по первому изданию 1763 г. Орфография в тексте ссылок современная.

благоприятно, так как 20 декабря того же года именным указом Екатерины II Ломоносов был «пожалован» в статские советники и жалование ему повысили до 1875 руб. в год.

Первоначальное издание «Металлургии» представляет том в 428 страниц с семью таблицами иллюстраций. Metallургии в современном понимании в этой книге отводится несколько меньше половины текста. Остальная часть посвящена изложению горного дела и геологии.

«Металлургия» — первая книга на русском языке не только по металлургии, но и по химии. В связи с этим Ломоносову впервые пришлось разработать в этой книге русскую научную химическую терминологию. Уже только поэтому книга должна рассматриваться как исключительное явление в истории русской науки. Я не буду касаться рассмотрения горного и геологического разделов. Отмечу, что эти разделы были высоко оценены виднейшими представителями советской науки (акад. В. И. Вернадским, акад. Л. Д. Шевяковым¹ и другими).

Можно считать, что эти разделы, в частности «О вольном движении воздуха в рудниках примеченном», заложили основу горных наук в России.

В области металлургии работы Ломоносова не подверглись столь тщательному рассмотрению.² Однако они также заслуживают большого внимания, так как через 12 лет после смерти Ломоносова (т. е. в 1777 г.) в «Петербургских ведомостях» появилась клеветническая анонимная статья, утверждавшая, что этот труд якобы представляет перевод книги Шлютера, директора металлургических заводов Нижнего Гарца, опубликованной в 1738 г. К сожалению, эта клевета не была опровергнута и некритически повторялась в течение XIX в. рядом авторов.

Нетрудно доказать всю несостоятельность этого утверждения. Это видно и по содержанию, и по объему этих двух книг. Книга Шлютера описывает практику заводов, на которых он работал. «Металлургия» Ломоносова является глубоким по содержанию и весьма сжатым по способу изложения трудом, дающим как практические приемы, так и принципиальную сущность металлургического производства. Гениальный ученый и первоклассный мастер слова, Ломоносов в своей книге, не выходя из рамок необходимого для практика-металлурга, в то же время освещает химическую сущность металлургических процессов.³

Весьма ценными являются строго научная система и метод изложения, принятые Ломоносовым. Книга начинается с рассмотрения свойств металлов, к которым относятся «светлые и ковкие тела». При этом металлы подразделяются на «высокие» (т. е. благородные) — золото и серебро и на «простые» (медь, железо, олово, свинец).

«§ 1. Металлов виды. Металлом называется светлое тело, которое ковать можно. Таких тел находим только шесть: золото, серебро, медь, олово, железо и свинец. Разделяются на высокие и простые металлы, которых разность в том состоит, что высоких одним огнем без помощи других материй в пепел сжечь не можно, а напротив того, простые через единого онога силу в пепел обращаются» (стр. 3).

¹ Л. Д. Шевяков, указ. соч.

² Б. Н. Меншуткин. Труды М. В. Ломоносова по физике и химии. Изд. АН СССР, М., 1936.

³ В книге Ломоносова (1-е изд.) 12+416 страниц и 7 таблиц иллюстраций. В книге Шлютера (in folio) 612+198 страниц и 58 таблиц. Академик В. И. Вернадский еще в 1900 г. отметил отсутствие сходства этих книг.

Следующую группу веществ, производимых в металлургии, Ломоносов называет полуметаллами (мышьяк, сурьма, висмут, цинк и ртуть). Следует отдать должное характеристике, которая при этом дана физическим и химическим свойствам. Весьма метко и тщательно рассматриваются: ковкость, вязкость, твердость, цвет, блеск, удельный вес, отношение к высоким температурам, в частности окисляемость. Такую характеристику мог дать только выдающийся физик и прекрасный химик-экспериментатор, каким был Ломоносов.

Обращает на себя внимание характеристика структуры металлов и влияние примесей на цвет металла. В этом отношении интересны наблюдения Ломоносова за цветом расплавленного золота, изменяющегося под влиянием примесей. Цвет расплавленного золота он рассматривает как один из критериев его чистоты.

Весьма большое значение придает Ломоносов процессу окисления и «горения» металлов и свойствам продуктов окисления. В этом состоит его гениальное предвидение значения теплот образования окислов металлов для характеристики протекания металлургических процессов.

Также заслуживает внимания описание летучести металлов и влияние на это свойство содержащихся в них примесей. Например, как один из методов отделения примесей от золота рассматривается действие сурьмы, которая, «с металлами в огне соединившись, развеивает их с собою по воздуху и только одно золото оставляет ненарушимым» (стр. 18).

Рассмотрению заводского осуществления металлургических процессов Ломоносов предпосылает изложение пробирного искусства, понимаемого в широком смысле опробования руд сухим путем. Этим методам посвящена IV часть. В этом чувствуется отказ от слепого копирования установившихся металлургических процессов и глубоко прогрессивная мысль — положить в основу металлургической операции «пробование» руды. «Пробирное искусство, как некоторое по уменьшительному масштабу на чертеже изображенное плавильное дело, должно предупредить трудную сию работу и для того перед нею в четвертой главе предполагается кратко сколько надлежит до металлургии, выключая употребительные при монетном деле и при мастерствах производимые пробы и выкладки, кои должны быть на своем месте» (Предисловие). Надо заметить, что методы «пробирного искусства», описанные Ломоносовым, во многих чертах оставались почти неизменными долгое время и отчасти дошли до нашего времени. Примером может служить нижеследующая таблица (обычно приписывавшаяся Кандельгарту) для дозирования количества свинца при купелировании медно-свинцовых сплавов (стр. 129—130).

«Серебро, в котором меди больше, требует также больше и свинцу; что из следующей таблицы видно.

Шестой пробы серебро требует свинцу с собою на капель

	в 20 раз больше
18-той	в 18 » »
42	в 16 » »
54	в 14 » »
72	в 10 » »
84	в 9 » »
90	в 8 » »
96	в 3 раза больше»

Эта таблица сохранилась до наших дней в руководствах по пробирному анализу.

До нашего времени сохранились такие пробы, как шерберная (в пробирной плошке) и тигельная (в пробирном горшке). Выше было отмечено, что Ломоносов впервые дал русскую научную терминологию в области химии и металлургии. В ней он был более последовательным, чем современные нам авторы ряда книг. Кроме упомянутого, мы находим в IV части «Металлургии» описание квартования, купелирования и предварительной пробы сплавов на пробирном камне (оселке).

Интересно замечание Ломоносова с рекомендацией пользоваться пробой на камне только как предварительной, например, для определения количества свинца, присаживаемого при опробовании сухим путем серебряно-медных сплавов.

V часть посвящена «отделению металлов и минералов из руд». Она начинается с изложения способов дробления, рудоразборки, измельчения, мокрого (гравитационного) обогащения, преимущественно шлюзового, а также отмучивания в чанах. С описанием этих подготовительных операций объединено также описание обжига.

Следует отметить, что уже в те времена Ломоносов смотрел на обогащение руд («Приготовление руд к плавлению») не только с точки зрения повышения в них содержания металла, но и с точки зрения улучшения качественных показателей дальнейшего технологического процесса, например, снижение потерь при плавке в результате удаления летучих компонентов.

«§ 117. Состояние руд. Руды к плавлению готовят через разбор, толчение, промывку и обжигание. Ибо самая большая часть руд имеет в себе либо много пустых горных камней, либо серы и мышьяку, или и обою совокупно; из которых первые металл во время плавления в себя втягивают и в огарки купно с собою сожигают, а сера и мышьяк много доброго металла в сильном плавильном огне с собою уносят в воздух. Помянутых посторонних материй, особливо толстые жилы, имеют в себе великое множество. И хотя пустые камни и в самых рудниках рудокопы отделяют и там оставляют; однако так очистить внутри оных нельзя, чтобы после без излишней траты и ущерба добрых металлов те руды плавить можно было» (стр. 155—156).

Надо заметить, что особенно детально Ломоносовым рассмотрены металлургические методы получения золота и серебра. Эти процессы в то время допускали наибольшие приложения химических знаний и поэтому, вероятно, были особенно интересны Ломоносову.

Говоря об извлечении золота, он весьма четко ставит задачу изучения структуры руды (характера вкрапления зерен металла во вмещающую породу) и связывает с особенностями нахождения золота в руде методы его извлечения. Одновременно он подчеркивает подразделение руд на моно- и полиметаллические.

«§ 136. Отделение золотых руд. В некоторых горных местностях жилы бывают, которые в себе только руды одного металла содержат и для того требуют особого плавления. Золото хотя почти самородно находится; однако часто в толь мелких кусках и зернышках с песком смешано или в камень вросло, что только оные через микроскоп усмотреть можно. И для того требует особых способов, которыми бы его отделить от песку и камней. Из оных лучше всех три способа. В первом употребляют ртуть, во втором крепкие водки, а третий способ есть плавление» (стр. 187).

Интересно отметить, что Ломоносов совершенно правильно относил амальгамацию к методам обогащения руд. В связи с этим указано:

«в первом употребляют ртуть... Первый, понеже больше к перемывке руд надлежит, и для того он в первой главе части сея показан» (стр. 188).

Для извлечения золота из руд описаны три метода: амальгамация, плавление и растворение.

Описание растворения особенно интересно тем, что Ломоносовым предлагается гидрометаллургический метод, введенный в промышленную практику на 100 лет позже и незаслуженно известный как «процесс Платнера». Для гидрометаллургического извлечения золота Ломоносов применял хлорную воду, а для получения последней — перегонку смеси из «крепкой водки и чистой соли».

Вообще Ломоносов может считаться поборником гидрометаллургических методов. В частности, эти методы он рекомендовал не только для производства металлов, но и для получения солей. Например, им дано обстоятельное описание сульфатизирующего обжига и выветривания (т. е. естественного окисления на воздухе) медистых руд для подготовки их к выщелачиванию с последующей кристаллизацией медного купороса из раствора. Он также рекомендовал получать медный купорос из шахтных вод (выпариванием и кристаллизацией).

Весьма важна идея классификации гидрометаллургических и других процессов обработки руд в зависимости от вещественного состава последних и расхода реагентов. Так, например, при рассмотрении обработки серебряных руд указано: «В некоторых местах отделяют серебро от руд ртутью, как золото, который способ и в Америке и в королевстве Перуанском в провинции называемой Потози употребляют. Однако таким образом равно как и крепкими водками способнее много самородное серебро в песку и в камнях мелко рассеянное отделять, нежели от руд, в которых сера или мышьяк с серебром смешаны. Ибо ртуть того серебра принять не может, которое серу или мышьяк в себе имеет. А крепкая водка хотя тогда почти и все серебро разъедает и в себя вбирает, когда сера и мышьяк выжжены; однако очень много оной в сей работе пропадает, и для того сие отделение серебра от руд очень убыточно» (стр. 193—194).

Интересна идея использования тепла отходящих газов, которая до настоящего времени остается весьма прогрессивной и еще не достигла полной реализации. Так, при описании кучевого обжига руд рекомендуется утилизировать теплоту отходящих газов для обжига известкового камня, подготавливаемого к загрузке в печи в качестве флюса.

Книга Ломоносова в первую очередь имела задачей развитие отечественной металлургии. В соответствии с этим он дает ряд ценных указаний, как следует строить печи, как нужно вести и контролировать выплавку металла.

При этом автор в своем изложении всегда краток и содержателен, он весьма далек от описания или некритического копирования металлургических процессов. Он отбирает только все достоверное и принципиально важное. Такой метод изложения металлургии до настоящего времени мог бы являться образцом для составления учебника и практического руководства, ставящего задачей первоначальное изучение технологии и конструкций.

В книге Ломоносова ряд процессов описан в таком виде, что они близко отвечают производственной практике наших дней. К этой группе вопросов относится купелирование (иначе — трейбование), сухое рафинирование («как серебро на чисто отжечь»), амальгамация для извлечения золота и серебра из руд. При этом детально разработаны методы рафинирования веркблея. В частности, Ломоносов касается извлечения

сухим путем золота и серебра из их сплавов с медью путем перевода в сплав со свинцом. Для этой цели им описаны приемы так называемого зейгерования — вытопка серебристого свинца из сплава и ликвация медно-свинцового сплава.

Необходимо отметить, что в книге Ломоносова описана также выплавка чугуна из руд: рассматриваются устройство доменной печи и работа при ней, процесс выплавки чугуна из руд, порядок выпуска чугуна из печи. Далее рассматривается передел чугуна для получения железа и стали.

При этом Ломоносов подчеркнул необходимость регулировать плавку в соответствии со свойством руды и топлива. «По состоянию руд надобно угля по пропорции класть, что искусный плавильщик умерить может опытами. При чем надлежит рассуждать состояние самой печи и угля; и есть ли руды разных сортов будут, то должно их так между собой мешать, чтобы доброе железо выходило, что больше и удобнее самим искусством познать, нежели правилами предписать можно» (стр. 204).

Касаясь метода изложения Ломоносова, надо сказать, что это метод настоящего ученого, который ставит перед собой определенную задачу и работает весьма целеустремленно. Так, говоря о принятой системе изложения пробирного искусства, он предупреждает, что будет рассматривать его с точки зрения «пробования» руд, т. е. для оценки их содержания и для технологического испытания, не затрагивая оценки достоинства золотых изделий и других задач, связанных с «мастерством», т. е. металлообработкой. В связи с этим хочется напомнить характеристику научного творчества Ньютона, данную С. И. Вавиловым: чем бы ни занимался Ньютон, он оставался физиком, сохраняя строй мыслей научно дисциплинированного ума.

Ломоносов был более разносторонним ученым, чем Ньютон, но при изложении какого-либо определенного вопроса он был чужд эклектики и всегда избегал сообщения набора сведений, хотя бы и объединенных наименованием описываемого объекта.

Еще одна сторона изложения характеризует это обстоятельство. В предисловии к своей книге он критически подчеркивает, что некоторые авторы, начиная с Агрикола, некритически переписывают сведения о подготовке руды, о ее ручном дроблении. Кроме того, он указывает на отягощение изложения описанием местных особенностей и деталей, относящихся к обработке руд. Возражая против этого, он стремится дать единую систему металлургических операций, основанную на характерных особенностях руд, а не на привычках и традициях, сложившихся в отдельных районах развития металлургической промышленности.

Весьма важно отношение Ломоносова к вопросам техники безопасности, к борьбе с промышленными ядами. Он восстает против ручного дробления, особенно потому, что для этой цели применялся детский труд. Он указывает на губительное действие рудной пыли на детский организм и настаивает на применении «толчейных мельниц» (для дробления и измельчения руд), «которые легко можно сделать для лучшего ускорения работы и для сбережения малолетних детей, которые в нежном своем возрасте тяжкою работою и ядовитую пылью здоровье трагят и на всю жизнь себя увечат; толь много может закоренелый старый обычай» (Предисловие).

Возникновение исследований по благородным металлам в России относится к началу XVIII в., когда в России только зарождалось

«пробирное искусство» (именуемое в настоящее время пробирным анализом).

В приходе-расходной книге «Приказа рудных дел» за 1709 г. встречаются записи о покупке реагентов для испытания руд и «двоих пробирных весков». Первые сведения о постройке в Петербурге «пробирной» лаборатории относятся к 1720 г. Надо заметить, что Петр I не только интересовался развитием металлургии, но и собственноручно занимался испытанием руд методами пробирного анализа.

Во времена Ломоносова в Петербургскую Академию Наук был избран (1755) У. Х. Сальхов. Основанием для избрания являлся труд о разделении золота и серебра действием крепкой водки (азотной кислоты). В дальнейшем Сальхов заведывал химической лабораторией Академии Наук (когда химические исследования проводились Ломоносовым в собственной лаборатории при его доме).

Выдающейся книгой в области пробирного искусства являлась книга академика и профессора В. М. Севергина, опубликованная Академией Наук в 1801 г. Эта книга представляла большой интерес не только как руководство к химическому исследованию полезных ископаемых, в частности, методами пробирного анализа, но и как научный труд большого принципиального значения. Во введении к ней дается весьма интересный и глубокий анализ горных и горнозаводских наук.

II

Работы, положенные в основу развития методов аффинажа и обработки платиновых металлов, являются итогом исследований, проведенных в течение конца XVIII и первой половины XIX в. плеядой блестящих ученых и инженеров (А. А. Мусин-Пушкин, П. Г. Соболевский, И. И. Варвинский и В. В. Любарский). Эти работы характерны для периода развития науки и техники в России, начавшегося в XVIII в. и давшего блестящие результаты как в XVIII, так и в первой половине XIX вв.

Первые работы по изучению платины были начаты в России еще до 1819 г., т. е. до первых открытий россыпей платины на восточных склонах Уральского хребта в бассейнах рек: Иса в Гороблагодатском округе и Сухо-Висима в Нижне-Тагильском округе.

Первый русский ученый, посвятивший ряд своих работ изучению платины, был Аполлос Аполлосович Мусин-Пушкин (1760—1805). Он опубликовал 20 работ по изучению платины и в некоторой степени палладия. Первые работы в этом направлении были начаты им в 1797 г.; они состояли в изучении амальгам платины¹ и условий кристаллизации и растворимости хлороплатината аммония.

При получении амальгамы платины он использовал легкую восстанавливаемость платины из ее солей ртутью и достиг значительно лучших результатов, чем иностранные ученые (Льюис и Энкенген). Вскоре изучение амальгам платины привело его к разработке нового способа обработки платины давлением.² С этой целью очищенная губчатая платина подвергалась обработке горячей соляной кислотой и затем растиралась со ртутью (в отношении 1:5).

Для формования изделия амальгаму прессовали в деревянных формах путем сжатия пуансоном, для чего был построен железный

¹ А. А. Мусин-Пушкин. *Annales de Chimie* (1797).

² Его же. *Технологический журнал*, № 1, стр. 19 (1804).

пресс. Затем медленно отгоняли ртуть и сжигали деревянные формы с доведением температуры до белого каления. Мусин-Пушкин изучил свойства получающихся изделий и методы механической обработки. При этом он установил отрицательное влияние, которое оказывает железо на механические свойства платиновых изделий. Это послужило логическим основанием для дальнейших исследований по очистке (аффинажу) платины от примеси железа. В результате была опубликована работа «Очищение платины от посторонних тел, а особливо от железа».

Метод, предложенный Мусиным-Пушкиным, получил признание и долгое время применялся в технике как лучший способ очистки платины от железа.

Для этой цели из водного раствора платинохлористоводородной кислоты действием соды осаждают примеси (с некоторым количеством платины), «большая же часть платины, самоочистейшей и едва следы железа показывающей, остается не осажденною, сколько бы ни приливали соды». В дальнейшем из этого раствора платина осаждается в виде нерастворимого хлороплатината. Для своего времени автор сделал совершенно правильный вывод, что «никоим образом не отделяется железо от платины лучше, как здесь преподаваемым».

Методы, введенные Мусиным-Пушкиным, не только были совершенно оригинальны, но и служили значительному прогрессу в развитии технологии платины. Ранее известный для обработки платины метод Жанетти, состоящий в сплавлении платины с мышьяком и доложенный Лавуазье в 1790 г. на заседании Парижской Академии наук, был менее совершенным в техническом отношении и весьма вредным для здоровья работающих на таком производстве. В дальнейшем новый этап, явившийся основным в развитии металлургии платины, был достигнут опять-таки благодаря нововведению русских исследователей (Соболевского и Любарского) в 1827 г. (подробнее об этом будет сказано в дальнейшем, стр. 164—165).

Мусину-Пушкину принадлежит еще целый ряд важных работ по платине. Из них весьма интересной и принципиально важной для металлургии является работа по изучению сульфида платины. Глубоко рассматривая этот вопрос, Мусин-Пушкин писал: «Заметить должно, что если доселе химики отвергали соединение серы с платиной и о соединении солей ее с сим веществом говорили столь темно и поверхностно, то происходило сие от того единственно, что употребляли при опытах своих по вероятности растворы платинные с излишеством кислоты, ибо в таком случае явления совсем переменяются: излишняя кислота разлагает щелочную серную печень и сера сама по себе оседает; щелочная же соль печени производит известные тройные соли платинные».¹

Мусин-Пушкин оставил о себе память в истории русской науки не только своими трудами в области изучения платиновых металлов. Много сделано им и для горного дела. Яркий, разносторонний ум, кипучая энергия, пронизательность, удивительная трудоспособность — таковы его характерные черты.²

¹ Протоколы заседаний Конференции Академии Наук (1725—1903), т. IV, стр. 825.

² Мусин-Пушкин был вице-председателем Берг-коллегии (высшего комитета по горной промышленности), почетным членом Академии Наук, членом Лондонского королевского общества. Он часто бывал за границей и поддерживал переписку с видными учеными того времени. Его научная прозорливость сказалась в признании закона эквивалентов Рихтера, который был, по его представлению, избран членом-корреспондентом Академии Наук. По делам горной промышленности и в научных (минералогических) экспедициях он провел несколько лет на Кавказе. Кроме указан-

Следующая группа химиков горных инженеров, много способствовавших развитию металлургии платины, развернула свою деятельность после открытия богатейших уральских месторождений платины.

Исключительные потенциальные возможности платиновых месторождений на территории России были вскрыты не сразу. В 1819 г. в Верхисетском и в Невьянском округах впервые были найдены образцы осмистого иридия. В это время мировая годовая добыча платины составляла до 0,5 т.¹

В районе Баранчинского завода по течению речки Уралихи были открыты исключительно богатые россыпи, содержавшие около 20 г на тонну золотистой платины, а местами даже до 60 г на тонну. Затем были открыты россыпи на р. Ис, в Гороблагодатском округе и в Тагильском округе. В 40-х годах прошлого века годовая добыча платины на Урале составляла уже около 3,5 т.

Быстрое развитие платиновой промышленности потребовало разработки методов химико-металлургической обработки. Эта задача была разрешена тремя выдающимися химиками: Петром Григорьевичем Соболевским, Иовом Игнатьевичем Варвинским и Василием Васильевичем Любарским.

П. Г. Соболевский (1781—1841), сын «Медицины Доктора и Ботаники Профессора», был выдающимся исследователем и весьма образованным для своего времени инженером.²

Свою деятельность в Горном ведомстве он начал на Камско-Воткинском заводе, где проработал в течение восьми лет, занимая в последние четыре года должность управляющего завода.

С 1824 г. Соболевский переходит в Петербургский Горный кадетский корпус (впоследствии Горный институт) для проведения строительных, механических и водопроводных работ. Здесь при его деятельном участии было построено трехэтажное здание, в котором разместилась «Соединенная лаборатория Департамента горных и соляных дел, Горного кадетского корпуса и Главной горной аптеки». Это был по тому времени научно-исследовательский сектор расширенного типа при учебном заведении.

Это учреждение было весьма интересно по поставленной ему цели: «1) испытания и разложения руд, солей и всяких минералов, открываемых в России, 2) опыты, касающиеся до усовершенствования проплавки и промывки руд, выварки солей и прочих металлургических операций».

Таким образом возник первый русский научно-исследовательский институт металлургии, обогащения полезных ископаемых и галургии.

Одной из важнейших задач, поставленных перед Соболевским в этой лаборатории, было установление методов аффинажа и технологии платины.

Работы, произведенные в этой лаборатории, неразрывно связаны с именами двух других выдающихся инженеров и исследователей того времени — И. И. Варвинского и В. В. Любарского.

ных исследований, он работал также в области технологии минеральных веществ и физики. Им реорганизовано Горное училище в Петербурге с образованием на базе его Горного кадетского корпуса, впоследствии преобразованного в Горный институт [Э. Фрицман. Исторический очерк платинового дела в России. Изв. Ин-та по изуч. платины и др. благородных металлов, вып. 5, стр. 23 (1927)].

¹ О. Е. Звягинцев. К столетию русской платины. Изв. Ин-та по изуч. платины, вып. 5, стр. 5, (1927).

² Н. И. Степанов. Биографические сведения о некоторых деятелях в области русского платинового дела. Изв. Ин-та по изуч. платины, вып. 5, стр. 75 (1927).

И. И. Варвинский (род. в 1797 г.), сын штаб-лекаря, окончив Горный кадетский корпус, работал в области разведки и эксплуатации различных месторождений, но через восемь лет после окончания корпуса начинает заниматься почти исключительно химией: сначала в качестве ученика в лаборатории, затем во Франции и Англии и, наконец, в качестве пробирера упомянутой «Соединенной лаборатории», преподавателя и руководителя Химической лаборатории в Горном корпусе. Отсюда в 1832 г. он опять переходит на работу в промышленность в качестве помощника горного начальника Екатеринбургских заводов.

Третьим крупным химиком и инженером, много внесшим в развитие зарождавшейся платиновой промышленности, был В. В. Любарский (1795—1852).

Блестяще окончив Горный кадетский корпус, он начал свою деятельность в качестве металлурга на Кушвинском заводе (Гороблагодатская группа заводов). Здесь он оборудовал первоклассную лабораторию, в которой позднее производилась впервые очистка платины и изготовлялись из нее первые изделия.

В 1820 г. Любарский перешел на работу в лабораторию Горного департамента в Петербург и затем начал преподавание металлургии и пробирного искусства в Горном корпусе. В «Соединенной лаборатории» он работал в качестве управляющего («берг-пробирера») и участвовал в работах по аффинажу и исследованию платины. В дальнейшем, в 1827 г., он вернулся опять к практической деятельности в качестве помощника начальника Гороблагодатских горных заводов.

Чтобы правильно оценить историческое значение работ Соболевского, Варвинского и Любарского, необходимо отчетливо представить себе состояние аффинажа и обработки платины в то время. На уральских предприятиях пользовались лишь самым примитивным способом очистки платины, предложенным Архиповым. Для этого производили лишь отделение золота амальгамацией. Платиновые изделия изготовляли сплавлением с мышьяком (по Жанетти) с последующим выжиганием мышьяка длительным томлением. Заграничные аффинеры платины (в Париже — Бреан и Вокелен, в Лондоне — Волластон) держали в секрете свои методы. Поэтому русским ученым принадлежит честь самостоятельной разработки сложной схемы аффинажа.¹ Для этого Соболевский растворял шлиховую платину в царской водке, производя эту операцию в больших открытых фарфоровых чашах на песчаной бане под вытяжным шкафом. Из отделенного раствора платина осаждалась нашатырем в форме хлороплатината аммония.² При упаривании фильтра и первых промывных вод получали осадок хлороиридата аммония.

Когда Соболевский и Любарский встретились с необходимостью изготовить изделия из губчатой платины³ и испытали метод сплавления с мышьяком, перед ними совершенно отчетливо встала задача замены этого несовершенного метода другим.

В результате исканий Соболевский и Любарский впервые установили новый метод⁴ получения металлических изделий, называемый в

¹ П. Г. Соболевский. Горный журнал, ч. IV, стр. 8 (1827).

² Надо заметить, что в своих первых опытах Соболевский применял лучший метод аффинажа платины. Метод, примененный им в дальнейшем, не давал возможности достаточно полно отделять иридий.

³ Невозможность плавить платину в то время вытекала из ее высокой температуры плавления (1773.5°).

⁴ П. Г. Соболевский. Горный журнал, ч. II, стр. 275 (1829). Там же, ч. I, стр. 524 (1835).

настоящее время металлокерамическим. Очищенную губчатую платину набивали в форму и сдавливали прессом. Спрессованный продукт нагревали до белого каления и опять обрабатывали давлением в прессе, получая таким образом металл, поддающийся ковке. В результате получались плотные платиновые изделия.

Этим путем были изготовлены многие изделия (проволока, чаши, тигли, брусок весом 6 фунтов, медали, жетоны и пр.), продемонстрированные 21 марта 1827 г. во время доклада на торжественном собрании Ученого комитета по горной и соляной части. Эта дата является днем большого торжества русской металлургии — тогда было положено начало возникновению порошковой металлургии. Родоначальником последней совершенно незаслуженно считают Волластона, имя которого упоминается в иностранных работах и обзорах без указания на то, что его сообщение об аналогичном методе было сделано на Бекеровском чтении в 1828 г., т. е. через год после того, как метод Соболевского и Любарского был разработан и обнародован. Этот метод тогда представлял решение серьезной проблемы, так как плавить платину научились только после 1860 г., когда Сент-Клер-Девилль и Дебре предложили способ плавки платины в известковой печи в кислородно-водородном пламени. В свое время плавка платины представляла шаг вперед, так как способствовала дополнительной очистке металла. Позднее, когда аффинаж платиновых металлов был во многом усовершенствован, появилась возможность вернуться опять к металлокерамическому методу, о чем свидетельствуют описания О. Е. Звягинцева,¹ Эткинсона, Рэпера² и Мак Дональда.³

В настоящее время порошковая металлургия получила широкое применение для изготовления изделий не только из платины, но также из вольфрама, железа, бронзы и никеля. С каждым годом все ширится применение порошковой металлургии как в отношении вида изделий, так и в отношении новых составов получаемых сплавов. Таким образом, основа метода порошковой металлургии, родившегося в недрах металлургии платины, послужила развитию весьма разнообразных путей современной металлургии.

Оценка работ Соболевского была дана известным руководителем горной промышленности того времени протекционистом министром Канкриным. Он писал Николаю I: «...в конце 1826 г. Обер-Берг-Пробирер Соединенной Лаборатории Департамента горных и соляных дел и Горного Кадетского Корпуса Соболевский изобрел весьма простой, легкий и удобный способ обработки платины...» «Сим изобретением Обер-Берг-Пробирер Соболевский принес существенную пользу России, доказав на опыте обширные сведения свои в науках и отличное усердие к службе». Надо заметить, что указанным путем в лаборатории Горного корпуса за шесть лет было получено около 6 т чистой платины.

Высокую оценку научных заслуг Соболевского дала Академия Наук: в 1830 г. он был избран членом-корреспондентом.⁴ Кроме выдающихся работ по платине, Соболевскому принадлежит ряд работ в области металлургии, геологии и химии.

¹ О. Е. Звягинцев. Юбилейный сб. Моск. Ин-та цветных металлов и золота, № 9, М. (1940).

² R. H. Atkinson, A. R. Raper. Journ. Inst. Metals, London, 59, 207 (1936).

³ D. Mc. Donald. Chemical Industry, 9, 1031 (1931).

⁴ На том же заседании Академии Наук членами-корреспондентами были избраны Клапейрон и Либих при соотношении поданных голосов: за Соболевского — 16, за Клапейрона — 14, за Либиха — 8.

Другим крупным достижением в науке, определившим в дальнейшем развитие аффинажа платины, явились работы казанского профессора Клауса.¹ В этих работах Клаус в меньшей степени занимался платиной и палладием, так как аффинаж их был уже достаточно изучен. Он уделил большое внимание получению в чистом виде четырех других металлов платиновой группы (иридий, родий, осмий и рутений). Эта задача представляла наибольшие трудности в аффинаже платины.

Свои многочисленные исследования Клаус объединил в одном труде, который издал в 1854 г. к пятидесятилетнему юбилею Казанского университета под заглавием: «Beiträge zur Chemie der Platinmetalle».

Надо отметить, что учеником Клауса был знаменитый А. М. Бутлеров, гордость русской химической науки, также способствовавший познанию свойств и технологии получения платиновых металлов.

Несмотря на столь блестящий период развития платиновой промышленности, общее расстройство экономики и крах государственной политики Николая I привели к прекращению производства платины в 50-х годах прошлого столетия.

Весьма значительное количество платины² в виде шлихового металла и изделий было продано по ничтожной цене английской фирме «Джонсон, Маттей и компания».

Дальнейшие успехи в металлургии платины³ способствовали подъему добычи ее на Урале в 80-х годах. В 1901 г. в Исцовском округе на Урале появились первые две драги, работавшие последовательно: первая на вскрыше (семифутовая) и вторая на добыче и промывке (пятифутовая).

Несмотря на то, что до 1915 г. платина на 90% добывалась в России, платиновая промышленность находилась в зависимости от иностранного капитала, и вся продукция поступала в руки иностранных капиталистов. Только в 1916—1917 гг. в Екатеринбурге Н. Н. Барабошкиным (впоследствии профессором Уральского индустриального института) был построен платиновый аффинажный завод, на котором был начат аффинаж платиновых металлов по видоизмененному методу Клауса.

III

В конце первой половины прошлого столетия русским химиком Петром Романовичем Багратионом⁴ было сделано крупное открытие, положившее в дальнейшем начало цианистому процессу, основе современной гидрометаллургии золота.

Указание на переход золота в раствор при действии цианистых соединений имеется в работе Шееле (1772). В 1805 г. К. Г. Хаген наблюдал растворение металлического золота в растворе цианистого калия при доступе воздуха.

Багратион первый и с полной ясностью показал, что металлическое золото, серебро и медь хорошо растворяются в водных растворах щелоч-

¹ К. К. Клаус. Химическое исследование остатков уральской платиновой руды и металла рутения. Казань, 1844. См. также в Зап. Казанск. унив., 1844.

Его же. О способе добывания чистой платины из руд. Горный журнал (1844).

Его же. *Bullet. Academie Imp. des Sciences. St.-Petersbourg*, 5 (1847).

² Н. Н. Высоцкий. Платина и районы ее добычи, вып. 1, 1923, стр. 65.

³ Работы, проведенные французскими учеными (Сент-Клер-Девиль, Дебре, Стас и др.) по инициативе петербургского академика Якоби, передавшего им поручение русского правительства.

⁴ P. Bagration. Sur la propriété qui possède les cyanures potassique et ferrosopotassique de dissoudre les métaux. *Bull. Académie Imp. des Sciences (de la classe phys.-mathem.)*. St.-Petersbourg, 2 (1843); 9—10, 136—138. *J. Pract. Chemie* (I), 31, 367 (1844).

ных цианидов и в значительно меньшей степени — в растворах желтой железистосинеродистой соли. При этом он указал на весьма важное обстоятельство, которое состоит в значительном ускорении реакции в части раствора, соприкасающейся с воздухом. По этому поводу в его работе говорится: «L'action la plus énergique avait eu lieu à la partie supérieure où le liquide et la plaque se trouvaient en contact avec l'air atmosphérique». ¹ Кроме того, он указал на ускорение реакции при повышении температуры. Багратион отметил способность золота и серебра растворяться в цианистом растворе как непосредственно, так и на аноде под действием электрического тока.

Кроме того, были установлены: 1) возрастание скорости растворения при увеличении относительной поверхности металла и 2) возможность осаждения золота и серебра из цианистых растворов на поверхности некоторых металлов. Наряду с совершенно правильными наблюдениями, которые целиком подтвердились впоследствии, Багратионом была высказана (правда, весьма осторожно) гипотеза о возможном составе образующихся соединений, которая за отсутствием достаточного экспериментального материала не смогла правильно объяснить состав и структуру образующихся комплексных цианистых солей.

Следует отметить, что одновременно с работой Багратиона в том же томе «Бюллетеней» Академии Наук опубликована работа П. Евреинова ² о золотосинеродистой соли калия и синеродистом золоте.

В этой работе Евреинов совершенно правильно определил состав этой новой (для того времени) «соли Himly». Он охарактеризовал ее как «двойную» соль состава $KCu + AuCu$. О структуре этого соединения в то время, естественно, еще нельзя было составить ясного представления.

Таким образом, исходные положения химизма цианистого процесса впервые с полной ясностью были установлены в России. В дальнейшем, изучением растворения золота при действии цианистой соли занимались многие ученые (Л. Эльснер, М. Фарадей, Г. Вюрц) и металлурги-практики.

За время своего развития цианистый процесс вызвал разработку весьма обширной области химии — изучение цианистых соединений и исследование условий растворения металлов и их сплавов.

Практическая реализация цианистого процесса произошла почти на полвека позже работы Багратиона, но после возникновения в промышленности этот процесс получил большое значение в развитии гидрометаллургии золота и серебра.

Его значение выражается не только в том, что большая часть золота за последние 50 лет добыта предприятиями, применяющими этот процесс, но и в том, что современное состояние гидрометаллургии в значительной степени определяется принципами и аппаратурой, выработанными в результате развития методов цианирования. Последнее оказало заметное влияние и на смежные области технологии (на обогащение полезных ископаемых и химическую промышленность).

IV

Значительные успехи, достигнутые русскими учеными и инженерами первой половины XIX в. в создании основ металлургии, в частности, металлургии благородных металлов, способствовали возникновению и

¹ P. Bagration. Указ. соч., стр. 198.

² П. Евреинов. Kalium-Gold-Cyanür und Gold-Cyanür. Bullet. Académie Imp. des Sciences (de la classe phys.-mathém.), St.-Pétersbourg, 2 (1843).

развитию мощной отрасли, базирующейся на исключительных богатствах нашей Родины.

Работы отдельных ученых в России шли далеко впереди своего времени, но не могли быть в достаточной степени использованы вследствие экономической отсталости страны и косности правящих кругов. Только после Октябрьской революции ленинско-сталинская эпоха создала все необходимые предпосылки для расцвета научной мысли и внедрения ее достижений в промышленность.

Крупнейшие научные школы академика Н. С. Курнакова и проф. Л. А. Чугаева во многом способствовали созданию платиновых аффинажных предприятий и познанию свойств благородных металлов и их сплавов.

Ведущими исследователями по платиновым металлам являются русские ученые и прежде всего Л. А. Чугаев и его ученики и сотрудники: академик И. И. Черняев, Э. Х. Фрицман, члены-корреспонденты Академии Наук СССР А. А. Гринберг, В. В. Лебединский, проф. Н. К. Пшеницын. Методы аффинажа, введенные П. Г. Соболевским, В. В. Любарским и К. К. Клаусом, во многом развиты и усовершенствованы И. И. Черняевым и В. В. Лебединским.

Ряд работ в области геохимии и аффинажа платины проведен О. Е. Звягинцевым. Много было сделано в области изучения золотых руд советских месторождений с целью применения к ним процесса цианирования проф. В. Я. Мостовичем и его учениками.¹

Общепризнанным фактом является создание советскими исследователями теории амальгамации золота и платины.² Работы по изучению амальгам платины, начатые Мусиным-Пушкиным, были развиты в новых направлениях в советское время и являются единственными во всей современной научной литературе.³

В последние годы работы по изучению физико-химических основ цианистого процесса привели советских исследователей к установлению возможности значительно интенсифицировать цианистый процесс путем применения цианирования под давлением воздуха или при продувке кислорода.⁴ Наряду с этими исследованиями, сильно видоизменяющими цианистый процесс, в последнее время начаты работы по изысканию новых растворителей золота (например, тиомочевина), которые не имели бы значительной токсичности, отличающей цианистые соли.⁵

Идеи Ломоносова о влиянии вещественного состава руд на выбор метода их обработки привели в советское время к созданию обогатительной (технологической) минералогии, позволяющей на основании усовершенствованных способов изучения состава и структуры руд, а также на основании исследования кристаллической структуры минералов делать выводы об их поведении при обогащении и гидрометаллургической обработке руд. Ряд советских ученых внесли свой вклад в развитие этого направления

¹ В. Я. Мостович. Сб. трудов, ч. 1; М., 1936.

² И. Н. Плаксин. Взаимодействие сплавов и самородного золота с ртутью и цианистыми растворами. М., 1937.

³ И. Н. Плаксин, Н. А. Суворовская. Система платина — ртуть. Журн. прикл. химии, № 5 (1940); Докл. АН СССР, 27, 5 (1940); Изв. сект. платины АН СССР, вып. 18 (1945).

⁴ См. обзорные статьи: И. Н. Плаксин. Цветные металлы, № 6 (1944); Кислород, № 3 (1945).

⁵ И. Н. Плаксин и М. А. Кожухова. О растворении золота и серебра в тиомочевине. Докл. АН СССР, 31, № 7 (1941).

За работами русских химиков-металлургов XVIII и первой половины XIX вв. последовал ряд выдающихся трудов, положивших основу другим разделам теории и практики металлургии и горячей обработки металлов. Замечательно то, что в большом ряду этих работ весьма значительный вклад был сделан выдающимися химиками. Так, Н. Н. Бекетов, профессор Харьковского университета, а впоследствии академик, впервые осуществил алюминотермический процесс и применил реакцию вытеснения алюминия из криолита магнием. Бекетов был первым, кто после Ломоносова читал в высшем учебном заведении курс физической химии и оказал этим благотворное влияние на развитие научной основы металлургии. Эта тесная связь развития физической химии и металлургии в нашей стране получила яркое отражение в работах академиков Н. С. Курнакова и А. А. Байкова. Выдающимися являлись также заслуги созданных ими школ в создании металловедения.

Говоря о связи развития русской химической науки и металлургии, нельзя не отметить глубокого влияния на развитие металлургии трудов Д. И. Менделеева.

Особенно ярко сказалось влияние химии на успешное развитие металлургии в советский период. В сталинские пятилетки развития народного хозяйства создано производство широкого ассортимента ранее не производившихся металлов и сплавов. При разработке научных основ этой технологии решающее значение имели труды многих советских химиков.

*Институт горного дела
Академии Наук СССР*