

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»  
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ ИНСТИТУТА ИСТОРИИ  
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ  
БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

Доктор биол. наук *Л. Я. Бляхер*,  
доктор физ.-мат. наук *А. Т. Григорьян*,  
доктор физ.-мат. наук *Я. Г. Дорфман*, академик *Б. М. Кедров*,  
доктор экон. наук *Б. Г. Кузнецов*, доктор хим. наук *В. И. Кузнецов*,  
доктор биол. наук *А. И. Купцов*, канд. истор. наук *Б. В. Левшин*,  
чл.-корр. АН СССР *С. Р. Микулинский*,  
доктор истор. наук *Д. В. Ознобишин*,  
доктор физ.-мат. наук *И. Б. Погребысский*,  
канд. техн. наук *З. К. Соколовская* (ученый секретарь),  
канд. техн. наук *В. Н. Сокольский*, доктор хим. наук *Ю. И. Соловьев*,  
канд. техн. наук *А. С. Федоров* (зам. председателя),  
канд. тех. наук *И. А. Федоров*,  
доктор хим. наук *Н. А. Фигуровский* (зам. председателя),  
доктор техн. наук *А. А. Чеканов*,  
доктор техн. наук *С. В. Шухардин*,  
доктор физ.-мат. наук *А. П. Юшкевич*,  
академик *А. Л. Янишин* (председатель),  
доктор пед. наук *М. Г. Ярошевский*.

Д. А. Прокошкин

**Павел Петрович**  
**АНОСОВ**

1799—1851



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1971

П. П. Аносов — выдающийся русский металлург первой половины XIX в. Его плодотворная деятельность протекала на Урале и Алтае и ознаменована выдающимися открытиями.

В лице П. П. Аносова сочетался ученый-практик, серьезный исследователь природных богатств, крупный производственник и популяризатор достижений отечественной науки и техники.

Книга написана на обширном научном материале и хорошо иллюстрирована. Рассчитана на широкий круг читателей.



**Россия, богатая железными рудами различного свойства, не бедна и искусными руками; ей недоставало только совершенства в общепотребительном материале — в стали, а это есть булат.**

**А н о с о в**

## **Введение**

В середине XVIII в. Россия обогнала по производству чугуна Англию и сохраняла это первенство всю вторую половину века. К началу XIX в. Россия опередила по производству чугуна и железа все страны Европы, заняла первое место в мире и выступала на мировом рынке в качестве крупного поставщика черных металлов. В 1800 г. в нашей стране было выплавлено 9908 тыс. пуд. чугуна, в то время как в Англии — лишь 9516 тыс. пуд. К тому же русская металлургия была оснащена крупными для своего времени доменными печами. Все действовавшие тогда 111 печей дали в среднем по 90 тыс. пуд. чугуна. Доля уральской металлургии в этом производстве составляла более 83%.

В начале XIX столетия выплавка чугуна достигла более 9 млн. пуд., выделка железа — около 6 млн. пуд. в год. Далее в течение более полувека, до отмены крепостного права, прирост металлургической продукции был невелик. За 35 лет производство чугуна увеличилось лишь на 1,5 млн. пуд., причем доля Урала в общей продукции черных металлов оставалась решающей. Следовательно, причина застоя металлургии России в дореформенный период коренилась в уральской металлургии. Эта причина весьма отчетливо показана В. И. Ле-

ниным: «Но то же самое крепостное право, которое помогло Уралу подняться так высоко в эпоху зачаточного развития европейского капитализма, послужило причиной упадка Урала в эпоху расцвета капитализма\*».

На первой стадии создания крупной уральской металлургии, в петровскую эпоху, крепостное право помогло решить, в рамках феодально-крепостнической системы, вопрос о рабочей силе — важнейший вопрос при организации крупных металлургических заводов, требующих концентрации на одном предприятии нескольких сотен рабочих.

После создания заводов и организации производства возник новый вопрос — вопрос о производительности труда, решение которого требовало новой системы организации производства. Но на заводах продолжал господствовать принудительный труд с низкой производительностью. «Главной причиной застоя Урала было крепостное право; горнопромышленники были и помещиками и заводчиками, основывали свое господство не на капитале и конкуренции, а на монополии и на своем владельческом праве»\*\*.

Это владельческое право на землю, на работных людей ставило последних в исключительно тяжелое, бесправное положение, позволяло заводчикам и казенным заводам устанавливать чрезвычайно низкую оплату труда, которая не стимулировала повышения производительности труда.

Прогрессивные люди того времени понимали необходимость новых производственных отношений, иного положения производителей на производстве, новой формы оплаты труда. К числу таких прогрессивных деятелей относился выдающийся русский металлург Павел Петрович Аносов, который с первых дней своей работы на Златоустовском заводе указывал на крепостное право и принудительный труд, как на причину низкой производительности труда. «Одна хорошая вольная плата» могла служить стимулом к повышению производительности, подчеркивал он неоднократно в своем описании Златоустовского завода в 1819 г. А производительность тру-

\* В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 3, стр. 485.

\*\* Там же, стр. 485—486.

да, как учит В. И. Ленин, является в конечном счете самым важным и самым главным для победы нового общественного строя\*.

Казенные и частные заводы уже тогда вынуждены были прибегать к вольнонаемному труду для обеспечения срочных и важных заказов или восполнения нехватки собственных, приписанных к заводу, рабочих. Таким образом, в недрах крепостной системы возник серьезный конфликт между производительными силами и производственными отношениями. Крепостная система стала серьезным тормозом на пути развития промышленности.

Последний год первой четверти XIX в. был отмечен в России крупнейшими историческими событиями. Дворянские революционеры — декабристы выступили в 1825 г. против самодержавия и крепостничества, за освобождение от архаизма и деспотизма экономики и культуры России. Это была революционная попытка направить экономику России по пути капиталистического развития. «В 1825 году Россия впервые видела революционное движение против царизма»\*\*. Николай I жестоко подавил движение декабристов и упрочил крепостничество в стране.

Конфликт между производительными силами и производственными отношениями еще долго не получал своего разрешения, задерживая развитие металлургии, а вместе с ней и всей промышленности России в течение почти трех четвертей века, и ко времени отмены крепостного права Россия была отодвинута по производству чугуна, железа и стали с первого места, которое она занимала в начале XIX в., на седьмое место в мире. Для резкого изменения производительности труда необходимы были новые производственные отношения, следовало установить вольнонаемный труд, создать условия для применения более совершенной высокопроизводительной техники.

Вместе с тем технические потребности развивающейся промышленности страны и необходимость оснащения армии более совершенной техникой поставили еще в начале XIX в. задачу — повысить качество металлургиче-

\* В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 39, стр. 21.

\*\* В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 30, стр. 315.

ского производства и расширить производство высокопрочного материала — стали. Кстати сказать, острая потребность в доброкачественной стали была не только у России, но и у других стран, в том числе у Англии, Франции, Германии и др. Недаром англичане, французы, итальянцы снаряжали в конце XVIII и начале XIX столетия многочисленные экспедиции в страны Востока для поисков там лучших способов приготовления стали, в частности булата. К решению назревшей проблемы производства качественной стали привлекалось внимание многих русских сталеваров — мастеров и инженеров.

Исключительную роль в этом деле сыграл выдающийся русский металлург первой половины XIX столетия Павел Петрович Аносов. Анализ исторического опыта производства стали и исследование многочисленных образцов высококачественной стали в виде булатов привели его к твердому убеждению, что для достижения совершенства, т. е. получения высокого качества, необходимо переходить на новый способ производства стали — путем выплавки.

Движимый высоким патриотизмом, в условиях крепостнической системы и принудительного труда Аносов сумел в начале второй четверти XIX в. возбудить творческую активность у сталеваров Златоустовского казенного завода и с их помощью провел в производственных условиях огромные по своим масштабам и глубокие по научному содержанию исследования с целью разработки новых способов производства стали.

Труды Аносова завершились блестящим успехом. Он раскрыл многовековую тайну восточного булата, разработал оригинальные способы производства литой стали и дал первое научное и техническое решение проблем высококачественной металлургии. Труды Аносова являются крупнейшим вкладом в науку и технику металлургии.

Выдающийся вклад внесен Аносовым также в геологию, золотопромышленное дело, механизацию производственных процессов. Он дал первый геологический разрез Южного Урала, открыл крупнейшие месторождения золота, руд и других полезных ископаемых.

В настоящей книге автор поставил задачу осветить жизненный путь замечательного русского металлурга Павла Петровича Аносова и дать научный анализ

его трудов. В исследованиях и практической заводской деятельности П. П. Аносова затрагивалось множество коренных вопросов металлургии, имеющих кардинальное значение для прогресса металлургической науки и техники. Автор остановил главное внимание на важнейших открытиях и исследованиях П. П. Аносова в этой области.

Наследие Аносова сыграло большую роль в развитии отечественной металлургии, и поэтому советский народ высоко чтит благородный творческий подвиг великого металлурга.

### Обучение в Горном кадетском корпусе

Павел Петрович Аносов родился в Петербурге в семье чиновника горного ведомства. Отец П. П. Аносова работал секретарем Берг-Коллегии в чине коллежского асессора. Мать его происходила также из среды горных чиновников, она была из семьи известного механика Камских заводов Сабакина.

Точная дата рождения Павла Петровича не установлена. В различных источниках, справочниках, статьях нет согласованности не только в отношении дня и месяца, но даже и года рождения Аносова. В некоторых источниках указывается год рождения Аносова 1797-й [1, 2], в других — 1798-й [3—6], в третьих — 1799-й [7, 8]. Многие из этих источников приводят дату без достаточного обоснования или просто механически повторяя ранее попавшую в литературу.

Первые по времени небольшие сведения биографического характера имеются в некрологе, напечатанном вскоре после смерти Аносова в «Сыне отечества» за 1851 г., где сказано: «Известный наш горный инженер П. П. Аносов, скончавшийся недавно на 52 году своей деятельной и полезной жизни, родился в С.-Петербурге...» [17]. Аносов скончался 13 (25) мая 1851 г. Следовательно, по указанию автора некролога следует, что Аносов родился не ранее 1799 г.

Ознакомление с формулярными списками Аносова за ряд лет позволяет нам подойти к этому вопросу с некоторыми документальными основаниями. Так, например, в формулярном списке 1823 г. указан возраст 24 года, в списке 1824 г. — 25 лет, в списке 1825 г. — 26 лет [19]. Формулярные списки составлялись к 1 июля каждо-

го года. Иногда происходила некоторая задержка. Списки 1826 г. были посланы из Златоуста в департамент горных и соляных дел только 13 августа. В списке Аносова по этому году указано: «27 лет» [10]. В формулярных списках 1847 г. указан возраст 48 лет [11], 1848 г.— 49 лет [12], 1849 г.— 50 лет [13].

Для уточнения года рождения П. П. Аносова заслуживает особого внимания запись в списках после 1820 г. следующего содержания: «Произведен шихтмейстером 13-го класса, со старшинством с седьмого августа тысяча восемьсот семнадцатого года, тысяча восемьсот двадцатого года, ноября двадцать пятого дня, имея тогда от роду двадцать один год» [10]. Все эти документы проходили через руки Аносова как управителя оружейной фабрики, на них имеются его собственноручные приписки и исправления, поэтому они могут считаться вполне достоверными.

Многочисленные записи в формулярных списках и особенно последняя запись, относящаяся к важному для того времени событию — присвоению первого офицерского чина, позволяют считать достоверным год рождения Аносова 1799-й, на который указывали также лица, близко знавшие самого Аносова.

Первые годы жизни Павел Аносов провел в Петербурге.

В 1806 г. управление горной промышленностью претерпело реорганизацию. Вместо Берг-Коллегии был создан Горный департамент, его директором стал Гавриил Симонович Качка, управлявший также и Горным корпусом до 1811 г., когда он был назначен сенатором.

В связи с упразднением Берг-Коллегии отец Аносова был назначен советником Пермского горного правления: С ним переехала на жительство в Пермь вся семья.

Аносков рано остался сиротой. Вскоре после переезда в Пермь отец и мать его умерли, оставив четырех малолетних детей. На счастье детей в Перми оказался родственник по матери Лев Федорович Сабакин, служивший механиком на Камских заводах — Воткинском и Ижевском. Механик Сабакин взял к себе на воспитание оставшихся сирот, в том числе и Павла.

Автор некролога, помещенного в «Сыне отечества», указывает, что механик Сабакин приходился ребятам

дедом по матери. Это не совсем согласуется с имеющимися сведениями об инициалах матери Аносова и имени Сабакина: его звали Львом, а инициалы матери были А. К. Но независимо от этого Сабакин проявил очень большую заботу о детях.

Л. Ф. Сабакин (1746—1813) известен как один из талантливых русских механиков XVIII—начала XIX в. Упорным трудом и мобилизацией своих способностей он добился хорошего знания физики, механики, астрономии, географии, гидравлики, гидростатики, рисования, живописи. Он знал конструкции и действие многих сложных машин. Это был творческий самородок, изобретавший сам различные машины и механизмы, не говоря о различных усовершенствованиях. С 1800 по 1813 г. Сабакин служил механиком в Екатеринбургском округе на Камских заводах. В последние годы он работал на Камско-Ижевском оружейном заводе, где «изобрел для заводского действия многие отличные, полезные и служащие облегчению сил человеческих машины».

С детских лет мальчика ружали люди, интересы которых были связаны с горным делом, и в нем рано проявилась любовь к этому делу. У такого образованного, а с точки зрения 8—10-летнего мальчика абсолютно все знающего механика, каким являлся Сабакин, можно было многому научиться.

Четыре года, проведенные у Сабакина, благоприятно сказались на развитии интереса сметливого мальчика к механизмам, машинам и вообще к технике. В дальнейшем, когда Аносов стал крупным инженером и горным деятелем, в его работе, как и у Л. Ф. Сабакина, неизменно видна благородная цель — облегчение физического труда человека.

Механик Сабакин позаботился о том, чтобы дать хорошее специальное образование своим воспитанникам. Благодаря его стараниям братья Павел и Василий Аносовы были зачислены в 1810 г. в Горный кадетский корпус.

Это учебное заведение было учреждено в Петербурге в 1779 г. как горное училище. В 1804 г. оно было реорганизовано и приравнено к кадетским корпусам. Устав Горного кадетского корпуса предусматривал внутренний распорядок, аналогичный военным учебным заведениям. Воспитанники младших классов назывались



кадетами, а старшие по наукам и поведению — унтер-офицерами, зачислялись на государственную службу и в качестве военных принимали присягу.

К 1810 г. Горный корпус стал первоклассным, весьма популярным учебным заведением. В нем подобрался сильный преподавательский состав, который давал воспитанникам широкое образование и глубокие знания в специальных областях техники.

Согласно Положению о Горном кадетском корпусе, утвержденному в 1804 г., в число воспитанников корпуса разрешили принимать детей не только дворян, но и чиновников горного ведомства. В 1809 г. в корпусе содержалось 50 детей чиновников заводов «хребта Уральского» [15].

Павел и Василий Аносовы были зачислены 3 апреля 1810 г. казеннокоштными воспитанниками «за счет хребта Уральского». Уже в первых классах выявились необыкновенные способности Павла Аносова, особая склонность его к математике, механике, химии и другим наукам, являющимся базой горного и заводского дела.

Пережив в детские годы тяжелую трагедию — утрату отца и матери, Павел понимал, что он может рассчитывать только на самого себя и учился весьма прилежно. В круг изучаемых им наук входили арифметика, алгебра, геометрия, маркшейдерское искусство, механика, гидравлика, физика, химия, минералогия, металлургия, черчение, рисование. В нижних и средних классах изучали латинский, немецкий и французский языки, учителем по этим предметам был известный баснописец Хемницер, служивший в Берг-Коллегии переводчиком [15]. В учебный план вошли и такие важные для специальной подготовки дисциплины, как гражданская и горная архитектура, горная механика, горное хозяйство, «правила исчисления самомалейших количеств» с применением их к механике, начала астрономии и употребление секстанта [16].

Огромный мир науки и техники открывался перед пытливым мальчиком и юношей. С любовью решались математические задачи, выполнялись химические опыты, конструировались механизмы, плавилась руда, и все, что открывалось глазам, впитывалось Павлом Аносовым, собиралось в багаж знаний для будущей творческой деятельности. Аносов настойчиво овладевал все более и более сложным комплексом наук, преподававшихся на

старших курсах корпуса. Выдающиеся способности, упорный труд, горячее стремление к глубоким познаниям обеспечивали неизменный успех в учении. Павел был участником почти всех публичных экзаменов, устраивавшихся в Горном корпусе.

Здесь следует отметить, что кадетам было у кого учиться. В составе преподавателей Горного корпуса были академик Шерер для ведения курса химии, академик Висковатов — по курсу механики, Г. И. Эллерс — по металлургии и пробирному искусству и др. [16].

Горный корпус славился не только серьезной постановкой преподавания специальных дисциплин, но и высокой общей культурой. Воспитанники корпуса проходили множество предметов из разнообразных областей науки и получали широкую общеобразовательную подготовку. К тому же начальство корпуса стремилось навести также и «светский лоск»: воспитанников обучали танцам, фехтованию и т. п.

В корпусе преподавалась также и музыка. В Уставе 1805 г. специально указывалось: «Музыка особенно полезна в том отношении, что по выпуске воспитанников из корпуса может приятным образом занимать их в свободное от должности время, особенно в удаленных местах Сибири, куда они службою предназначаются, и, может быть, отвлечет их от вредных занятий, кои в праздности для молодых людей последствиями своими вызывают гибельны» [18].

По свидетельству современников, Павел Аносов отличался живым и веселым характером. Он был талантливым учеником и постоянным участником спортивных игр и самодеятельности. Культурно-просветительная самодеятельность в корпусе была поставлена хорошо и привлекала внимание столичной интеллигенции.

Одновременно с Павлом Аносовым в Горный кадетский корпус были зачислены два брата, Александр и Василий — дети знаменитых драматических артистов императорских театров Андрея Васильевича и Александры Дмитриевны Каратыгиных. Василий Каратыгин стал в дальнейшем выдающимся артистом-трагиком, центральной фигурой русского театра 1820—1840 гг. [17]. Во время пребывания братьев в Горном корпусе они активно участвовали в организации драматической самодеятельности и постановке любительских спектаклей.

По окончании учебного года все воспитанники Горного корпуса подвергались, согласно Уставу, испытаниям в два этапа. В мае и июне проходили частные испытания по гимназическим предметам и по горным наукам, которые проводились инспектором корпуса и особым комитетом. В комитет входили депутаты от департамента горных и соляных дел и ученого комитета по горной и соляной части, а также профессора и учителя академического курса.

В последних числах июня проводилось публичное испытание в присутствии приглашенных гостей. Воспитанники двух старших классов, составлявших собственно академический курс, подвергались испытаниям по горным и смежным с ними наукам. Испытание заключалось «в чтении составленных воспитанниками рассуждений о разных предметах по горной части», о геогностических образованиях, о минералах, о металлах, окаменелостях, теории горения и т. п. [19].

Публичные экзамены проводились в торжественной обстановке и носили несколько помпезный характер. Для публичных выступлений отбирались наиболее даровитые воспитанники. Павел Аносов постоянно участвовал в подобных экзаменах, многократно получал награды, о чем имеется соответствующая запись в его послужном списке: «...во все время пребывания в Горном корпусе был поведения и благонравия примерного, за что, как и за успехи в науках, оказанные им на испытаниях в публичных собраниях корпуса, награжден был книгами, эстампами, большой золотой и серебряной медалями» [9].

В Горном корпусе, как военном учебном заведении, естественно, остро переживались военные события, которыми жила тогда вся страна. Русско-турецкая война 1806—1812 г. наряду с отвагой и героизмом наших воинов выявила низкий уровень материально-технического снабжения армии и плохое качество вооружения.

Тяжело переживался 1812 г., когда в Москву вошел Наполеон, одержимый идеей мирового господства. Воспитанники корпуса видели тревогу на лицах своих начальников, озабоченных судьбой страны и своего корпуса. Ребята заражались патриотическим духом армии и народа, постоянно затевали военные игры и рисовали себе будущие подвиги.

Война еще долго оставалась в памяти переживших ее как народное бедствие. Однако военные события не влекли за собой срыва учебных занятий в Горном корпусе, воспитанники его продолжали учиться и готовились к тому, чтобы нести знания в центры горной промышленности и в первую очередь на Урал.

В июне 1816 г. Павел Аносов сдал последние экзамены и получил большую золотую медаль. Многозначительна краткая запись в формулярном списке Аносова: «Науки: естественные, математические, политические и горные и языки: французский, немецкий и начальные основания латинского знает» [11].

После окончания теоретического курса необходимо было пройти специальный курс практической подготовки, длившийся в течение целого учебного года. В соответствии с этим Аносов 12 октября 1816 г. был произведен в унтер-офицеры и до лета работал в лабораториях корпуса: изучал литературу, знакомился с техническими заведениями столицы, совершенствовался в технических знаниях.

По уставу Горного кадетского корпуса оканчивающих курс выпускали «не прямо в действительную службу с офицерскими чинами, как было прежде, но в звании практикантов, в коем должны они оставаться два года, употребляя сие время на осматривание горных заводов и рудников и на приучение себя к служебному порядку. В течение этого срока они обязаны представить составленное ими описание горных и заводских устройств и сим только средством могут они открывать себе путь к получению офицерских чинов» [18].

7 августа 1817 г. из Горного корпуса был выпущен и Аносов для определения в действительную горную службу практикантом [9]. В том году корпус выпустил 12 человек. В их числе был Илья Чайковский.

22 ноября 1817 г. департамент горных и соляных дел оформил выпуск из Горного корпуса. Аносов получил назначение на златоустовские казенные заводы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Энциклопедический словарь. Брокгауз и Ефрон. 1830, т. I, стр. 820.
2. Н. Я. Нестеровский. Материалы к биографии П. П. Аносова.— Горный журнал, 1918, т. I—II, кн. 1—6.

3. *Г. Геннади*. Справочный словарь о русских писателях и ученых, 1876, т. I.
4. *С. А. Венгеров*. Критико-биографический словарь русских писателей и ученых, 1886, т. I.
5. «Санкт-Петербургские ведомости», 22 марта 1899 г.
6. Русский биографический словарь, т. II, 1900, стр. 203.
7. Сын отечества, 1851, № 12, стр. 39. Некролог.
8. *А. С. Бумаркин*. Исторические данные по введению изготовления холодного оружия в Златоустовской фабрике немецкими мастерами.— Горный журнал, 1912, № 10—11.
9. Формулярный список П. П. Аносова, 1825 г.— Златоустовский архив, Челябинской обл., ф. 24, оп. 1, д. 252, л. 20.
10. Формулярный список П. П. Аносова, 1826 г.— Златоустовский архив, Челябинской обл., ф. 24, д. 363, л. 6.
11. Формулярный список П. П. Аносова, 1847 г.— Томский обл. архив.
12. Формулярный список П. П. Аносова, 1849 г.— Алтайский краевой госархив, ф. 2, оп. 4, св. 1025, д. 4027.
13. Формулярный список П. П. Аносова, 1849 г.— Алтайский краевой госархив, ф. 2, оп. 3, св. 63, д. 125.
14. «Северная почта», 1813, № 84.
15. *Д. Соколов*. Историческое и статистическое описание Горного кадетского корпуса. СПб., 1830.
16. Научно-исторический сборник, изданный Горным институтом ко дню его столетнего юбилея, 21 октября 1873 г. СПб., 1873, стр. 48.
17. *П. А. Каратыгин*. Записки. Л., Academia, 1929, стр. 18.
18. Устав Горного кадетского корпуса, 1804 г.
19. Об экзамене в Горном кадетском корпусе.— Горный журнал, 1827, № 8, стр. 117.

## Глава вторая

---

### Практикант Златоустовского завода

#### 1. Капитальный труд Аносова о Златоустовском заводе

Зимой 1817 г., окончив курс Горного кадетского корпуса, Павел Аносов прибыл в Златоуст практикантом. Вместе с собой он привез двух младших сестер, взятых им на свое попечение.

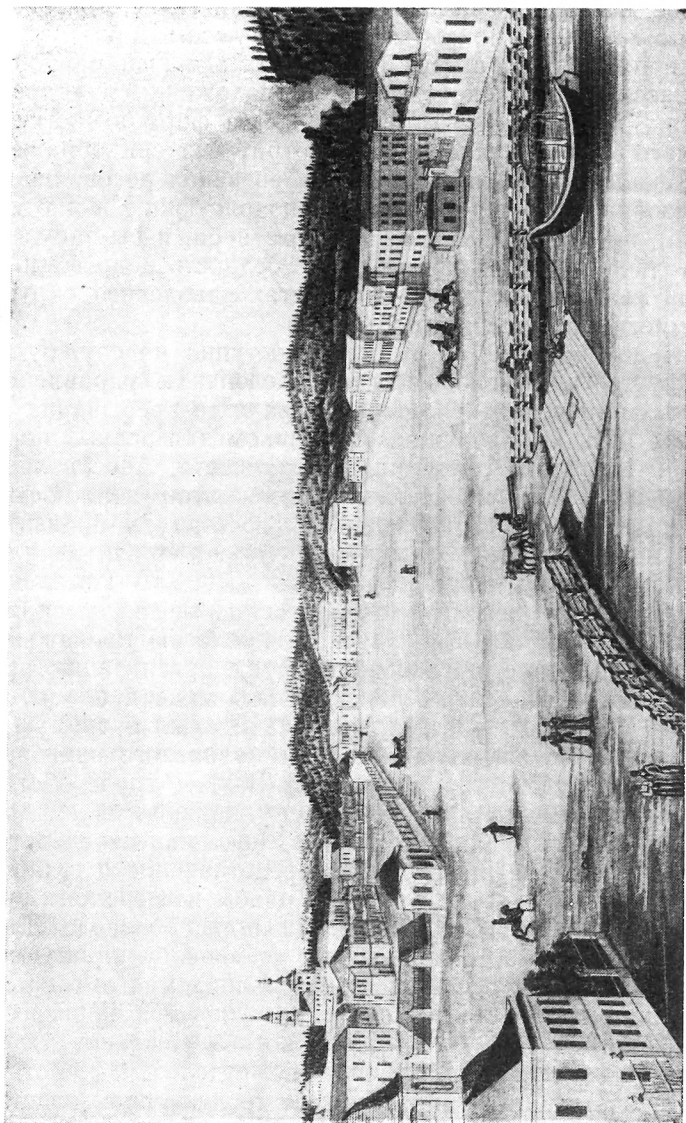
Златоустовский завод располагался в живописном месте Урала. Великолепной природе здесь сопутствовали неисчерпаемые богатства земных недр. Урал произвел на Аносова огромное впечатление. И чем ближе он знакомился с природой Южного Урала, тем больше восторгался величественной красотой его, тем больше увлекался задачей извлечения природных богатств края для пользы своего отечества. Живым языком описывал Аносов леса, горы, реки, горные породы, наблюдавшиеся им во время геологических путешествий по округу златоустовских заводов. Свой крупный геологический труд «Геогностические наблюдения в округе златоустовских заводов и в местах, прилежащих к оным» [1] Аносов начал следующим замечательным описанием: «С вершин гор Ильменских, близ граней Кыштымских заводов, Златоустовский Урал является в грозном величии. Природа его в сих местах дика и угрюма. Величественные леса, мало еще истребленные, прозрачные струи вод, с шумом бегущие по своим крутокаменистым днам; уединенно лежащие нагорные озера; бедные, кое-где раскинутые юрты полуоседлых башкиров; их невозделанные поля и, наконец, дикие, перпендикулярно воздымающиеся сопки

Юрмы, Таганая, Урала, Ицыла, Юман-Тюбы, то совершенно голые, то покрытые местами лесом, дают истинное понятие о характере и красотах здешней природы.

Рассматривая окрестные местоположения в подробностях, нельзя не заметить изящества форм в частях и чудного их совокупления. Посмотрите на сии обнаженные скалы и длинные полосы зеленеющих лесов; на их разнообразие и переходы, приятно рисующиеся в отдалении; на их слияние с горизонтом неба, и вы забудете не только пустоту края, но даже бедность недр земных, столь любопытных в других местах заводского округа, по многим отношениям».

21 декабря 1817 г. Аносов «поступил на службу по Златоустовским заводам, где определен к управлению разных поручений» [2]. Первые два года пребывания на заводе Аносов прослужил чиновником для разных поручений. Выполняя служебные обязанности, Аносов хорошо использовал предоставлявшиеся этой должностью возможности для ознакомления с состоянием производства и организацией заводского хозяйства. Он занялся глубоким и разносторонним изучением всего комплекса производства, охватив не только основные, но и вспомогательные участки его. Изучив технологию производства, оборудование, организацию труда, организацию производства в отдельных цехах и на заводе в целом, он написал в 1819 г. первый свой капитальный труд «Систематическое описание горного и заводского производства Златоустовского завода» [3]. В этом труде обстоятельно описываются железные рудники, леса, водное хозяйство, доменная, кричная и, наконец, передельная фабрики завода. Здесь дается представление о техническом состоянии металлургии на одном из передовых заводов Урала в XIX в., об организации производства на казенном заводе, о положении рабочих, о производительности труда крепостного и вольнонаемного, о противоречиях между крепостническим строем и производительными силами. Этот труд Аносова содержит также много конкретного материала по отдельным участкам производства, подробно освещает технику производства. Поэтому он заслуживает внимания и историков, и экономистов, и техников.

По объему производства и по числу рабочих Златоустовский завод являлся крупным предприятием. «Те-



*Рис. 1. Златоуст в 20-х годах XIX в. [14]*



перь в заводе считается людей всякого возраста до 500 человек, и столько же заводских крестьян, находящихся в деревнях, принадлежащих к Златоустовскому заводу» [3].

Уже в первом своем труде Аносов обнаруживает широкий кругозор, охватывает все вопросы техники, организации и экономики горного и заводского дела.

По существовавшему тогда положению все воспитанники Горного кадетского корпуса должны были по окончании его проработать на заводе в качестве практиканга в течение двух лет и для завершения своего обучения в корпусе представить соответствующее сочинение. «Систематическое описание горного и заводского производства Златоустовского завода» в виде рукописи, на 140 листах с приложением чертежей, было представлено от горного начальства Златоустовского завода в департамент горных и соляных дел 9 августа 1819 г. Эта работа послужила основанием для аттестации Аносова на офицерский чин и назначения на соответствующую должность по службе.

С Златоустовским заводом Аносов прочно связал свою судьбу: он проработал здесь около 30 лет, пройдя все ступени служебной лестницы — от самого низшего чина шихтмейстера 13-го класса до горного начальника заводского округа и генерал-майора Горного корпуса. Это было редким явлением. Согласно положению о Горном кадетском корпусе, его казеннокоштные воспитанники должны были отработать в Горном ведомстве 10 лет, а неказеннокоштные только 5 лет, и редко кто оставался на службе дольше положенного по закону времени. Обладатели горных знаний увлекались частной наживой, становились акционерами, золотопромышленниками и уходили со службы. Интересы П. Аносова были иными, его влекла наука о металле, новые пути которой он прокладывал на базе широких заводских исследований.

## 2. Златоустовские заводы

В состав златоустовских заводов в 1817 г. входило пять заводов: Златоустовский, где концентрировалось главное начальство Златоустовского горного округа, Саткинский, Кусинский, Миасский и Артинский. Первые че-

тыре завода территориально располагались в Троицком уезде Оренбургской губернии, в районе цепи гор хребта Уральского. Артинский завод находился на территории Красноуфимского уезда Пермской губернии, в 224 км от Златоуста. Главный завод, Златоустовский, был удален от губернских и даже уездных городов. Расстояния до уездных городов измерялись десятками и сотнями километров: до Троицкого — 192, до Челябины — 149, до Екатеринбурга — 337 км. До губернского города Уфы было 438 км. Смежные заводы, входившие в Златоустовский горный округ, тоже были не близко: Саткинский — в 46 км, Кусинский — в 26, Миасский — в 39 км [4].

В 1824 г. златоустовские заводы имели пять доменных печей, из них в течение года работали только три, а две находились в ремонте. Вагранок, или малых доменных печей, было две, медеплавильных печей — четыре, гофмайстерских горнов — два. Кричных фабрик для выделки железа из чугуна было пять с 36 молотами, из которых действующими ежегодно были 32, а остальные ремонтировались. Передел железа в различный сорт производился в переделных цехах, имевших у себя 5 станов и 14 молотов.

Четыре завода — Златоустовский, Саткинский, Кусинский и Миасский — имели свои дачи, т. е. прирезанные к ним участки земли. Недра заводских дач полностью обеспечивали производство заводов самым разнообразным сырьем. Весь район заводов был покрыт густыми лесами: сосновыми, березовыми, пихтовыми и др. Все это создавало прекрасные предпосылки для развития металлургического производства на предприятиях округа.

Заводы специализировались по разным видам производства. Златоустовский производил чугун и железо, белое оружие, различные стальные и железные изделия; Саткинский и Кусинский — чугун и железо; Артинский — железо, сталь и косы-литовки. Миасский завод производил медь и железо, в 1823 г. на его дачах начали обрабатывать золотоносные пески.

Все заводы Златоустовского горного округа возникли в третьей четверти XVIII столетия. Выходцы из тульских оружейников, тульские купцы и многих «медных и железных вододействующих заводов, бумажных и полотняных фабрик содержатели» Перфилий Масалов, его

сыновья Иван старшой и Иван меньшей и родственник Максим нажили разными путями миллионное состояние, несколько фабрик и заводов, 8000 крепостных рабочих; три крепостные деревни и потянули свои руки к заветному Уралу. Их манили несметные богатства края, беспконтрольность эксплуатации крепостных крестьян и отсталых башкир, населявших Южный Урал.

В ноябре 1751 г. Масаловы заключили с Оренбургским губернским управлением контракт на постройку в Кувакинской волости, на речках Сатке и Куваше, нового железного завода, который они решили назвать именем Иоанна Златоуста [5]. Контракт был подписан 20 ноября 1751 г., в нем устанавливался четырехгодичный срок постройки завода: «И для того должны они, Масаловы, тот свой завод построить конечно к 20 ноября 1755 года». По контракту Масаловым был передан участок земли в 200 десятин. Они получили бесплатно рудники, «которые были ими приисканы и которые они впредь приищут». Вся округность радиусом в 50 км приписывалась к будущему заводу, другим предпринимателям строительство заводов в этом районе не разрешалось. В качестве особой привилегии было дано право на покупку крестьян, в соответствии с мощностью заводов, «из препорции заводов», на 40 тыс. пуд. чугуна «по пятьдесят дворов, а в каждом дворе по четыре работника». Было также обещано выделить казенных рабочих-мастеровых. Власть над вольнонаемными по существу никем не ограничивалась, судам вменялось в обязанность не допускать ухода рабочих с завода, штрафовать и принуждать работать дальше.

Масаловы обязаны были, «призвав находящихся там башкирских старшин и лучших башкирцев, о построении того завода объявить им ее императорского величества указ и при них под тот завод, под фабрики и прочее вышеозначенное расстояние, намеряв, поставить вокруг грани и учинить всему тому месту особый план» [5]. Завод был построен и пущен в работу в 1761 г. [3].

Аносов считал, что место для завода выбрано Масаловым весьма удачно: «Сама природа как бы предназначила сие место для построения завода, поставив естественную плотину (гору Косотур), простирающуюся почти на 1,5 версты» [3].

В 1769 г. тульский купец Илларион Лугинин купил у Масаловых Златоустовский завод с земельным участком, а у Строганова Саткинский завод, построенный им в 1757 г. Лугинин построил, кроме того, заводы Артинский — в 1778 г., Кусинский — в 1788 и Миасский — в 1797 г.

В 1801 г. заводы Златоустовский, Саткинский, Кусинский и Артинский купил купец Кнауф. Миасский завод остался в казне и был причислен к ведомству Екатеринбургских заводов. Кнауф владел указанными заводами до 16 ноября 1811 г.; за это время все руководящие должности на Златоустовском заводе заняли иностранцы, получившие исключительные привилегии. Им были установлены высокие оклады жалованья — от 300 до 1200 руб. в год, часто не соответствовавшие ни знаниям, ни умению. При этом лица, получавшие менее 600 руб., пользовались готовой квартирой и содержанием, землей для огородов и покосов; кроме того, на каждую семью полагалось по две коровы и по несколько свиней [6].

16 ноября 1811 г. заводы были отобраны у купца Кнауфа «по причине несостоятельности» его и переданы в казну. К этой группе в 1815 г. был присоединен Миасский завод, и таким образом организовалось казенное управление златоустовскими заводами. Почти все окружение Кнауфа перешло на службу в казну. Главноуправляющий Эверсман, а с ним и большинство иностранных мастеров снова заняли руководящие посты, теперь уже на казенных заводах.

Перед Златоустовским заводом была поставлена новая задача — организация производства холодного оружия. Ни Эверсман, ни его подчиненные не были знакомы с этим производством, и, чтобы выйти из положения, они решили вербовать мастеров в Германии.

В связи с организацией Оружейной фабрики численность персонала Златоустовского завода значительно возросла за счет мастеровых по рекрутскому набору, а также из других казенных заводов.

При передаче златоустовских заводов в казну было утверждено для них положение, которым определялась основа хозяйственной деятельности заводов: они были оставлены «на праве коммерческом». В соответствии с этим положением заводы содержались на средст-

ва, выручавшиеся ими за проданные «металлы, изделия и вообще за произведения заводской округи» как казне, так и частным лицам. Деятельность заводов оказалась настолько рентабельной, что они не только не получали от казны пособия по примеру других казенных заводов, но и приносили прибыль «с сохранением в целости всего заводского капитала, движимого и недвижимого» [4].

Положение о заводах предусматривало разделение прибыли на две равные части. Одна из них — половина всей прибыли — хранилась при заводах «на предназначенные проектом горного положения употребления», вторая половина предназначалась для награждения чиновников и мастеровых и делилась на три части, распределение которых ярко отражало режим безжалостной эксплуатации рабочих в крепостнической России. Одна треть половины прибыли, т. е. одна шестая прибыли всех заводов, выдавалась в награждение горному начальнику, вторая треть выдавалась классным чиновникам, наконец, последняя треть — нижним чинам, мастеровым и военной команде соответственно размеру их жалованья. В последнюю группу входило весьма значительное число — 5747 работников, каждому работнику доставались от этой прибыли крохи, и какой-либо заинтересованности в развитии производства эта подачка не вызывала.

Помещичье-крепостнический строй ставил рабочих казенных заводов в чрезвычайно тяжелые условия. Рабочий день длился 12 часов. Хотя система оплаты труда предусматривала собственные подсобные хозяйства рабочих заводов, но вести хозяйство сколько-нибудь сносно при 12-часовом изнурительном труде рабочие, конечно, не могли.

Мастеровые златоустовских заводов получали ежемесячно на себя безденежно по четыре пуда провианта, а при наличии семейства дополнительно на каждого человека по одному пуду. Этот «бесплатный» паек, конечно, не был подарком от завода или казны мастеровым в качестве награды, а составлял часть зарплаты, выдававшуюся продуктами в крайне ограниченном размере [4].

Особенно жестокой эксплуатации подвергались подростки. Мальчики с 12 лет лишались пайка, они обязаны были работать на заводе, и только в этом случае им

выдавался безденежный паек в размере до двух пудов. Девушки лишались безденежного пайка с 18 лет.

О правовом положении рабочих можно говорить только в том смысле, что фактически они были поставлены на положение крепостных. Среди мастеровых златоустовских заводов было много набранных по рекрутскому набору и переведенных с других казенных заводов. Вся эта масса мастеровых находилась в беспрекословном подчинении заводского начальства, которое регламентировало не только их работу на заводе, но и частную жизнь. Горный начальник имел в своем подчинении военный суд, полицию и другие органы власти. Он распоряжался не только рабочей силой, но и жизнью казенных рабочих. Эзекции в те времена были разрешены по отношению не только к нижним чинам армии, но и к воспитанникам военных училищ. Поэтому понятно, как много зависело от личных качеств начальника.

### 3. Добыча руды

На Златоустовском заводе в 1819 г. насчитывалось в общем до 45 рудников, причем около 40 из них было заброшено по разным причинам. Находившиеся в эксплуатации располагались поблизости от завода: Тесьминский на расстоянии 3 км, Орловский и Таганайский — 8 км, Семибратский — 21 км, а Атлянский — на расстоянии 34 км [3]. Это ставило Златоустовский завод в значительно более выгодные условия по сравнению со многими другими уральскими заводами.

Рудники были богатые: «Железные руды, идущие в обработку по сим заводам, суть большей частью плотные бурой и красной железни камни, а иногда и кровавик. Они находятся здесь в огромных пластах и в близком от заводов расстоянии». В 20-х годах прошлого столетия на трех заводах Златоустовского горного округа — Златоустовском, Саткинском и Кусинском — выплавлялось ежегодно до 850 тыс. пуд. руды [4].

Железные руды Златоустовского горного округа характеризуются легкоплавкостью. О природе железных руд, добывавшихся в рудниках Златоустовского завода, Аносов сообщает: «Руды состоят из бурого железного камня с некоторою частию кровавика. Богатство их неодинаково: иные дают до 55 процентов чугуна, а дру-

гие токмо до 45-ти» [3]. В качестве главных посторонних примесей в рудах Аносов указывает марганец, кварц, глину, известь и «фосфорокислую железную руду».

Состав самих руд, наличие тех или иных примесей и условия добычи определяют их производственную ценность. Аносов обращает внимание на большое различие свойств руд в зависимости от состава их и от наличия тех или иных примесей. «Не токмо руды различных рудников имеют различные свойства, но даже руда одного и того же рудника бывает в свойствах своих неодинакова: из других, хотя и легкоплавка, но железо производит хладноломкое; из иных же отличается крепкоплавкостию». Различие плотности руд наблюдается в образцах не только разных рудников, но и в одном и том же. Как вытекает из замечаний Аносова, металлургам того времени было хорошо известно, что большее или меньшее содержание кварца «бывает причиною большей или меньшей степени крепкоплавкости руд», что глина и известь, наоборот, делают руды легкоплавкими, а фосфор придает железу и стали «хладноломкость». Руда залегает в породе, состоящей «из слюдяного сланца и первозданного известкового камня». Далее следует краткая геологическая характеристика рудных месторождений в районе завода и устанавливается общий характер их простирания. «Наблюдая простирание сих месторождений, без затруднения видеть можно, что оные выклиниваются подобно жилам» [3].

Характер месторождений и глубина залегания руды, с одной стороны, и наличные технические средства — с другой, определяли методы разработки. «Добыча руд производится развалами или ямами без всякого укрепления», — писал Аносов. Эти методы являлись основными на железных рудниках Урала. Метод эксплуатации месторождений был варварский, вырабатывались только богатые рудой участки; при отсутствии систематически поставленной разведки хорошие рудники, имевшие еще не разведанные большие запасы железной руды, часто забрасывались.

Техника добычи руды была чрезвычайно примитивная. Аносов указывает четыре вида работ, применявшихся на рудниках Златоустовского завода: кайловую, клиньевую, ломовую и порохострельную. Характер выполняемых рудокопами работ хорошо отражен на рис. 2.

Техническими средствами были: кайла, железный ломок весом около пуда, балда — ручной молот о двух обухах весом до 15 фунт., железные, наваренные сталью клинья, ломы весом от 7 до 8 пуд., лопаты, носилки и тому подобные древнейшие орудия. Это все была техника периода крепостного строя, «махин никаких не употреблялось», даже простых конных воротов не было.

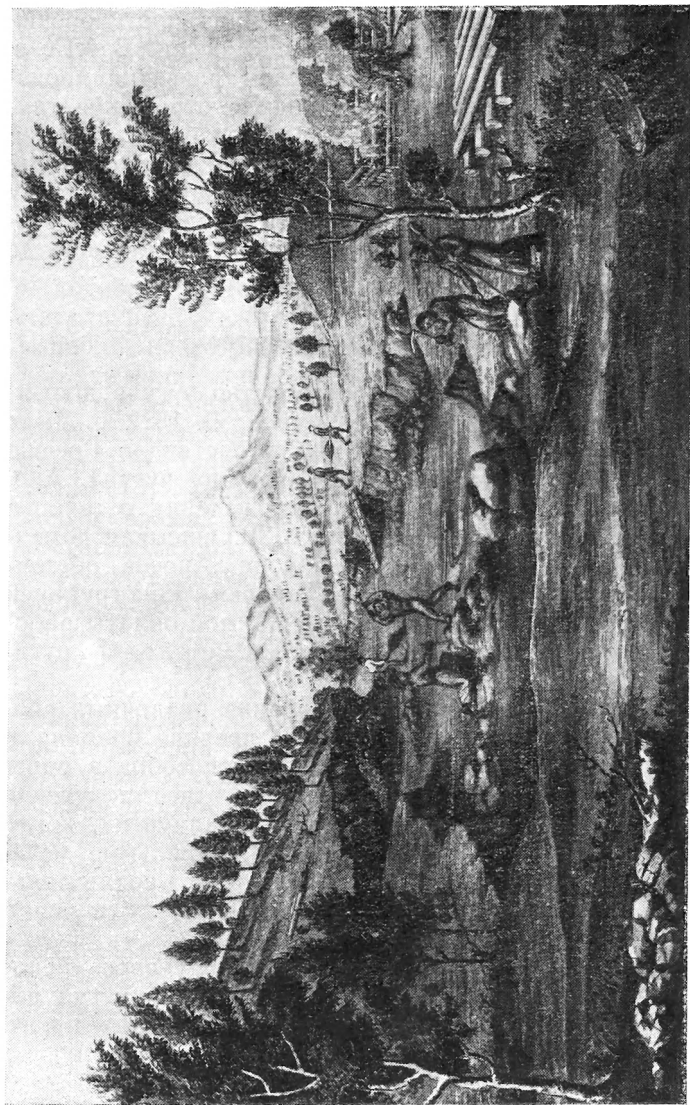
При добыче руды высокой плотности на Златоустовских рудниках применяли «порохострельную работу». «В таком случае стараются отрывать огромные глыбы руды (иногда удается им оторвать одним зарядом глыбу в 500 пуд.), выбуривая дыры двуручными бурами глубиною от  $3/4$  до  $5/4$  аршина и употребляя к заряду оных около фунта и более пороха» [3]. Выполнение «порохострельной работы» Аносов описал весьма подробно, так как она для того времени заслуживала особого внимания — это была передовая техника. Сильное промерзание породы в зимнее время затрудняло добычу руды, поэтому «рудокопные работы на здешних железных рудниках производятся токмо летом».

Добыча руды велась принудительным трудом. Рудокопы были из категории людей, являвшихся собственностью завода. Этим объяснялась весьма низкая оплата труда, по поденной или сдельной системе. «Поденной платы получают: малолет в день 6 копеек, полный работник 8 копеек». «Задельная плата производится с ящика, размер его следующий: длиною и шириною по 2 аршина, вышиною  $1/2$  аршина. В нем помещается руды средним числом 60 пуд. За каждый ящик руды получает работник 25 копеек» [3].

Крепостной рудокоп на Златоустовском заводе мог получить более высокую оплату только в случае значительного превышения некоторой определенной нормы выработки. «Если же он в течение недели добудет руды более 4-х ящиков, то за каждый лишний получает по рублю». Для этого необходимо рудокопу добыть в неделю более 240 пуд., т. е. более четырех тонн.

Подневольные крепостные рудокопы не могли обеспечить потребность Златоустовского завода рудой в нужном количестве. «Недостаток в людях понудил заводское начальство назначить еще вольную плату, за которую бы согласился работать женский пол. Вольная плата производится либо поденная, либо задельная.





*Рис. 2. Добыча руды в Златоусте в 20-х годах XIX в. [14]*

Поденной платы получают: малолетки по 10 копеек, полные работницы 25 копеек в день» [3, стр. 17].

Введение наряду с крепостным вольнонаемного труда явилось следствием глубоких внутренних противоречий в феодально-крепостническом строе России. В XIX в. крепостной труд становился тормозом развития производительных сил страны, что находило отражение также и в добыче руды. На смену ему неизбежно должен был прийти вольнонаемный труд с более высокой культурой и более высокой производительностью. К этому вынуждены были прибегать на златоустовских, сысертских, суксунских, невянских и других заводах еще до отмены крепостного права.

#### 4. Доменное производство

К началу XIX столетия производство чугуна достигло в России значительных размеров. В 1822 г. было выплавлено 9,33 млн. пуд. чугуна, что ставило Россию на первое место в мире по производству чугуна. Аносов дает в своей работе подробные сведения о технике производства чугуна в этот период [3]. Описывая доменную фабрику Златоустовского завода, Аносов обстоятельно знакомит с технологией плавки, конструкцией печи, организацией производства, системой оплаты рабочей силы, качеством выплавлявшегося металла и другими важными вопросами.

Указав правильно на использование различных способов получения железа и чугуна в древние времена и расположив возникновение отдельных способов в определенной последовательности, Аносов отнес получение чугуна к поздней стадии развития металлургии, когда появились непрерывно действующие плавильные печи.

М. А. Павлов (1863—1958) считает, что сравнительная низкоплавкость чугуна (1140—1200° С) обусловила первое применение его в качестве литейного материала еще в те времена, когда все железо получалось непосредственно из руд сыродутным способом, а чугун являлся нежелательным продуктом железодельного производства [7]. В дальнейшем производство чугуна для целей литья стало все больше расширяться, вследствие чего увеличивался размер плавильных печей. Особое значение при этом имело искусственное дутье.

После того как был найден способ передела чугуна в железо, выяснилось, что непосредственное получение железа из руды в сыродутных печах обходится намного дороже, требует большего расхода горючего, руды и материалов, нежели выплавка чугуна и последующий передел его в железо: сыродутный процесс с отсталой техникой и малой производительностью отпал [7].

Наличие дутья у плавильного устройства, по-видимому, определило и его название — оно называлось сначала домницей, а затем, в более позднее время, домной. Так, например, в «Слове Даниила Заточника» по основной редакции XII в. имеется образное выражение, в котором дается указание на особую роль дутья в металлургии железа. «Господине мои! То не море топить корабли, но ветри; не огонь творить ражежение железу, но надымание мешное» [8]. «Надымание мешное» означает дутье от мехов. Этот термин повторяется и в других рукописях «Слова Даниила Заточника», относящихся к XVII в. (собрания Ф. А. Толстого, академика Никольского). Термин «надымание» — дутье — сохранялся долгое время. Отсюда следуют «домница» и «домна». В старой литературе домницей часто называли не только саму плавильную печь, но всю мастерскую, в которой были установлены меха, обеспечивавшие «дмание», и печь.

В 1500—1505 гг. в писцовых книгах Вотской пятины записано около 200 домниц в двух уездах у Финского залива. Домница часто встречалась и в других районах на территории России [9—13]. Домницы принадлежали кустарям, которые, как правило, сами производили выплавку чугуна из руды, обломков железа, окалины и других отходов железоделательного производства. Иногда хозяйчики домниц прибегали к найму подсобной рабочей силы, устраивали несколько домниц с наемной рабочей силой, и таким образом возникало предприятие, выходящее за рамки семейного труда.

В начале XVII столетия вблизи Тулы действовали заводы с доменными печами для выплавки чугуна. 1631 год ознаменован строительством крупного железоделательного завода — Ницынского. В следующем, 1632 г. царь Михаил Федорович дал концессию Андрею Виниусу на постройку «мельнишного», или «вододействующего», завода. По этой концессии были построены

заводы с доменными печами в 2 раза большей производительности, чем английские домны.

Постройка крупных для того времени вододействующих заводов имела следствием резкое понижение цен на железо и чугун. Во второй половине XVII и в XVIII столетии в России было построено значительное число чугуноплавильных заводов. Особенно интенсивно развивалась металлургия в эпоху Петра I. Центр металлургической промышленности был перенесен на Урал. К началу XIX столетия на Урале насчитывалось 75 доменных печей с общей производительностью 7,94 млн. пуд. чугуна в год.

Основным производителем металла в России в XVIII столетии являлась уральская металлургия, здесь выплавлялось до 80% чугуна, производившегося в стране. Но уральская металлургия явно не справлялась с удовлетворением потребности страны на металл. «Развитие железной промышленности шло на Урале очень медленно. За сто лет производство не успело удвоиться, и Россия оказалась далеко позади других европейских стран, в которых крупная машинная индустрия вызвала гигантское развитие металлургии»\*.

В начале XIX столетия на Златоустовских заводах было пять доменных печей и две вагранки, или малые доменные печи, четыре медеплавильные печи, два гофмастерских горна. Чугун выплавлялся на Златоустовском, Саткинском и Кусинском заводах. Артинский завод работал на готовом чугуне. На Златоустовском заводе доменная фабрика была оборудована двумя доменными печами, двумя ставами мехов для накачивания воздуха в доменные печи и двумя печами для обжига руды [3]. Общий вид доменного цеха с двумя доменными печами и вагранкой приводится по рисунку Бояршиновых 1827 г. (рис. 3). На переднем плане виден литейный двор. Художнику удалось показать на рисунке разнообразнейшие стороны доменного производства. Видны в общих чертах устройство доменных печей и вагранки, загрузочная площадка, подготовка шихты, загрузка ее в печи. Из одной доменной печи металл выпускается в песчаные формы на штыковой чугун; в другой производится формовка крупных деталей — коленчатого вала,

\* В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 3, стр. 485.

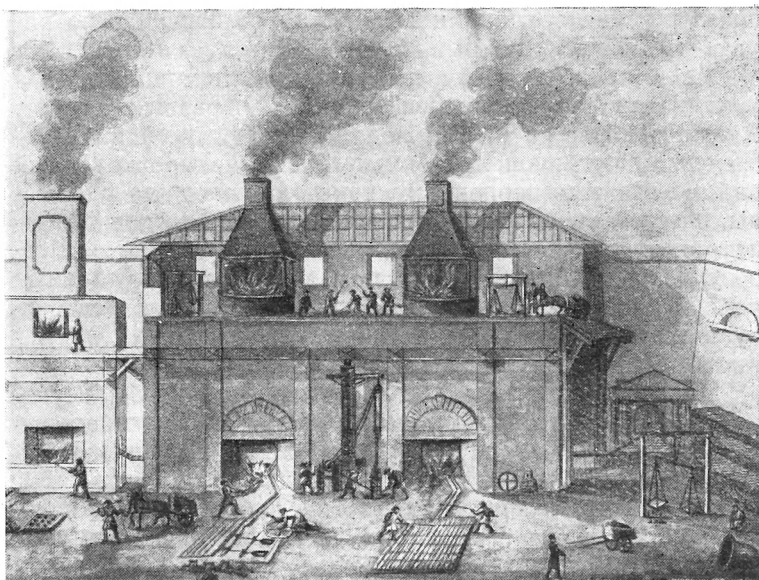


Рис. 3. Общий вид доменной фабрики по рисунку Бояришиновых [14]

зубчатого колеса. В цеху использовался гужевой транспорт.

Относительно доменной печи Златоустовского завода Аносов сообщает: «Самая печь состоит из двух частей, а именно: из горна (в) и так называемой трубы (г)». Указанные названия частей доменной печи покоятся на первоначальной функции их, когда для выплавки чугуна применялись малые печи и вся плавка протекала в низкой шахтной печи, называвшейся горном. Название этой части печи было связано с происходящим в ней процессом горения. Общая высота печи, считая от лещади до колошника, составляла 16 аршин (~11 м).

Каждая доменная печь обслуживалась ставом воздушных мехов, состоявшим из четырех цилиндров, или кадей. Меха приводились в движение водяными колесами, каждый став обслуживался отдельным колесом. Цилиндры мехов были деревянные, обтянутые железными обручами. По существу это были уже не меха, а ком-

прессоры, они сохранили только старое название по характеру своей службы.

Меха приводились в действие при помощи особого механизма, различной конструкции у разных ставов. В одном ставе со щипом водяного колеса соединен посредством чугунной коробки чугунный четырехколенный вал, на взаимно перпендикулярные колена вала насажены шатуны, передающие движение гнетам, а гнеты — патронам, т. е. поршням. Так осуществлялось нагнетание воздуха в цилиндрических мехах. Воздух в доменные печи подавался с обычной температурой. Подогрев воздуха в то время (1819) в металлургии еще не применялся.

На Златоустовском заводе доменные печи были устроены с использованием тепла и химической активности отходящих газов. Для этого на верхней площадке, у колошников домен, были устроены печи для обжига руды. Обжиг руд производился отчасти с целью удаления серы, находившейся в рудах местами в виде серного колчедана, отчасти для удаления влаги и разрыхления кусков руд, чтобы легче было их дробить молотками.

Руда после обжига дробилась рабочими-рудобоями при помощи «подручных молотов» до величины грецкого ореха. Необходимость дробления руды Аносов обосновывает тем, что слишком крупные куски руды «по малому числу точек прикосновения не в состоянии будут скоро расправляться». С другой стороны, мелкораздробленная руда, «слегаясь плотно с углем, будет препятствовать возгоранию онаго, отчего жар в печи уменьшится и, следовательно, последует замедление в плавке, или, как обыкновенно говорят, мелкая руда *заглушает плавку*». «Опытностью многих веков признано выгоднейшим употреблять в плавку руду по среднему содержанию величиною с грецкий орех» [3].

Аносов указывает, что большая часть заводов вела обжиг руд непосредственно на рудниках и лишь некоторые осуществляли этот процесс при доменных печах. При решении вопроса о том, где организовывать обжиг руд — на руднике или в доменном цехе, необходимо было учесть ряд факторов: качество руд, расстояние рудников от завода, число потребных работников, количество затрачиваемого топлива при обжиге на рудниках, качество обжига.

Аносов обстоятельно разбирает процесс выплавки чугуна. Прежде всего он обращает внимание на плавкость руд и рассматривает это качество с технологической точки зрения. Железные руды сопровождаются каменными породами, состав которых бывает простым и сложным. Как бы тщательно ни очищали куски руды от породы, всегда остается некоторое ее количество, которое, попадая в доменную печь, оказывает весьма большое влияние на ход плавки. «Крепкоплавкость руд происходит от малой сложности каменных пород, в них находящихся: поелику чистые земли, как, например, гольшевая, глинистая и пр., сами по себе не плавятся, делаются же способными к расплавлению тогда только, когда несколько из них будут находиться вместе. Почему, например, Таганайская руда проплавляется либо с Орловскою, либо с Тесминскою, либо с обеими вместе» [3]. Этими научными положениями объяснял Аносов выработанные практикой многих лет на Златоустовском заводе методы подготовки руд к плавке. Для улучшения плавкости руды разных месторождений смешивались.

Рассмотрев вопрос о подготовке в шихту руды, Аносов отметил также важность для успешного хода плавки подбора и подготовки соответствующего флюса. «Хотя бы несколько родов руд были смешаны между собою, все они сами по себе не могут надлежаще расплавляться жидко; почему всегда необходимо нужно прибавлять вещество, способствующее к удобнейшему расплавлению — флюс». К подбору флюсующих веществ Аносов подходит научно обоснованно, с учетом природы примесей руды, которые должны ошлаковываться флюсующими веществами, чтобы в совокупности они образовали жидкоплавкую смесь. «Так как главная примесь во всех здешних рудах есть кварц и глина, для коих лучшим растворительным средством почитается известковый камень: поелику же он находится частью и в самих рудах, а особливо в мягких, то вместо онаго с весьма хорошим успехом служит известковый песок, коего употребление тем более одобрительно, что он ближе находится к заводу, да и добыча онаго несравненно легче, нежели добыча известкового камня» [3].

Количество флюса, писал Аносов, должно быть не больше того, чем это нужно «для придания руде надлежащей плавкости и для чистоты выплавляемого чугуна».

Излишний флюс увеличивает расходы на плавку и «причиняет растрату чугуна, переходящего с ним в сок». Избыток шлака не позволяет хорошо нагреть чугун и сделать его жидкотекучим, в силу чего затрудняется очистка чугуна от примесей и улучшение качества. С другой стороны, при малом количестве флюса чугун, «будучи мало защищен от сильного жара, легко будет сгорать».

Аносов отмечает, что уголь для доменного производства должен быть твердым, не быстро сгорающим, не слишком крупным. На Златоустовском заводе для этой цели употреблялся годовалый березовый уголь, который для предохранения от излишней сырости хранили в особых сараях.

Аносов дает в своей работе очень интересные сведения по характеристике чугунов.

По химическому составу и физическим свойствам чугун получался неодинаковым в зависимости от исходных материалов и условий выплавки. «Чугун получает различные свойства, смотря по тому, более или менее содержит в себе посторонних частей и с большим или меньшим количеством угля соединен, почему разделяют его на два рода: на сырой и спелый, или мягкий» [3].

Белый чугун употреблялся на Златоустовском заводе только для изготовления сырой стали в Оружейной фабрике. На изготовление железа он в отдельности не годился и мог применяться на это дело только вместе с «мягким» чугуном.

Половинчатый чугун в жидком состоянии «из горна бежит тише сырого, менее издает искр, скоро стынет», а в твердом состоянии «не так хрупок, с поверхности цвет имеет такой же, как и сырой чугун, в изломе зернист». Этот сорт чугуна, как белый, использовался для производства стали в Оружейной фабрике. Кроме того, он применялся для литья крупных изделий, у которых должна быть высокая твердость в рабочей части. На заводе из этого чугуна отливали наковальни кричных молотов и другие крупные вещи. Для большей стойкости в службе рабочая поверхность наковальни, подвергающаяся смятию и истиранию, должна обладать высокой твердостью. Это обеспечивается отбеленной поверхностью половинчатого чугуна.

Третий чугун в жидком виде «из горна бежит скоро, издает мелкие редкие блестящие искры, жидок, мед-



ленно остывает». Как указывает Аносов, после затвердевания поверхность получается вогнутой или выпуклой, синеватого цвета и как бы покрыта сажею (графитом), излом серый, неровный либо мелкозернистый. Он легче, мягче и разбивается труднее половинчатого чугуна. Третний чугун являлся основным материалом для выковки кричного железа. Он удобно перерабатывался, давая наименьший угар и лучшего качества железо.

Опойчатый, или серый литейный, чугун, по характеристике Аносова, в расплавленном состоянии, «будучи весьма жидок, по борозде бежит весьма скоро, остановившись же, производит некоторую игру, причем искр издает очень мало, стынет скорее третнего чугуна...»

К началу XIX в. чугунолитейное дело имело в России широкое распространение, оно охватывало производство разнообразных изделий, от простой домашней утвари до коленчатых валов и крупнокалиберных пушек. Чугунное литье занимало значительное место в производстве Златоустовского завода.

В работе Аносова имеются весьма интересные сведения о технологии литейного производства, а также о технико-экономическом состоянии этого дела на заводе в первой четверти XIX столетия. Отливка производилась «либо в песке — печатка, либо в глине — формовка, либо, наконец, в опоках» [3]. Отливка в песке, по заводской терминологии «печатка», производилась таких изделий, которые могли быть отпечатаны в песчаной форме, например кричные молоты, наковальни, колеса, пятники, доски и пр.

## 5. Производство кричного железа

С древних времен железо начали получать из чугуна путем обезуглероживания его и ошлаковывания примесей в специальных горнах, называемых кричными. Некоторые авторы относят начало кричного способа передела чугуна к XII в. н. э. [14]. Возможно, для стран Западной Европы эта дата близка к истине, но в странах Востока этот способ, несомненно, был применен значительно ранее. Развиваясь длительное время, кричный способ получил широкое распространение в XVII—XVIII столетиях и, хотя в 1784 г. был предложен более

совершенный—пудлинговый процесс, а в начале второй половины XIX столетия — мартеновский, сохранялся еще после этого долгое время. В России и Швеции, имеющих весьма чистые железные руды и древесный уголь, производство чистейшего кричного железа сохранялось до начала XX в.

В России кричный способ был весьма распространен прежде всего на Урале, где имелись чистые руды и производился древесноугольный чугу́н. Производство этим способом сортового и кровельного железа сохранялось до конца XIX столетия, а в начале XX в. иногда выделялось кричное железо из чистых руд для приготовления высококачественной тигельной стали.

Железо добывалось двумя способами: непосредственно из руд и путем передела чугуна. Первым способом можно, вообще говоря, получить железо весьма хорошего качества, но при этом происходит большая потеря материалов и времени, поэтому данный способ в XIX в. употреблялся мало. Везде, где существовало более или менее значительное производство, железо получалось вторым способом, т. е. путем передела чугуна [15].

Процесс передела чугуна в кричных горнах имел множество вариантов в разных странах и даже в разных промышленных районах одной и той же страны. Насчитывалось до 60 вариантов, а в общем они имели единую металлургическую основу. Куски чугуна нагревались на раскаленных углях в кричном горне до расплавления в окислительной атмосфере; плавление кусков осуществлялось постепенно, и в связи с этим происходило постепенное окисление примесей чугуна, в том числе углерода. Очищенный от примесей металл накапливался на дне горна и собирался в комок, который принято называть крицей. Этот комок извлекался из горна, обжимался и проковывался под кричным молотом в полосы сортового железа.

Наиболее обстоятельные исследования химизма процесса были даны Ботышевым в 1858 г. на Нижне-Туринском заводе [14]. Он произвел химический анализ металла и шлаков в разных стадиях производства. Опыты Ботышева отчетливо показали определенную скорость и последовательность выгорания примесей чугуна. В первую очередь окисляются марганец и кремний, а углерод вначале выгорает медленно и только после уда-

ления основной массы кремния и марганца начинает энергично окисляться и удаляться из чугуна. В силу этого для кричного производства желательнее было иметь в чугуне марганца до 0,5% и не свыше 1,0%, а также поменьше кремния. В отношении последнего элемента в чугунах для кричного передела придерживались содержания до 0,25% и не свыше 0,5%. Предпочтительными были чугуны холодного хода, древесноугольные, из чистых руд, белые или половинчатые. По опытам Ботышева, шлак, взятый через 30 минут после начала процесса и выделявшийся при обжиге крицы, содержал более 80% FeO. По наблюдениям [14], в шлак удалялось от 60 до 80% фосфора, содержавшегося в чугуне.

Анализируя годность того или иного сорта чугуна для передела в железо, Аносов писал: «Не из каждого рода чугуна можно получить железо с равным успехом: сырой чугун содержит много посторонних частей, мало дает железа и, производя много сока, затрудняет работу; мягкий же, по меньшему содержанию посторонних примесей, хотя и дает большее количество железа, но, с другой стороны, влечет за собою то неудобство, что, производя мало сока, затрудняет варку или надлежащее соединение частей железа. Вот причина, почему мастера почитают третной чугун лучшим для получения железа» [3].

Златоустовский завод имел в 1819 г. две кричные фабрики. «В обеих фабриках находится 6 кричных корпусов, из коих в каждом по два горна, 2 става мехов и для каждого горна особый кричной молот» [3].

Воздух подавался в кричные горны мехами, устроенными одинаково с мехами доменной фабрики. Приводились они в движение коромыслами и нагнетали воздух в чугунную трубу, проложенную позади кричных корпусов.

Ковка железных криц производилась на кричных станах, состоявших из водяного колеса (боевого), стула с наковальней и стана с молотом.

К каждому горну были прикреплены две бригады в составе двух мастеров, двух подмастерьев и двух работников. Бригады работали посменно, смена производилась по окончании выварки крицы. Рабочий день бригады длился по 12 часов. На кричном горне и кричном стане бригада в составе мастера, подмастерья и работ-

ника за одну смену успевала в общей сложности выварить железную крицу и расковать крицу в мерные полосы, т. е. выполнить полный объем работ по выварке и ковке одной крицы.

Работа у горна была чрезвычайно тяжелой. Кричная фабрика имела только естественную вентиляцию, осуществлявшуюся через трубу над горном. Но труба строилась без всякого расчета и не обеспечивала в необходимой мере удаление газов, металлической, угольной и минеральной пыли, поднимавшихся над горном. Подмастерью с работником, а потом и мастеру приходилось ворочать ломами пудовые массы раскаленного металла в чаду. Температура в горне держалась на уровне «сварочной», т. е. порядка 1300°. Тяжелый изнуряющий 12-часовой физический труд в атмосфере угарного газа, под излучением белокалильного жара, когда не выдерживал даже кожаный фартук и воспламенялась одежда на сталеваре,— такая картина была фактически в любом кричном цехе крепостнической России. Техника производства крицы была чрезвычайно примитивной. Не было даже простейших подъемных механизмов, не было тележки для перевозки крицы, все делалось вручную при помощи ломов и тому подобных «технических средств».

Освобожденный горн вычищался, в него забрасывали свежий уголь и клали обратно раскаленную полукрицу вверх дном для доварки, присоединив к ней вынутые ранее из горна железные «жуки». Операция закладки раскаленной полукрицы обратно в горн также осуществлялась вручную при помощи ломов, без каких-либо подъемных механизмов.

Доводка крицы являлась весьма ответственной операцией, и ее выполнял сам мастер, который с этого времени становился у горна. Он должен был доваркой крицы обеспечить надлежащее качество (проварность) и наружную доброту (сходность) железа. Во время доводки мастер постоянно работал ломиком в горне. Под действием жара воздуха и угля происходит дальнейшее очищение железа от примесей и шлаков. Собираясь постепенно на дне горна, железо образует густую тестообразную массу, называемую крицей.

После 2—3-часовой работы мастера у горна крица «поспевала», лом начинал приставать к металлу. Тогда

вызывалась вторая бригада, и совместными усилиями обеих бригад крица вынималась из горна — также при помощи простых ломов. Затем она захватывалась большими мастерскими клещами-кривульками и посредством ворота относилась под молот. Здесь она сначала обжималась для того, чтобы выжать из нее сок и придать ей форму. Операция обжимки требовала напряженного внимания всей бригады. При ударе молотом раскаленный жидкий шлак мог вырваться из крицы с огромной силой и нанести тяжелые ожоги. Больших усилий стоило перемещение и поворачивание раскаленной добела 7—9-пудовой железной массы клещами и ломами.

После обжимки крица захватывалась подмастерскими клещами, разрубалась топором на семь или восемь кусков. Эти куски обколачивались под молотом и складывались подле горна, чтобы проковать в последующую смену, когда бригада будет варить новую крицу.

## 6. Передельная фабрика

Как сообщает в своей работе Аносов, значительная часть железа послековки должна была пройти еще одну металлургическую операцию в передельной фабрике, представлявшей собой по существу прокатный цех. Передельная фабрика была оборудована нагревательной печью, «плющиленным», или прокатным, и резным станами. «Нагревательная печь... принадлежит к числу воздушных печей. В ней нагревание железа производится пламенем от дров», — сообщает Аносов. Плющиленный, или прокатный, стан имел два железных точеных вала, каждый из которых приводился в движение особым водяным колесом. Верхний валок перемещался в вертикальном направлении, установка его производилась винтами посредством железных рычагов.

Резной стан был устроен аналогично плющиленному, только вместо валков были установлены железные оси с насаженными на них стальными кругами, которыми разрезались катаные железные полосы. Куски железной крицы в виде откованных под кричным молотом заготовок поступали в передельную фабрику для прокатки их на меньшие сечения. Полученные после прокатки и

обрезки прутки и полосы железа выправлялись колотушечными молотами и сортировались. Таким образом получалось полосовое железо, годное для непосредственного использования или же для изготовления из него различных изделий.

Себестоимость готовой продукции колебалась весьма значительно в зависимости от качества металла и сложности его передела. Наиболее дешево обходилось «кричное железо разных сортов», технические требования к которому, очевидно, были весьма низкими. Пуд кричного железа обошелся заводу в 1818 г. по 1 р. 92<sup>4</sup>/<sub>8</sub> к., резного железа — от 2 р. 4 к. до 2 р. 42 к., колотушечного — 2 р. 86 к. Наибольших затрат требовало изготовление листового железа, оно обходилось заводу по 5 р. 84 к. за пуд.

Для сравнения интересно привести цены на железо, существовавшие в России почти за сто лет до описываемого Аносовым времени. В. Геннин сообщает, что с учетом всех накладных расходов сходное и целое железо обходилось заводу по 17<sup>11</sup>/<sub>16</sub> коп., несходное и двойной лопом — по 16<sup>11</sup>/<sub>16</sub> коп., мелкой лопом — по 15<sup>11</sup>/<sub>16</sub> коп. [17]. Железо целое продавалось купцам по 60 коп., а изломанное и мелкое — непосредственно при заводе по 40 коп. за пуд, в случае же доставки к месту потребления по 57 коп. за пуд с учетом стоимости провоза. Оно использовалось на мельничные веретена, валы и пр.

## 7. Заготовка дров и углежжение

Дрова и древесный уголь являлись важнейшими материалами металлургического производства с древнейших времен. Вплоть до применения каменного угля, каменноугольного кокса и нефти дрова и древесный уголь были незаменимыми видами топлива, основным средством для восстановления металлов из руд и получения железа, стали, чугуна. Древесный уголь имел решающее значение в деле развития черной металлургии на Урале [18].

Все организованные с начала XVIII столетия крупные металлургические заводы на Урале базировались на местных природных богатствах: легковосстанавливаемой

руде, гидроэнергетике и лесных массивах. Чтобы обеспечить нормальную в тех условиях работу заводов и их развитие, каждый заводчик стремился захватить значительную дачу с рудными месторождениями и лесными массивами. Казенные заводы также имели большие дачи, т. е. участки земли, переданные заводам во владение вместе со всеми природными богатствами, в том числе лесами.

Несмотря на отсутствие нормальной системы разработок заводы выходили из положения благодаря тому, что имели в своем распоряжении большие участки лесов. К 1824 г. златоустовские заводы имели лесов: чисто соснового до 59 000 дес., соснового и березового — 51 761 дес., березового — 198 061 дес., соснового и пихтового — 49 169 дес., сметничного или прочих родов леса — 18 839 дес. Из указанного лесного массива считались пригодными «на строение и угольное сжение» 144 972 дес. По исчислениям того времени данный лес обеспечивал действие заводов только на 34 года. Златоустовский завод в начале XIX в. имел леса, общие с Саткинским и Кусинским заводами. В этих лесах произрастала преимущественно сосна, а «лиственнь» занимала «самую малозначущую часть оных». Леса служили источником для заготовки дров и угля.

Заготовка дров многие века начиная с первобытных времен осуществлялась при помощи простейшего инструмента — топора. Первоначально это был каменный топор, затем медный и бронзовый, далее железный и стальной. В дальнейшем наряду с топором нашла применение в лесозаготовительном деле пила.

Петр I своим указом запретил изготовление досок топором, так как при таком способе обработки древесины из бревна получалась только одна или в лучшем случае две доски. В связи с тем, что топорный способ выделки досок не прекращался, в 1762 г. был издан второй указ, запрещающий изготовление «топорных досок» [9]. В конце XVIII — начале XIX в. вопрос о введении пилы в лесозаготовительное дело был поставлен со всей серьезностью на многих заводах. Оказалось, что обыкновенная двуручная пила повышает производительность труда лесоруба в 2,25 раза [19].

В связи с открытием при Златоустовском заводе Оружейной фабрики потребность в древесном угле значи-

тельно возросла: заводу и Оружейной фабрике нужно было до 30 000 коробов угля в год. Между тем количество окладных крестьян не увеличилось, и, следовательно, принудительным порядком можно было получать угля не больше, чем это было до открытия Оружейной фабрики. Перед заводским начальством остро встал вопрос об изыскании средств для заготовки большего количества угля теми же самыми крестьянами, но для этого нужно было стимулировать более интенсивную работу крестьян.

Углежжение на Златоустовском заводе производилось приписными к заводу крестьянами, которые обязаны были по закону поставлять уголь по определенной, весьма низкой казенной расценке. Это был подневольный труд, выполнявшийся крестьянами в зачет их подушного оклада. По своему правовому и экономическому положению они мало чем отличались от крепостных помещичьих крестьян, они несли такой же подневольный труд, но приписаны были не к помещику, а к заводу.

Расценки на операции углежжения в 1819 г. на Златоустовском заводе окладным крестьянам были значительно более высокими, нежели, например, в 1737 и 1769 гг. Это было достигнуто, во-первых, в результате борьбы крестьян в XVIII и XIX вв. против крепостнической эксплуатации, во-вторых, нахождением завода на особом хозяйственном положении: он был поставлен на «коммерческом праве», т. е. на самокупаемости. Последнее обстоятельство вынуждало ориентироваться на более прогрессивные формы труда и использовать различные методы стимулирования производительности труда.

Крепостной труд оказался бессильным обеспечить развитие промышленности в России, больше того, он стал тормозом, так как ограничивал развитие производства, тормозил развитие техники. Выходом из этого положения вполне естественно являлось появление новых прогрессивных форм труда. Аносов замечательно точно сформулировал интересы развития промышленности и тот основной экономический двигатель, который мог обеспечить дальнейшее развитие производства. Рассматривая возможности решения проблемы заготовки дров и углежжения для завода, Аносов писал: «Итак, оставалось



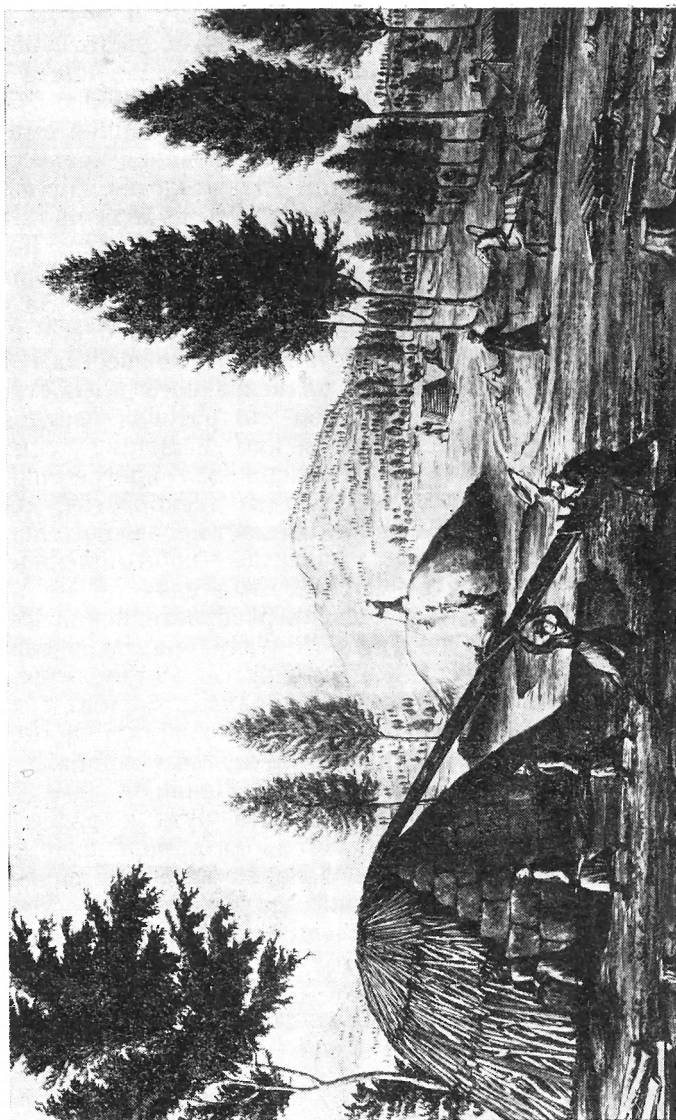


Рис. 4. Углезженье на Златоустовском заводе в 20-х годах XIX в. [14]

одно средство: возбудить у работников охоту к большему прилежанию — к добровольным новым трудам. Одна хорошая вольная плата могла их к тому понудить. За вырубку одной куренной сажени сверх оклада существует ныне вольная плата 5 руб.», а твердая плата составляла только 57 коп. [3].

В этих словах Аносова заложен глубочайший смысл, затрагивающий самые основы существования крепостнического строя в России начала XIX столетия. Молодой инженер, Аносов хорошо понимал путь выхода промышленности из феодально-крепостнического тупика. Вольнонаемный труд вместо крепостного — вот социальная и экономическая основа расширения производства. За высокопроизводительный вольнонаемный труд с его инициативой и стремлением к техническим новшествам вместо малопродуктивного подневольного крепостного труда казенных рабов — вот за что ратовал передовой инженер Аносов. Здесь Аносов, как специалист, с цифрами и фактами в руках поддерживал прогрессивные умы России, демократические идеи деакбристов, доказывая, что крепостной строй сковывает производительные силы страны, тормозит развитие промышленности. «В вопросе о развитии капитализма едва ли не наибольшее значение имеет степень распространения наемного труда. Капитализм, это та стадия развития товарного производства, когда и рабочая сила становится товаром. Основная тенденция капитализма состоит в том, чтобы все рабочие силы народного хозяйства применялись к производству лишь после купли — продажи их предпринимателями», — писал В. И. Ленин \*.

Чтобы открыть промышленности путь к развитию, крепостники вынуждены были вводить вольнонаемный труд не только на частных, но и на казенных заводах. При этом раскрывалась вопиющая картина жесточайшей эксплуатации подневольных крепостных работников. Так, например, за вырубку нормальной кубической сажени дров вольнонаемный получал 5 руб.  $\times 1,67 = 8$  руб. 35 коп., в то время как окладной крестьянин, прикрепленный к заводу, получал за это 57 коп.  $\times 1,67 = 97$  коп., т. е. почти в 9 раз меньше.

\* В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 3, стр. 569.

В постепенном расширении применения вольнонаемного труда на заводах находили отражение развившиеся в недрах феодально-крепостного строя глубочайшие противоречия между производительными силами и производственными отношениями, противоречия между развитием производительных сил страны и сковывавшим их феодально-крепостническим строем.

Именно это противоречие имел в виду В. И. Ленин, когда писал в своем классическом труде «Развитие капитализма в России» о тормозящей роли крепостного строя на второй стадии развития промышленности Урала\*.

Развитие производительных сил требовало изменения производственных отношений, и вот элементы этих новых производственных отношений в виде использования вольнонаемного труда вырастают и развиваются в недрах феодально-крепостнического строя, подготавливая основу для разрушения этого строя, как отжившего и не соответствующего новым производительным силам. Назревавший кризис получил частичное разрешение в более позднее время и окончательное в Великую Октябрьскую революцию.

Техника углежжения в начале XIX в. была примитивной и несовершенной. Наиболее древним и в техническом отношении наименее совершенным являлся так называемый ямный метод выкурки угля. Этот способ по своей простоте был доступен каждому крестьянину и с незапамятных времен применялся для приготовления угля ремесленниками железодельцами. Он был удобен тем, что позволял получать уголь малыми порциями в соответствии с техническими возможностями и средствами ремесленников.

В середине XVII в. нашел применение на ряде заводов кучный способ выжега угля, позволяющий получать одновременно большую массу переработанного угля.

С развитием доменного производства сильно возросла потребность в древесном угле. Старый ямный способ с малыми загрузками не мог обеспечить требуемого количества угля. Выжег в больших кучах или кострах, объемом до 20 куренных сажень дров, был более совершенным, обеспечивал более высокий процент вы-

---

\* См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 3, стр. 485—486.

хода угля, лучше соответствовал доменной металлургии.

На Златоустовском заводе углежжение было выделено в особую операцию. Урок по этой операции был установлен особо, и оплата по ней производилась крестьянам отдельно. «Углежжельники получают за выжег угля по 25 копеек с короба» [3].

Завод весьма нуждался в древесном угле. Общая потребность в нем для удовлетворения нужд завода и Оружейной фабрики составляла 30 тыс. коробов в год. Чтобы обеспечить такое количество угля, завод привлекал к заготовке дров и углежжению вольнонаемных рабочих, оплачивая их почти в 10 раз дороже заводских крепостных крестьян. С другой стороны, отдавая углежжельщику свой лес, завод требовал, чтобы дрова не превращались в дым от нерадения углежжельщика, а давали возможно больше угля. Этому способствовала установленная премиально-штрафная система за углежжение.

К перевозке угля с куреней на завод привлекались окладные крестьяне, которым был установлен определенный урок и казенная плата за него. Но, кроме того, перевозка угля осуществлялась по вольному найму. Оплата в данном случае не очень превышала стоимость перевозки урочной нормы, но все же вольный труд оценивался в 2,66 раза выше окладного.

## ЛИТЕРАТУРА

1. П. П. Аносов. Геогностические наблюдения в округе златоустовских заводов и в местах, прилежащих к оным.— Горный журнал, 1834, № 1 и 2.
2. Формулярный список П. П. Аносова, 1823.— Златоустовский архив Челябинской обл., ф. 24.
3. П. П. Аносов. Систематическое описание горнага и заводского производства Златоустовского завода, 1819 г. (рукопись хранится в Ленинградском горном институте).
4. Описание Златоустовской оружейной фабрики, 1824.— ЦГВИА, ф. ВУА, д. 26125.
5. Н. Шушканов, И. Золотников. Старый Златоуст.— «Пролетарская мысль», 8 июля 1935 г.
6. А. С. Бумаркин. Исторические данные по введению изготовления холодного оружия в Златоустовской фабрике немецкими мастерами.— Горный журнал, 1912, № 10—11, стр. 240.
7. М. А. Павлов. Металлургия чугуна, т. I. Металлургиздат, 1944, стр. 5.

8. Слово Даниила Заточника по редакциям XII и XIII вв. и их переделкам. Изд-во АН СССР, 1932, стр. 25.
9. *М. Чулков*. Историческое описание Российской коммерции, т. 6. М., 1786, стр. 664.
10. *Н. Каргопольцев*. Железное производство в Череповецком уезде Новгородской г. б.— Труды ВЭО, 1862, т. II, стр. 23.
11. *В. Н. Кашин*. Крестьянская железоделательная промышленность.— Сб. «Проблемы истории докапиталистического общества», 1934, № 4.
12. Краткие сообщения ИИМК, 1950, вып. 33, стр. 63.
13. *Н. Костомаров*. Очерк торговли Московского государства в XVI—XVII столетиях. СПб., 1871.
14. Атлас Златоустовской оружейной фабрики, 1827 г. (хранится в Ленинградском горном институте).
15. *В. Липия*. Металлургия чугуна, железа и стали, т. 2, стр. 103.
16. *Алексеев*. Описание кричного производства.— Горный журнал, 1836, № 10.
17. *В. Геннин*. Описание уральских и сибирских заводов, 1735. М., 1937, стр. 214.
18. *И. П. Бардин*. Перспективы развития древесноугольной металлургии на Урале. М.— Л., Изд-во АН СССР, 1946.
19. *Шмелев и Дашевский*. Механизация лесозаготовок. М.— Л., 1934, стр. 14.

### Деятельность Аносова на Оружейной фабрике

#### 1. Работа на фабрике в качестве смотрителя

Капитальный труд «Систематическое описание горного и заводского производства Златоустовского завода» явился завершением первого этапа жизненного пути П. П. Аносова и вместе с тем определил направление дальнейшей его деятельности. Аносов прочно связал себя с металлургическим производством; его эрудиция, разностороннее образование влекли к большому комплексу производства, связанному с металлургией.

Указанное сочинение было послано 9 августа 1819 г. в департамент горных и соляных дел для рассмотрения. Аносов остался работать на Златоустовском заводе. В октябре 1819 г. он был назначен на работу в Златоустовскую оружейную фабрику в качестве смотрителя по отделению украшенного оружия [1].

Фабрика имела отделения: стальное, клинковое, ножневое, эфесное, украшенного оружия, арсенальное. В состав отделений входили производственные цехи с артелями, состоявшими из мастера, подмастерьев и работников.

В отделении украшенного оружия производились вытравка и позолота клинков, изготовление офицерских стальных и медных позолоченных эфесов. На рис. 5 показаны основные операции по вытравке и позолоте клинков. На левой стороне, сидя за столом, художник мелкими колонковыми кистями делает рисунок на клинке киноварью, разведенной в терпентине. Нанесенный рисунок просушивался в печи. Высушенные клинки погружались на несколько минут в раствор, составленный из

квасцов, черного купороса и поваренной соли, для вытравливания стали в местах, не покрытых киноварью. После протравки киноварь удалялась с поверхности стали медными и щетинными щетками, намоченными в мыльной воде, и производилось воронение, или синение, на раскаленных углях. На вороненые клинки наносился второй рисунок золочением. Перед золочением клинки смачивались особым составом, являвшимся секретом мастера, и покрывались золотой амальгамой, после чего клинок клался на раскаленные угли, ртуть улетучивалась, золото оставалось на клинке. Такая позолота называлась возвышенною, так как позолоченные места получались возвышенными, т. е. выступающими.

На Солингенской фабрике применялся другой способ. Клинок почти весь покрывался киноварью с терпентином, затем стальной иглой делался рисунок, производилось травление, синение и золочение, как описано выше. «Но сей способ позолоты, изображая токмо грубый абрис рисунков, далеко не имеет красоты первого способа. Вытравка и позолота клинков принадлежит более к изящным искусствам». «Здесь нужны мастеру не одно знание приемов и навык, но рисовальное искусство, образованный вкус и изобретательный дух. Вытравка и позолота на клинках достигла на Златоустовской фабрике большего совершенства, нежели в Солингене, ибо не одна позолота, но и идеи рисунков украшают клинки, чего в Солингене никогда не было», — так писал Аносов в 1824 г. [2].

На рис. 6 показано «действие литья всех сортов медных эфесов». В этом цехе производились приготовление тиглей, плавка медных сплавов, формовка, чистка отливок и др.

В отдельном цехе чеканились и золотились офицерские эфесы.

Хотя по должности смотрителя круг обязанностей ограничивался одним отделением, Аносов продолжал изучать все производство фабрики в целом, разрабатывая новые технические решения для отдельных ее участков. Им был сделан обстоятельный анализ развития фабрики.

После Отечественной войны 1812 г. и заключения мирного договора правительство Александра I стало готовиться к новым войнам. Расширилось производство

вооружения — орудий, снарядов, холодного оружия, военного снаряжения и т. д. В июле 1815 г. Комитет министров согласился с предложением департамента горных и соляных дел устроить фабрику белого оружия в Златоусте. Такое решение было вызвано стратегическими соображениями. Здесь, вдали от театра военных действий, производство оружия могло вестись спокойно, оно было полностью обеспечено необходимым сырьем, техническими средствами, опытом приготовления металла. Что касается рабочей силы, она была укомплектована частично за счет местных металлургов, частично путем рекрутских наборов. Однако руководство Златоустовской оружейной фабрики, как и руководство завода, было тогда неудачным. Директором фабрики остался Эверман, его помощником и горным начальником — Фурман, управителем — Меджер. Никто из них не имел никаких познаний в деле производства холодного оружия, которым взялись руководить.

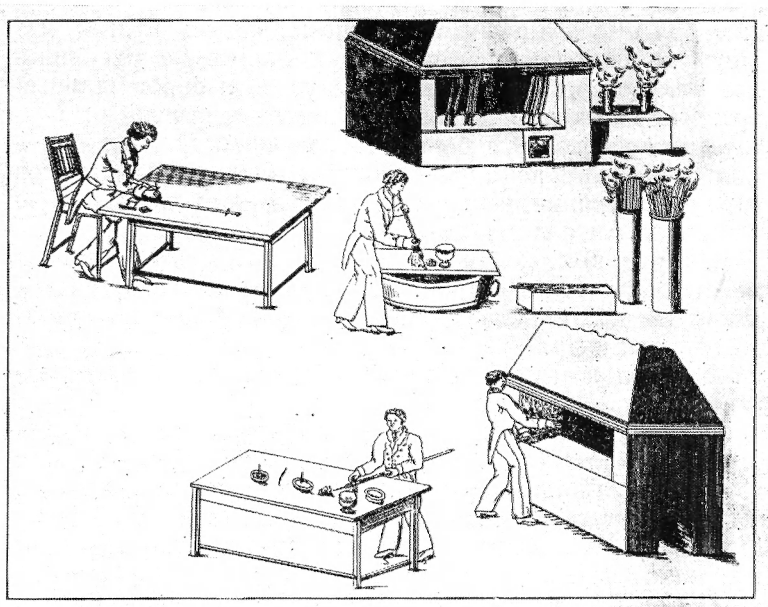
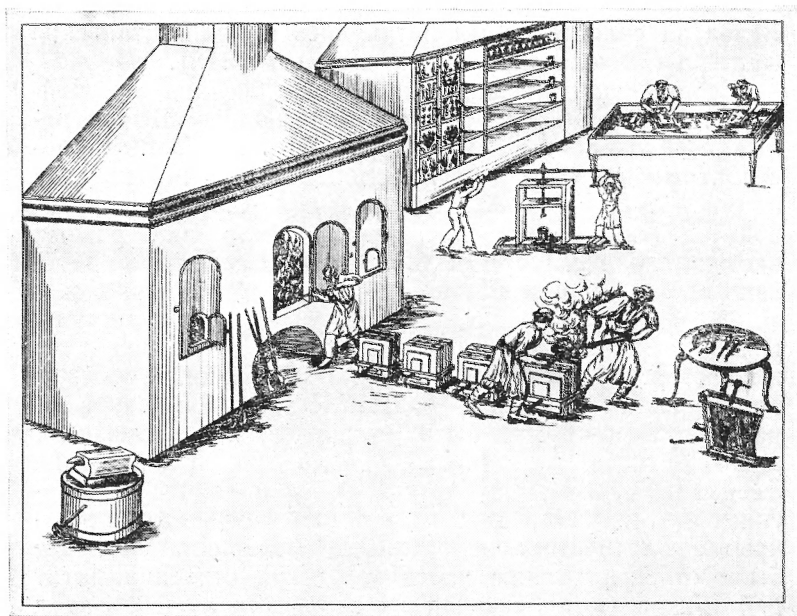


Рис. 5. Вытравка и позолота клинков [11]





*Рис. 6. Литье всех сортов медных эфесов [11]*

О намерениях русского правительства организовать фабрику оружия были поставлены в известность солингенские и клингентальские металлисты в Германии. Они подали в 1811 г. прошение министру финансов Канкрину о разрешении им поселиться в России для заведения фабрики клинков, ножей и других железных и стальных изделий. В результате переговоров были составлены условия переезда немецких мастеров в Россию, утвержденные Александром I. Главнейшими статьями этих условий были: 1) бесплатный проезд от места жительства до места назначения; 2) жалованье, установленное по частным контрактам, — в размере от 800 до 1200 руб; 3) бесплатные квартира, дрова и земля для садов и покосов; 4) по приезде на место семейный иностранец получал бесплатно две коровы.

В 1814 г. прибыли две партии законтрактованных — 51 мастер и члены семей — всего 120 человек. Они были направлены в Златоуст, куда и прибыли в 1815 г.

Вслед за солингенскими потянулись и клингентальские мастера (38 человек, а вместе с семьями 112).

Вторая половина 1815 г. была затрачена на устройство домов и мастерских для иностранцев. Вырос целый поселок новых домов-особняков с надворными постройками. Вид поселка иностранных рабочих показан на рис. 7. На устройство Оружейной фабрики у руководителей не оставалось ни времени, ни сил. В разных частях завода наскоро были сколочены небольшие деревянные бараки под мастерские, «преимущественно около домов, построенных для иностранцев». Эверсмана и его команду не очень беспокоило, что строящиеся им мастерские, похожие больше на сарайчики, не соответствуют важности мероприятия. «Естественно, что такой образ построек не мог быть ни прочен, ни сообразен с целью самого заведения» [4]. Кое-как к концу года Эверсману удалось сколотить нечто подобное мастерским, и 16 декабря 1815 г. состоялось официальное открытие Златоустовской оружейной фабрики. Под нее была отведена также часть заводских строений, штат работников укомплектован из заводских людей. Завод обязан был снабжать фабрику чугуном, железом, углем, лесом и прочими материалами.

Руководители фабрики во главе с Эверсманом добились у правительства разрешения на привлечение новых партий иностранных мастеров. Вербовка продолжалась в 1816, 1817 и 1818 гг., количество выписанных иностранных мастеров достигло в 1818 г. 115 человек. Это обошлось казне в огромную сумму: на путевые расходы было затрачено 150 тыс. руб., ежегодное жалованье составило 125 тыс. руб. Благодаря протекции Эверсмана в число иностранных мастеров попало много таких «специалистов», которые никакого касательства не имели ни к оружейному, ни к стальному делу. Их привлекли созданные им в России прекрасные материальные условия.

Несколько позднее бывший управляющий фабрикой Фурман, занимавший с 1 октября 1817 г. пост директора фабрики и одновременно горного начальника златоустовских заводов, вынужден был признать, что многие иностранные «мастера», завербованные Эверсманом за большие казенные деньги, не могли изготовить даже обычное железо приличного качества.

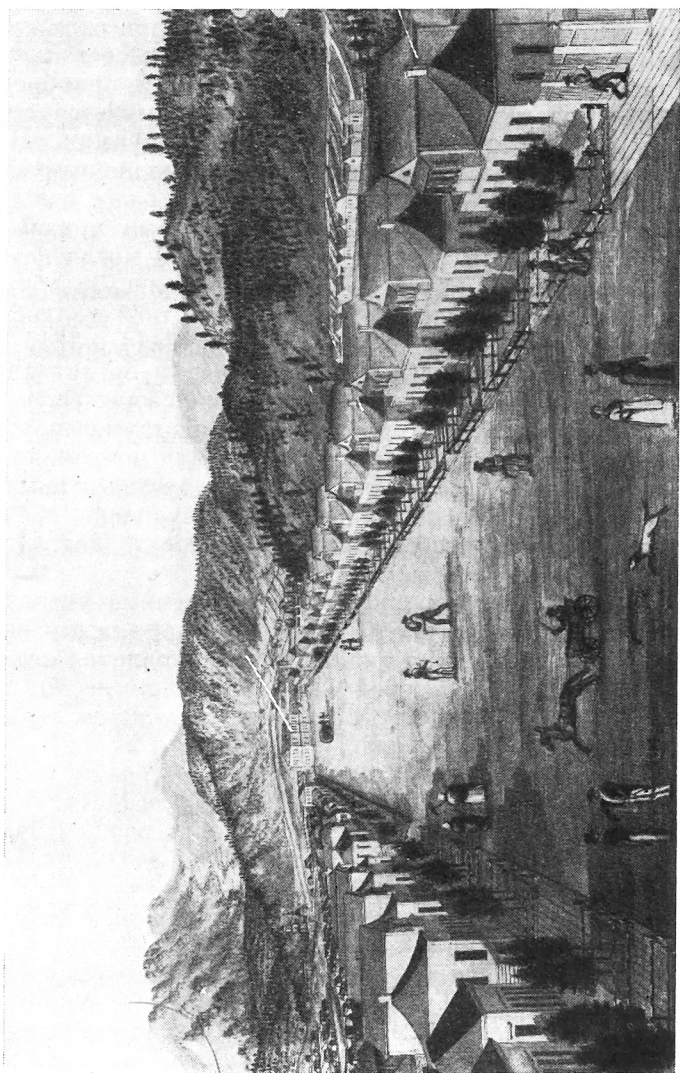


Рис. 7. Вид селения иностранных оружейников в Златоусте [11]

Много металлистов-самозванцев оказалось среди иностранных мастеров по изготовлению клинков. «Из 13 человек мастеров-немцев, занимающихся приготовлением клинков, знающих это дело только пять, остальные восемь явились сюда без всяких знаний и приобрели некоторый навык только здесь, что доказывается собственным их сознанием», — признавался Фурман. Что касается меднолитейного дела, то «три меднолитейных мастера научились этому мастерству здесь, как они сами показывают» [3]. Фурман вынужден был признать, что из 77 иностранных мастеров только 29 могли называться мастерами, остальные сами нуждались в обучении и учились в Златоусте. Из-за отсутствия квалифицированных мастеров фабрика в течение 1814 и 1815 гг. оружия не дала. Весь 1816 год прошел в организационной суматохе, обучении приглашенных «мастеров» и новых русских рабочих, приготовлении инструмента, подготовке припасов. В конце 1816 г. были изготовлены первые экземпляры офицерских и солдатских клинков. Несколько десятков изделий было отправлено в Петербург для того, чтобы создать видимость деятельности фабрики.

Многие из русских рабочих, поставленные учениками, быстро освоили клинковое дело и скоро стали прекрасными мастерами. Что касается приготовления стали, то этим искусством русские мастера владели весьма хорошо еще до приезда иностранцев и учиться этому им не пришлось, как это подтвердил бывший управляющий фабрикой Фурман. Мастера стального дела были привезены в Златоуст из Тулы еще при Масоловых.

В 1817 г. фабрика начала «выполнять наряды белого оружия», но она еще не была подготовлена к выполнению поставленной перед ней производственной задачи.

1 октября 1817 г. Эверсман был уволен. Директором фабрики стал Фурман, но это не принесло особой пользы. Производство на фабрике шло так же плохо. Лишь в 1818 г. фабрика подготовилась к выпуску оружия по заданной номенклатуре. В этом году она была разделена на отделения, а последние — на цехи в соответствии с характером отдельных видов производства. По каждому цеху были тогда же установлены на первое время небольшие уроки, назначена сдельная оплата за выделку оружия сверх положенных уроков. Введение отдельной

оплаты за превышение уроков быстро показало большое преимущество этой системы. «Успехи русских были столь быстры, что мастера с приданными к ним работниками в течение 1818 и 1819 годов были в состоянии делать вдвое, втрое и вчетверо более первых уроков» [2]. В течение указанных двух лет уроки увеличивались несколько раз, но достаточной обоснованности их не было. Не была определена сколько-нибудь точно и потребность припасов. Установлением уроков и припасов в дальнейшем занялась специальная комиссия министерства финансов.

Хотя руководители фабрики ориентировались на иностранных мастеров, роль последних в осуществлении производства на фабрике была незначительна. Основным костяком, создавшим и поддерживавшим фабрику, были русские умельцы. Каждый год фабрика пополнялась новыми мастерами, главным образом из казенных, среди которых было много талантливых людей. По свидетельству Фурмана, к 1 января 1819 г. русских мастеров, «вполне знающих дело по изготовлению оружия, не уступающих по искусству германцам», насчитывалось 144, а к 1820 г. уже 200 [3].

## **2. В комиссии по определению уроков и припасов**

На Оружейной фабрике началась творческая деятельность молодого инженера. Его живая мысль и изобретательность помогали то на одном, то на другом участке производства. Современник Аносова отметил, что он обладал «проницательным умом, острой памятью, редкой сметливостью» [5]. Эти замечательные качества выделяли Аносова среди работников фабрики и завода.

В сентябре 1820 г. руководство Златоустовского завода и Оружейной фабрики сменилось. Горным начальником завода и директором фабрики стал Клейнер. Для проверки деятельности завода и фабрики в связи с хищениями и злоупотреблениями предыдущего руководства, возглавлявшегося Кнауфом, министерством финансов была назначена следственная комиссия. К ее работе был привлечен и Аносов. По свидетельству современников, Аносов отличался «примерным бескорыстием и щедростью, точностью в служебных занятиях» [5]; «стро-

гая справедливость, необычайная доброта души и совершенное бескорыстие составляли постоянно основание всех его действий» [6]. 9 сентября 1820 г. он «поступил к производству испытаний на Оружейной фабрике относительно определения уроков и употребления припасов при следственной комиссии» [1].

Участие Аносова в работе следственной комиссии позволило ему вникнуть в сложную систему хозяйственного организма предприятия, где обнаруживались нередко грубые, алчные, а иногда весьма тонкие, хитро сплетенные приемы жестокой эксплуатации рабочих со стороны чиновников и руководителей завода. Аносов здесь познакомился с жульническими махинациями, с помощью которых руководители завода наживали огромные состояния, разоряя казну и обсчитывая рабочих.

Вместе с тем, анализируя техническую и хозяйственную деятельность завода, Аносов все более и более четко начинал видеть пути к экономии производства, к рациональному использованию технических средств. Он научился понимать те основные звенья, которые определяют развитие производства. Все это ему помогло в дальнейшей деятельности по руководству сначала фабрикой, а затем заводом и заводским округом.

Через год после сдачи положенного «Сочинения», носившего характер дипломной работы, 25 ноября 1820 г. Аносову был присвоен первый офицерский чин, он был произведен «шихтмейстером 13-го класса» [1].

Выполняя обязанности смотрителя Оружейной фабрики, с большим усердием занимаясь определением уроков и припасов, Аносов увлекался техническими новинками и работал одновременно над созданием цилиндрических мехов новой конструкции. Изобретательность и богатая творческая мысль были постоянными спутниками во всей технической и научной деятельности Аносова начиная с первых шагов работы на заводе. Упорный творческий труд завершился успехом. Летом 1821 г. была изготовлена модель изобретенных им цилиндрических мехов и представлена в департамент горных и соляных дел. Изобретенные новые мехи были оригинальными и представляли значительную ценность. В связи с этим 31 июля 1821 г. в Оружейную фабрику последовало предписание департамента горных и соляных дел выразить

Аносову признательность за изобретение. При этом малоизвестному молодому горному чиновнику, стоявшему на самой низкой ступени иерархической лестницы, пообещали при первом удобном случае «ходатайствовать о соответственной трудам награде для поощрения и впредь на подобные занятия» [1].

Следственная комиссия министерства финансов, в которой Аносов принимал участие по определению уроков и припасов, закончила свою работу в 1821 г. Она провела испытания по всем цехам Оружейной фабрики, в результате чего было найдено возможным увеличить уроки и уменьшить объем материалов, затрачиваемых на изготовление отдельных видов изделий.

### 3. К управлению фабрикой

6 октября 1821 г. Аносову был присвоен очередной классный чин — берггешворена 12-го класса. Вскоре, 31 декабря 1821 г., он был назначен помощником управителя Оружейной фабрики [1].

Здесь Аносов показал себя талантливым организатором и руководителем производства. Его творческая натура и неиссякаемая энергия влекли ко все более широкому полю деятельности, создавая везде, где ему приходилось работать, стиль инициативной деловитости. За успешную работу на фабрике 4 июня 1823 г. при очередном производстве Аносов получил чин маркшейдера 9-го класса [1].

20 сентября 1824 г. Златоуст посетил Александр I. Один из мастеров-иностранцев подал ему жалобу о том, что Аносов, мол, не занимался личным благоустройством этого мастера. Царь, не разобравшись, поспешно сделал замечание Аносову, и это чуть не сыграло роковую роль во всей дальнейшей судьбе Аносова. Но проверкой было установлено, что личное благоустройство немецких мастеров не входило в обязанности помощника управителя Оружейной фабрики, т. е. Аносова, и таким образом выпад против Аносова был отведен [7].

На Оружейной фабрике Аносов установил «отличный порядок и устройство», как отметили посетившие фабрику сановники. 28 сентября 1824 г. Аносову был пожалован орден Анны 3-й степени [8].

Согласно положению, ежегодная производительность фабрики была установлена в 30 тыс. шт. оружия. Эта цифра была достигнута фабрикой в 1821 г. (было изготовлено 31643 шт. разных видов оружия), а в 1824 г. она удвоилась — было выпущено 61385 шт. оружия.

Осенью 1824 г. встал вопрос об укреплении руководства Оружейной фабрики, и бесспорной кандидатурой на руководящий пост оказался Аносов. 27 ноября 1824 г. он был назначен управителем Златоустовской оружейной фабрики. Это был крупный шаг для молодого инженера, правда, утверждение министром финансов последовало только через два года [9].

В мае 1824 г. департамент горных и соляных дел дал задание заводу составить описание Оружейной фабрики [10]. Эта работа была поручена Аносову и выполнена им с присущей ему обстоятельностью. По этому поводу считаем возможным сделать следующее замечание. В Златоустовском госархиве хранится черновой формулярный список Аносова за 1825 г. Он являет собой формулярный список за 1824 г., исправленный для представления в 1825 г. На этом документе имеется запись: «По предписанию департамента горных и соляных дел от 31 мая 1824 года составил описание работ по всем цехам златоустовской оружейной фабрики с краткою историей оной, с приложением к нему чертежей машинам и инструментам, руководствуясь по сему предмету против описания Тульского завода, которые и представлены от директора Оружейной фабрики в департамент ноября 14-го 1824 года» [1]. Эта запись, судя по почерку, была сделана Аносовым, затем зачеркнута и в чистой формулярный список не попала.

В Центральном Государственном военно-историческом архиве хранится рукопись под заглавием «Описание Златоустовской оружейной фабрики» [2]. Эта рукопись несомненно представляет собой труд Аносова. В ней дается описание Оружейной фабрики по состоянию на 1824 г., сведения о выпуске продукции заканчиваются этим годом, в конце приложено на двух листах «Описание чертежей по златоустовским заводам, оружейной фабрики и рудникам». Эта опись в конце подписана горным начальником и директором Татариновым.

Поскольку рукопись была отослана от имени директора фабрики, как гласит черновая запись в форму-



лярном списке Аносова за 1825 г., Аносов, по-видимому, счел необходимым исключить ее из списка своих трудов.

В марте 1825 г. П. П. Аносов был избран корреспондентом ученого комитета по горной и соляной части, учрежденного в Петербурге. Основанием, по-видимому, служили описание Златоустовского завода, изобретение цилиндрических мехов, работа в комиссии по определению уроков и припасов, анализ работы Златоустовской оружейной фабрики и др.

#### 4. Производство Оружейной фабрики

Оружейная фабрика имела задачей изготовление холодного оружия. В номенклатуре ее производства были кавалерийские сабли, кирасирские палаши, гвардейские тесаки, армейские тесаки, саперные ножи, уланские пики, казачьи пики и пр.

В 1824 г. фабрика имела семь отделений — стальное, клинковое, ножневое, эфесное, украшенного оружия, арсенальное и строительное [2]. В состав указанных отделений входили соответствующие производственные цехи с артелями, состоявшими из мастера, подмастерьев и работников.

На фабрике существовала вопиющая разница между положением иностранных и русских рабочих. Это касалось не только правового и политического положения, определявшегося крепостническим строем, но и материального. Все иностранные рабочие числились в разряде мастеров, хотя квалификация многих из них никак не соответствовала этому разряду. Мастерам-иностранцам, выполнявшим урок, выплачивалось сверх жалованья, установленного ранее по контракту в пределах 800—1500 руб., по 60 руб. в месяц. Этой привилегией пользовались также и те иностранцы, которые прибыли на фабрику без контракта. В привилегированное положение были поставлены и дети иностранцев. Если они поступали на службу в казну, им устанавливалась плата по 1 руб. в день за выполнение урока. Следовательно, малолет из среды иностранцев мог иметь жалованье около 300 руб. в год, и оно выплачивалось «до достижения степени мастера» [2].

За ту же самую работу русские мастера получали во много раз меньше. Поденная плата за выполненный урок в 1824 г. составляла: мастеру — от 40 до 75 коп., подмастерью — от 25 до 30 коп., полному работнику — 15 коп., малолету — 10 коп. Следовательно, русский работник получал в год: мастер — от 120 до 225 руб., подмастерье — от 75 до 90 руб., полный работник — 45 руб. и малолет — 30 руб. Выдававшийся по указу 1794 г. безденежно провиант мастеровым и их семействам (на каждого взрослого по 2,5 пуда, а на малолета по 1 пуду в месяц) ни в какой мере не компенсировал разницу. Учитывая плату денежную и натурой, русские мастеровые получали в 6—8 раз меньше иностранцев, выполняя работу одинаковой квалификации. Положенный по указу провиант не обеспечивал мастеровых и их семьи, поэтому им приходилось заводить свои хозяйства, арендовать землю у завода и попадать в новую кабальную зависимость. Подсобное хозяйство приходилось вести при 12-часовом рабочем дне на производстве.

Несмотря на тяжелые условия рабочие Оружейной фабрики непрерывно развивали технику производства.

Под руководством Аносова фабрика достигла больших успехов. Были выстроены новые капитальные корпуса для мастерских, оборудованных механизмами и приспособлениями. К разработке проекта механизации работ был привлечен главный механик уральских заводов, который оказал помощь фабрике и в подготовке чертежей, и в выполнении заказов по этим чертежам. Многие производственные операции были механизированы.

Аносов всемерно поддерживал всякую инициативу по усовершенствованию техники производства и внес много нового в технику производства сырцово́й и рафинированной стали, а также в технологию выделки стальных изделий. Производство было организовано с разделением труда по операциям: «...такое разделение работ наиболее способствует достижению совершенства в изделиях и к возможному их удешевлению» [12].

Фабрика достигла выдающихся технических успехов. Знатоки холодного оружия, кавказцы, очень высоко оценивали оружие Златоустовской оружейной фабрики [13].

Особое внимание Аносов обратил на приготовление металла для клинков и на их термическую обработку.

Клинки нередко выделывались из выварной стали низкого качества, иногда со значительными дефектами.

Производство стали было сосредоточено в стальном отделении Оружейной фабрики, где функционировали два цеха — сырцовый и рафинированной стали. Вся сталь, выделывавшаяся в стальном отделении фабрики, была сварочной, получавшейся путем передела чугуна в кричных горнах. Другие способы приготовления стали на Златоустовской оружейной фабрике и златоустовских заводах вообще не применялись.

Ответственность Аносова за состояние стального дела возросла, когда в ноябре 1824 г. он был назначен управителем фабрики. Но не только ответственность, а в еще большей мере природные творческие качества Аносова, его склонность везде вносить новое, непрерывно совершенствовать технику производства обусловили серьезное изучение им и критическую оценку существующих способов производства стали на фабрике. Последние были малопродуктивными и давали металл сравнительно невысокого качества.

Аносов внес коренные усовершенствования в производство сварочной стали на фабрике, это резко увеличило производительность труда и агрегатов, а также улучшило качество стали. Он ввел операцию очищения чугуна для получения уклада высокого качества. Аносов придавал особое значение качеству исходного материала для обеспечения необходимых свойств получаемой стали. Он подробно разработал технологию очищения чугуна и дал мастерам соответствующие инструкции.

Аносов провел и другие мероприятия, резко улучшавшие продукцию стального отделения фабрики. «Заслуги его по златоустовским заводам состоят, кроме разных других улучшений по технической части, в усовершенствовании выделки рафинированной и в особенности литой стали», — писал современник о вкладе Аносова в производство стали [5].

Аносов весьма обстоятельно исследовал влияние размеров горна и установки фурмы на ход процесса передела чугуна и показал зависимость от указанных факторов качества получаемой продукции. На основании богатого опыта получения кричной стали Аносов установил в 1846 г. наиболее подходящие размеры горна, обеспечивающие переработку чугуна в сталь.

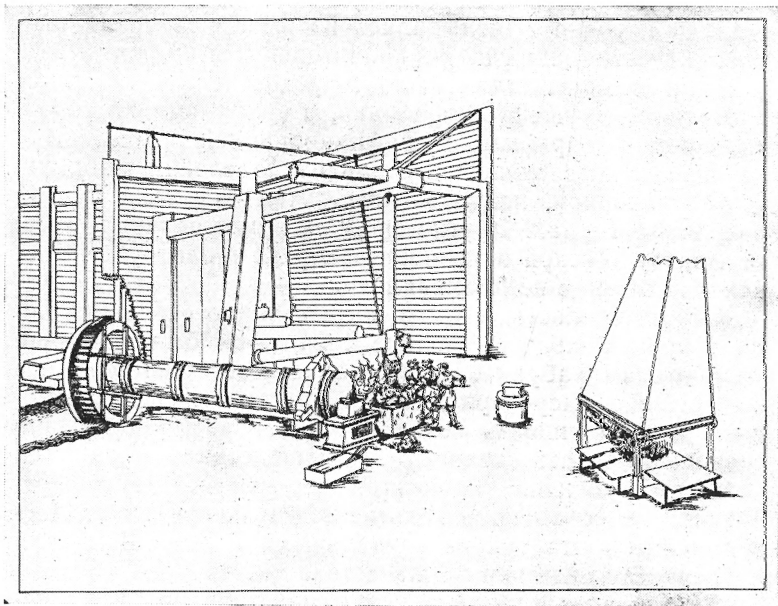


Рис. 8. Цех приготовления сырой стали [11]

Общий вид участка цеха сырой стали на Златоустовской оружейной фабрике для работы одной бригады рабочих в составе мастера, двух подмастерьев и работника показан на рис. 8. Справа виден кричный горн, в котором производился передел в сталь. Рабочая часть горна объята пламенем. Здесь продолжается нагрев куска ранее изготовленной крицы. Стянутые обоймой ручки взварных клещей, поддерживающих кусок крицы в горне, видны с левой стороны горна. На левой стороне рисунка видно молотовое устройство дляковки крицы.

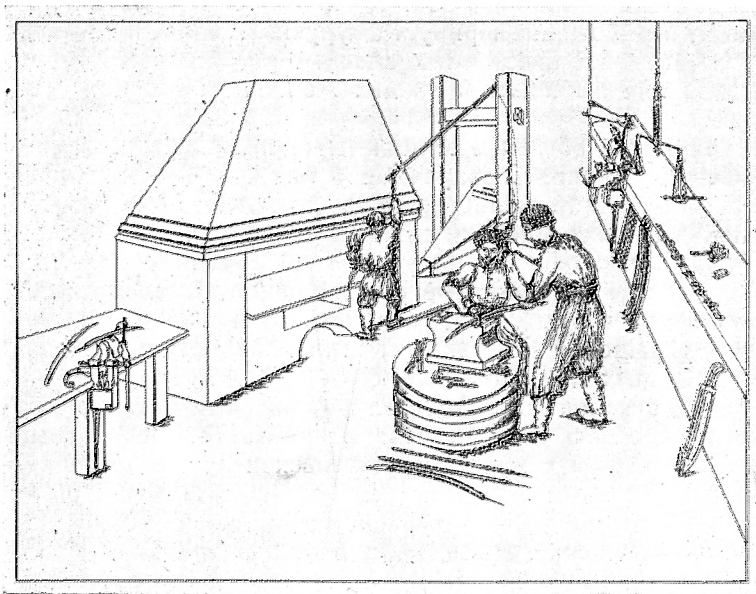
На рисунке показана заключительная операция приготовления сырой стали — разубка крицы на части. Два подмастерья поддерживают крицу на наковальне при помощи подмастерских клещей, а мастер наложил на крицу топор для расчески ее на части. Спереди наковальни на полу лежит отрубленная часть крицы.

Выковывание клинка непосредственно из бруска ра-

финирированной стали представляет сложную операцию, требующую выполнения многих переходов. Работа кузнецов в этом случае облегчалась проведением ковки в две операции: сначала из бруска рафинированной стали выковывались заготовки — кованцы определенного размера и веса, а затем из кованцов выковывались клинки. Каждый кованец взвешивался на специально установленном в цехе весах. «На 1 фунт допускается ремедиума только 1 золотник» [2], т. е. ковка должна вестись с точностью до 1% по весу.

В отношении качества металла было установлено требование, чтобы в нем не было пузырей, трещин, непроварных, сожженных и тонко откованных мест; изгиб клинка должен был быть «правильною дугою». Наличие шероховатой окалины на поверхности поковки рассматривалось как нарушение режима ковки, оказывающее серьезное влияние на качество металла. «Это есть при-

*Рис. 9. Ковка клинков и саперных ножей [11]*



знак неумеренного нагрева стали во времяковки, от чего сталь теряет связь в частях и по закалке делается ломкою»,— писал Аносов в 1846 г. [4].

Все операцииковки клинков выполнялись вручную, поэтому точность размеров и веса, а также качество поверхности клинков зависели исключительно от искусства кузнецов или, как называли их в прошлом веке, ковщиков. На Златоустовской оружейной фабрике в 1824 г. были прекрасные русские мастера-ковщики, «коих искусство простирается до такой степени, что они, не сделав напрасного молотком, отковывают клинки столь чисто, как вещи самого тонкого литья» [2].

Ковка клинков отличалась от обычной тем, что проводилась с использованием различных приспособлений, называвшихся вкладышами и надавками. Приспособления облегчали придание надлежащей формы стальной полосе, ускоряли процессковки и давали более чистую поверхность на кованой штуке. С помощью указанных приспособлений удары работника балдой весом в 20 фунт. сверху по надавке выбивали желоб сразу на обеих сторонах клинка. На рис. 9 показана операция окончательной отделки желоба. Кузнец держит клинок и надавку, а работник оперирует двуручным молотом. Ковка палашных клинков отличалась от остальных тем, что на них выбивалось по два желоба на каждой стороне.

Наряду с обычным холодным оружием фабрика начала изготавливать сварочные булаты. Они отличались весьма витиеватым рисунком узора, который частью создавался сплетением и сваркой железных полосок со стальными, а частью вытравкой по заданному художником рисунку. Булатные сабли и кинжалы Златоустовской фабрики 20-х годов отличались некоторой пышностью украшений в восточном стиле. Фабрика имела замечательных мастеров «дамасского дела».

Под руководством Аносова фабрика непрерывно шла «к достижению совершенства в изделиях». Прекрасные произведения мастеров Златоустовской оружейной фабрики расходились по всему миру и получали широкую известность. Недаром крупнейшие путешественники западноевропейских стран, попадая на Урал и в Сибирь, не считали возможным проехать мимо Златоуста, не ознакомившись с производством стальных изделий.

На фабрике была замечательно поставлена тонкая художественная гравировка по стали. В 30-х годах XIX столетия здесь была создана блестящая школа художников-граверов по стали Бушуевых и Бояршиновых.

## 5. Первый геологический разрез Южного Урала

Первый период деятельности Аносова в качестве управляющего Оружейной фабрикой ознаменовался проведенными им выдающимися геологическими исследованиями.

В мае 1825 г. Аносов стал членом Златоустовского горного ученого общества и взял на себя труд определить географическое положение Златоуста и составить описание пород в округе Златоустовского завода. Геологические исследования Аносова завершились составлением первого геологического разреза Южного Урала и открытием новых месторождений полезных ископаемых.

Ведя большую организационную и административную работу по усовершенствованию производства Оружейной фабрики, Аносов понимал, что расширение производства фабрики и совершенствование ее техники возможно только на широкой базе местных материалов. Чем богаче база, тем большие возможности для развития производства. Необходимо не только увеличивать количество добываемого сырья в известных рудниках и приисках, но искать новые виды сырья, выявлять природные богатства края. Такую задачу можно разрешить только на основании геологических изысканий. По отдельным участкам Южного Урала не раз проходили геологические партии, открывавшие все новые и новые ценности земных недр. Но эти разведочные работы были разрозненными, носили кустарный характер, открытия месторождений были в большинстве случайными.

Аносов понимал, что частными разведками нельзя добиться глубокого изучения богатства недр. Необходимо общий геологический анализ района, чтобы определить районы залегания тех или иных полезных ископаемых. Решение этой задачи являлось тем более насущным, что дальнейшее развитие промышленности нахо-

дилось в тесной связи с раскрытием местных природных ресурсов.

Не забывая о частных вопросах развития фабрики и завода, Аносов в своих обобщениях нередко поднимался до общегосударственных задач. Он прекрасно понимал огромное значение природных богатств Урала для развития промышленности России. «Уральские горы, питающие сотни тысяч народа и составляющие один из немаловажных источников богатства России, давно уже заслуживали подробнейшее исследование» [14]. Аносов считал необходимым изучить состав гор, «определить взаимное отношение горнокаменных пород, постепенный их переход и образ соединения между собою». Только на основании такого глубокого исследования гор можно значительно облегчить решение частной задачи — открытие новых месторождений полезных ископаемых.

Разведки, рассчитанные на случайные находки, не привлекали Аносова. Он хотел провести «наблюдения, руководимые наукою», так как только такие наблюдения могут привести к открытию законов залегания рудных месторождений. Каждый горный кряж имеет закономерности залегания горных пород, и задача заключается в том, чтобы установить эти закономерности и исследовать их. «Но Уральские горы, в отношении к наблюдениям, едва ли не беднее всех прочих, где существует значительное горное производство», — писал Аносов.

Отметив большой пробел в геологической науке, Аносов решил восполнить его своими собственными исследованиями.

Он отчетливо представлял всю трудность предпринимаемого исследования: «Подробное исследование оных, конечно, есть предприятие многотрудное и едва ли возможное для одного лица; но ничто не препятствует делать наблюдения частные в одном каком-либо округе или даже одной горе» [14].

Аносов выступает весьма скромно, говоря о себе только как об исследователе отдельных частных явлений, высказывая надежду, что его наблюдения могут оказаться полезными для обобщения их другими. «Кто знает? может быть и в России явится горный гений, который из сих частных наблюдений извлечет общие правила и



укажет каждому рудоискателю, где он с несомненною надеждою должен начинать свою работу!». На этот вопрос по существу ответ дал он сам своими геологическими исследованиями в течение восьми лет, с 1826 по 1834 г.

Имея в виду столь большое значение освоения природных богатств Урала, Аносов провел в 1826 г. весьма обстоятельные систематические исследования геологического строения Южной части Уральского хребта и составил первый геологический разрез Южного Урала. Результаты их он опубликовал в капитальном труде «Геогностические наблюдения над Уральскими горами, лежащими в округе златоустовских заводов». Это была одна из первых статей по геологии, опубликованных в «Горном журнале», начавшем выходить в 1825 г.

Аносов прошел всю гряду гор, тщательно исследуя встречавшиеся на пути горные породы. Пройдя прилегающие к Златоусту в северо-восточном направлении горные перевалы, он заметил закономерное залегание железных руд в углублении между двумя горами: главным хребтом и второй грядой. «Основываясь на сем, можно полагать, что пространство сие составляет обильное образование железной руды, а известковый камень, как спутник, сопровождает оную».

Аносов описывает строение ряда крупных гор Златоустовского округа: Косотура, Уреньги, Таганая, Татарской, Шишинской, Липовой, Юрмы и др. Близ города Златоуста отмечены жилы траппа; такие же жилы с медной зеленью отмечены на Уреньге. Наблюдения над строением горных пород проведены до Миасс. Аносов весьма обстоятельно изучил все возвышенности и впадины, скалы, обрывы, сбросы, обнаженные берега рек и т. п. Он отметил многообразие пород, представляющих ценность для промышленной разработки. Подробное деловое исследование земных недр сопровождалось замечательным описанием природы Южного Урала.

В 1833 г. Аносов произвел новое исследование и значительно углубил представление о геологическом строении Златоустовского округа [15]. Все последующие геологи Урала неизменно базировались на этих выдающихся исследованиях [16].

Известный русский геолог И. В. Мушкетов дает такую оценку геологическим работам Аносова: «Кроме от-

крытия различных минералов и руд, он первый составил подробный очерк геологического строения Златоустовского горного округа и, что особенно важно, дал первый геологический разрез Урала от Златоуста до Миасса, о чем упоминает и знаменитый Мурчисон». Во время путешествия Мурчисона по Уралу его сопровождали П. П. Аносов и И. Р. Лысенко, которые давали обстоятельные объяснения о геологическом строении как отдельных районов, так и всей Южноуральской области.

Все иностранные путешественники, побывавшие в первой половине XIX в. на Урале и давшие геологическое или географическое описание его, основывались на материалах геологических исследований русских горных инженеров. Известные путешественники и естествоиспытатели Гумбольдт, Розе, Мурчисон и др. имели к своим услугам частные и общие геологические описания, содержавшие богатейшие сведения по минералогии, геологии и географии Уральских гор. Особую ценность среди них имели капитальные труды Аносова. Его первая геологическая работа стала руководящей для всех последующих исследователей Южного Урала.

Мурчисон в своем сочинении «Геологическое описание Европейской России и хребта Уральского» пишет о районе между Юрезень-Ивановским и Усть-Катавским заводами: «Во всей последовательности этих известковых слоев могли мы только открыть небольшое количество кораллов, но в лощине из известняка, около Усть-Катавского завода встретили спирифер, тождественный с видом, коротко исследованным нами в настоящих девонских пластах около Воронежа по Дону; мы дали ему наименование спирифер Аносова в честь distinguished друга нашего, бывшего тогда начальником Златоустовского горнозаводского округа. находка эта послужила к безошибочному определению геологического горизонта формаций, и правильность его подтверждена появлением в нескольких верстах западнее этого места угольного известняка» [17].

Переводчик указанной статьи Мурчисона на русский язык А. Д. Озерский, в дальнейшем начальник алтайских горных заводов, счел необходимым сделать примечание о том, что много любопытных подробностей о топографии Златоустовского округа и геологическом строении его находятся в статьях, опубликованных в

«Горном журнале» за 1826—1842 гг. и в первую очередь в статьях П. П. Аносова.

Аносов натренировал себя к физической выносливости. Не раз он взбирался на вершины гор Златоустовского района, преодолевая труднейшие подъемы. Воля к познанию природы, желание разведать богатства недр, увидеть своими глазами окружающую действительность преодолевали трудные путешествия по горам и вознаграждали труд естествоиспытателя богатейшими сведениями о природных богатствах Урала.

Мурчисон пишет, что «предводительствуемые г. г. генерал-майором Аносовым и майором (ныне полковником) Лысенко, мы взобрались на зубчатые вершины в лесу (от 600 до 700 футов выше), находящиеся на близком расстоянии к северу от дороги» [17].

Описанные выше геологические исследования, а также большая административная и техническая работа по улучшению производства холодного оружия оказались, по-видимому, для горного начальства неопровержимыми доказательствами, что Оружейную фабрику надлежит вверить Аносову. После почти двухлетнего управления фабрикой, 27 октября 1826 г. министр финансов утвердил Аносова управляющим Златоустовской оружейной фабрикой.

## 6. Открытие уральского корунда

Шлифовка и полировка холодного оружия на Златоустовском заводе производилась с помощью наждака, импортировавшегося из-за границы. Так было не только на Златоустовском, но и на **других** уральских заводах, где изделия подвергались шлифовке и полировке. Импортный наждак стоил дорого, и он составлял значительную статью в стоимости изготовления изделий. Такое положение на уральских заводах сохранялось до открытия Аносовым способа обработки уральского корунда и использования его взамен импортного наждака. Месторождения корунда раньше были известны только в Китае, Бенгалии и на Цейлоне. Но вот в 1823 г. профессор Казанского университета К. Ф. Фукс, сопровождавший в путешествии по Сибири горного деятеля В. Ю. Соймонова, находит в отвалах Березовского зо-

лотого рудника Кыштымского завода «угловатые куски белого полевого шпата со вкрапленными небольшими кристаллами синевато-черного цвета». Это были кристаллы корунда. Аносов заметил: «Корундовая порода встречается в виде угловатых кусков, вместе с прочими горными породами, составляющими золотоносный пласт».

Чрезвычайно ценное открытие оставалось мертвым капиталом. Ни сенатор Соймонов, ни заводчики Расторгуевы, хозяева Кыштымских заводов, не предприняли никаких шагов к серьезным изысканиям месторождений этих кристаллов.

В 1828 г. на Кыштымском заводе побывал Аносов. Ознакомившись с кристаллами, он сразу оценил огромное техническое значение этого материала. Он хорошо знал, какими прекрасными свойствами обладает корунд, и быстро нарисовал картину широкого использования этого минерала: «Употребление его для резки и шлифовки твердых камней вместо наждака и даже вместо самого алмаза возбудило во мне желание сделать небольшой опыт для полировки сим минералом клинков белого оружия на Златоустовской оружейной фабрике, в намерении заменить им иностранный наждак, стоящий немаловажных расходов» [18]. Здесь опять Аносов выступает как патриот, горячо желающий освободиться от тяжелого импорта. Здесь проявляется и другая характерная черта Аносова — использовать в максимальной степени местные материалы, местные природные богатства.

Аносов получил на Кыштымском заводе несколько кусков корунда и приготовил из них полировальный порошок. Первый опыт полировки корундовым порошком оказался не вполне удовлетворительным. Но это не охладило Аносова. Он быстро доискался причин этой неудачи. Оказалось, что остававшийся в порошке избыток породы — полевого шпата, в котором залегали кристаллы корунда, ослаблял полирующее действие корунда. Также оказался неудобным для полировки порошок из чистого корунда.

Аносов подверг загрязненный шпатов порошок промывке и, пользуясь большим удельным весом корунда, отмыл из порошка избыточный шпат. «Когда опыт повторен был с промытым порошком корунда, то послед-

ствия одного совершенно оправдали ожидание: несколько клинков были им выполированы с такою же скоростью и столь же чисто, как и самым лучшим иностранным наждаком». Получив такие прекрасные результаты на нескольких кусках корунда, Аносов поставил задачей полностью заменить иностранный наждак. На Кыштымском заводе добытой корундовой породы не оказалось, так как ею здесь не интересовались. Аносов сумел убедить и заводчиков и работников завода в важности предпринятого им дела, и «в короткое время собрано было на Березовском руднике до 165 пуд. корундовой породы». С такой массой материала Аносов мог оперировать весьма смело, и он быстро добился прекрасных результатов. Им был разработан простой способ обработки корундовой породы, обеспечивающий получение шлифовального и полировального порошков высокого качества. Толчение корундовой породы Аносов сразу механизировал. Здесь вновь проявилась «необычайная сметливость», умение использовать имеющиеся технические средства для выполнения самых разнообразных производственных операций. Для толчения породы он приспособил имевшийся на Оружейной фабрике кричный молот. Один работник с двумя мальчиками измельчал и просеивал в день более 1,5 т корундовой породы, в то время как на обыкновенном ручном вашгерде один человек промывал в день только менее одной трети тонны корундовой породы. Из тонны корунда получалось до 700 кг порошка, годного для полировки металла. Как видно, расходы на приготовление полировального порошка из уральского корунда были действительно «весьма маловажны».

Аносов разработал способ приготовления шлифовального и полировального порошка из уральского корунда, освободив страну от импорта иностранных дорогих материалов. Он также подобрал надлежащую композицию смеси порошка с кварцем и глиной и тщательно отработал технологию шлифовки и полировки наждаком и корундовым порошком; в результате «шлифовщики Оружейной фабрики, оставив иностранный наждак, охотно употребляют для полировки клинков отечественное производство, стоящее ничтожных расходов». Заботясь о передаче разработанного способа обработки уральского корунда для технических целей отечественной промыш-

ленности, Аносов опубликовал свои достижения по этому вопросу в «Горном журнале».

Учитывая, «как сей минерал важен по обширному техническому употреблению», Аносов предлагал произвести разведку в окрестности Березовского рудника «в разных местах по линиям, пересекающим простирающие горных пород под прямым углом», в соответствии с приведенным выше геологическим прогнозом. Чтобы облегчить геологам поиски месторождений корунда, Аносов дает детальное описание залегания корунда в породе.

Следует отметить, что признаки корунда были найдены в дачах Златоустовского завода уже у 1828 г. близ речки Черемшанки, а к концу лета 1830 г. были открыты два огромных месторождения корунда высокого качества за деревней Селянкиной. В 1832 г. значительное количество корунда добывалось для нужд Оружейной фабрики [19].

## 7. Новый способ закалки стали

Разносторонний талант Аносова имел творческое проявление в самых разнообразных областях техники.

Осуществив глубокие геологические исследования, Аносов дал в 1828 г. первый геологический разрез Южного Урала. Вскоре после этого, найдя ценнейший технический материал на Урале — корунд, он разработал способ приготовления из него шлифовального и полировального порошка.

К этому же периоду относятся его замечательные исследования по закалке стали «в сгущенном воздухе», т. е. в струе воздуха. Первые результаты его исследований по данному вопросу были опубликованы в 1827 г. [20].

Аносов решил исследовать действие на раскаленную сталь быстрого потока воздуха, создаваемого искусственным образом. Для этого он создал «ветер» при помощи изобретенных им цилиндрических мехов и провел сначала опыты «в малом виде над различными стальными вещами, закаливая оные в сгущенном воздухе», считая при этом, что «действие искусством сгущенного воз-

духа должно быть одинаково с действием сильного ветра».

Закалка столового ножа под струей воздуха дала на первый взгляд неудовлетворительные результаты. Нож после закалки не приобрел необходимой упругости, «оставался в том виде, как был согнут». Но после заточки он показал хорошую остроту лезвия, при испытании обнаружил высокую стойкость и оказалось возможным перерезать им сверток войлока до 10 раз, в то время как обычно закаленные ножи затуплялись «на первом и редко на третьем резе». Отсюда Аносовым было сделано важное заключение о преимуществе закалки «в сгущенном воздухе» режущих инструментов для получения острого и стойкого лезвия.

Аносовым также были установлены важные закономерности, касающиеся процесса закалки: чем холоднее воздух и чем сильнее дутье мехов, тем тверже бывает закалка; регулируя силу дутья, можно усиливать или ослаблять степень закалки; чем тоньше вещь, тем тверже закалка при одинаковых других обстоятельствах; чем тверже сталь, тем тверже закалка; изделия из цементованного железа закаляются так же, как и стальные.

В приведенных правилах сформулированы как частные указания по закалке режущих инструментов, так и общие положения о закалке стали в умеренном охладителе.

Получив обнадеживающие предварительные результаты, Аносов дал немедленно техническое решение найденного им способа закалки для обработки изделий. В первую очередь он решил использовать этот метод для закалки таких тонких изделий, как косы. Из листового железа был изготовлен ящик с крышкой, плотно прилегающей к отверстию воздуходувной трубы, соединенной с цилиндрическими мехами. Коса нагревалась «до красного цвета», закладывалась в указанный ящик, и пускалось дутье, которым охлаждались одновременно все части косы. В ящике коса успевала остыть в течение двух минут, «а половина ее еще скорее». Об успешности закалки можно было судить по отскакиванию окалины с поверхности косы и тонкому звону ее после закалки.

Испытания кос в работе показали прекрасные результаты, качество их было весьма высоким, косы не полу-

чали трещин, как при обычной закалке. В экономическом и техническом отношении закалка кос в струе воздуха оказалась весьма выгодной; меньше затрачивалось труда и времени, а также материалов.

В 1828 и 1829 гг. Аносов продолжал совершенствовать предложенный им метод закалки, провел новые, весьма ценные исследования и внедрил его в практику обработки кос, обеспечив высокое качество последних. В 1828 г. были сделаны замечательные опыты закалки кос при температурах минус 22,5°, минус 6° и плюс 15° С [21]. Здесь, пожалуй, мы встречаемся с первыми в мире опытами закалки стали на температуры ниже нуля градусов Цельсия. Результаты этих опытов подтвердили предыдущие наблюдения Аносова и вместе с тем дали указания, в каком направлении следует искать возможности усиления закалки при помощи струи воздуха.

В 1829 г. опыты производились над закалкой клинков из литой стали. К этому времени Аносов уже начал выплавлять литейную сталь и изготавливать из нее клинки, зубила, бритвы и другие стальные изделия. Кроме того, было закалено до 50 кос-литовок, приготовленных на Артинском заводе. Закаленные в струе воздуха «клинки были подвергнуты сравнительным пробам с настоящими дамасковыми клинками, известными под именем турецких», и показали по режущим качествам, упругим свойствам, твердости одинаковые результаты. Что же касается кос, то «они оказались на самом деле весьма хорошими, как свидетельствуют мастера и рабочие, коим они были розданы». В дальнейшем этот способ применялся широко. Открытие нового способа закалки расширило представления об охладителях и возможных приемах закалки. Аносовский способ закалки под струей воздуха долго применялся при термической обработке инструмента из быстрорежущей стали.

## 8. Создание токарной фабрики

Механизация работ на Уральских заводах была, пожалуй, самым отсталым участком производства. Применение подневольного труда освобождало руководителей многих предприятий от лишних забот по устрой-



ству механизмов. Даже весьма тяжелые физические работы выполняли вручную, почти вся механизация сводилась к употреблению лома, лопаты, кувалды.

Совершенно по-иному подходил к вопросам механизации производства Аносов. Он сам был прекрасным конструктором и создал ряд замечательных механизмов и машин. Механизация работ им рассматривалась как средство повышения производительности труда, усовершенствования технологического процесса, облегчения физического труда рабочих. Златоустовские заводы не имели специальных мастерских для изготовления механизмов и приспособлений. Весь инструментарий делался в инструментальных цехах, имевших кузнечные устройства и слесарные столы. Токарных станков не было.

Аносов понимал, что без организации специальной механической мастерской провести какие-либо серьезные мероприятия по механизации производственных работ невозможно. Без токарного станка невозможно изготовить даже несложную машину, так как почти любой механизм имеет детали с формами вращения.

Аносовым были приняты энергичные меры, завершившиеся в 1829 г. устройством при Златоустовском заводе токарной фабрики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Формулярный список П. П. Аносова, 1825 г.— Златоустовский архив Челябинской обл., ф. 24, оп. 1, д. 252.
2. Описание Златоустовской оружейной фабрики.— ЦГВИА, ф. ВВА, д. 26124.
3. А. С. Бумаркин. Исторические данные по введению изготовления холодного оружия в Златоустовской фабрике немецкими мастерами.— Горный журнал, 1912, № 10—11.
4. Краткое описание Златоустовской оружейной фабрики.— Горный журнал, 1846, № 1.
5. Сын Отечества, 1851, № 12, стр. 39—42.
6. Санкт-Петербургские ведомости, 1851, № 69.
7. Н. Я. Нестеровский. Материалы к биографии П. П. Аносова.— Горный журнал, 1918, т. I—II, кн. 1—6.
8. Формулярный список П. П. Аносова, 1847 г.— Томской обл. архив.
9. Формулярный список П. П. Аносова, 1826 г.— Златоустовский архив Челябинской обл., ф. 24, д. 363, л. 6.
10. Предписание департамента горных и соляных дел от 31 мая 1824 г.
11. Атлас Златоустовской оружейной фабрики, 1827 г. (хранится в Ленинградском горном институте).

12. *П. П. Аносов*. О булатах.— Горный журнал, 1841, № 1.
13. *В. Потто*. Кавказская война, т. 4. СПб., 1889.
14. *П. П. Аносов*. Геогностические наблюдения над Уральскими горами, лежащими в округе златоустовских заводов.— Горный журнал, 1826, № 5, стр. 3—30.
15. *П. П. Аносов*. Геогностические наблюдения в округе златоустовских заводов и в местах, прилежащих к оным.— Горный журнал, 1834, № 1 и 2.
16. *И. В. Мушкетов*. Материалы для изучения геогностического строения и рудных богатств Златоустовского горного округа в Южном Урале.— Горный журнал, 1877, № 8—9, стр. 231; № 10, стр. 51.
17. *Р. И. Мурчисон*. Геологическое описание Европейской России и хребта Уральского.— Горный журнал, 1848, № 4 и 7.
18. *П. П. Аносов*. Об уральском корунде.— Горный журнал, 1829, № 1, стр. 131—140.
19. Горный журнал, 1834, кн. 2, стр. 162—163.
20. *П. П. Аносов*. Описание нового способа закалки стали в сгущенном воздухе.— Горный журнал, 1827, № 8.
21. *П. П. Аносов*. Об опытах закалки стальных вещей в сгущенном воздухе, проведенных в 1828 и 1829 годах.— Горный журнал, 1829, № 10, стр. 127.

## Глава четвертая

---

### Литая сталь Аносова

#### 1. За новую технику производства и обработки стали

Со времени назначения помощником управляющего Златоустовской оружейной фабрики, т. е. с 1821 г., Аносов начал вплотную заниматься вопросами производства стали.

Изготовление стали для выделки холодного оружия, инструментов и на прочие нужды всего завода велось на Оружейной фабрике. Это позволяло Аносову как помощнику управляющего фабрики глубже изучить состояние стального дела, его возможности и недостатки. Вместе с тем административно-техническое положение обязывало его постоянно заниматься обеспечением производства потребным количеством металла нужного качества.

В 1824 г. стальное отделение фабрики имело шесть цехов: сырой стали, рафинированной стали, кованцов, тяжелого инструмента, легкого инструмента и сортового железа [1]. На фабрике выделялись два сорта стали: сырая, или сырцовая, и выварная, или рафинированная. Сырая сталь приготовлялась кричным способом из чугуна. Она обладала сравнительно невысоким качеством, поэтому могла употребляться на изготовление изделий, не требовавших особой твердости (топоры, долота и др.), или подвергалась дополнительной обработке в другом цехе, предназначенном для рафинирования (очистки) стали от посторонних примесей, а также выравнивания ее состава.

В цехе рафинированной стали прутки сырой стали протягивались в ленты, сортировались и затем сваривались по сортам в куски. Таким образом, получалась очищенная сталь называвшаяся рафинированной для изго-

товления оружия инструментов и других качественных изделий.

Аносов много работал над усовершенствованием методов приготовления стали и достиг значительных успехов. Этому благоприятствовала подготовка исходных материалов в частности предварительная обработка чугуна с целью очистки его от вредных примесей. Был сделан ряд конструктивных изменений в кричном горне [2].

Однако чем ближе знакомился Аносов с состоянием стального дела на фабрике, чем глубже изучал он методы и технику производства стали, тем все больше и больше убеждался в необходимости кардинального решения его. Он начал искать новые способы приготовления стали.

Аносов подвергает ревизии не только применявшиеся на Златоустовском заводе способы выделки стали, но и все известные на других заводах способы. Он обстоятельно изучает имеющуюся отечественную и иностранную литературу, анализирует разные методы и приходит к твердому убеждению, что старый способ выделки стали в кричных горнах не может удовлетворить возросшего спроса армии, промышленности и сельского хозяйства на сталь.

Аносов останавливает свое внимание на литой стали и приступает к разработке новых методов ее производства. Глубокие по замыслу и чрезвычайно обширные по масштабам исследования продолжались 10 лет, с 1828 по 1837 г. Этими исследованиями были охвачены все стадии производства и обработки стали: выплавка, разливка, ковка, отжиг, закалка, отпуск, механическая обработка, контроль качества стали по макроструктуре, микроструктуре и механическим свойствам.

Высококачественная металлургия тем и характеризуется, что все стадии производства выполняются по строго определенной технологии. Блестящее решение поставленной Аносовым задачи имеет в своей основе то, что он охватил весь комплекс производства и дал разработанную технологию по всем его стадиям.

Понимая значение поставленного вопроса и сложность его решения, Аносов со всей энергией устремился в область неизведанных тайн природы восточного булата и техники его приготовления. Он начал систематиче-

ски исследовать способы приготовления литой стали, строение литой стали и ее свойств.

При разработке способов приготовления булатов, т. е. высококачественной литой стали, Аносов сделал ряд выдающихся открытий, делающих честь нашей отечественной металлургии.

Во-первых, был открыт процесс газовой цементации железа при переплавке в сталь, и на этой основе им был разработан оригинальный способ получения литой стали путем непосредственной цементации железа печеными газами в тиглях.

Во-вторых, разработан способ прямого получения стали из руд в тиглях.

В-третьих, разработан процесс передела чугуна в сталь с присадкой руды и окалины, явившийся основой скрап-рудного процесса.

В-четвертых, открыта металломикроскопия.

Аносов изучил ряд явлений, играющих важнейшую роль в процессах выплавки, разливки и тепловой обработки стали. Он исследовал также различные способы термической обработки стали и разработал оригинальные способы закалки, успешно применявшиеся им при термической обработке оружия, инструмента и тонких стальных изделий.

## **2. Подготовка опытов получения литой стали**

Поставив перед собой огромной важности задачу — разработку способов производства булатов, т. е. стали совершенной или высококачественной, Аносов провел огромное количество систематически поставленных опытов, чрезвычайно разнообразных по применяемым материалам и методике, но единых по своей целеустремленности. Иногда в литературе встречаются указания, что на Златоустовском заводе якобы до Аносова были опыты выплавки стали. Эти указания не имеют под собой никакого основания. Аносов проявлял живой интерес к литой стали и, конечно, не пропустил бы возможности ознакомиться с опытами. Аносов писал в 1837 г., что он не только не имел возможности до 1828 г. переплавлять сталь, но даже не имел «случая

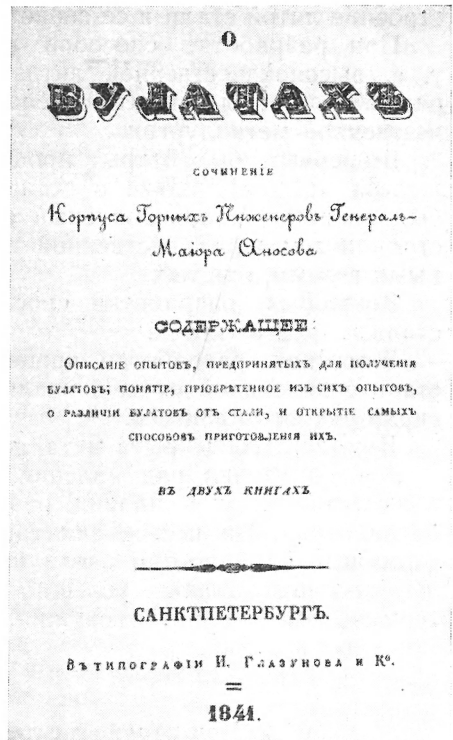


Рис. 10. Титульные листы 1-й и 2-й книг

видеть производство литой стали, ни переплавлять ее» [3], поэтому пришлось впервые разрабатывать процесс, преодолевая возникавшие, как и во всяком новом деле, огромные трудности.

На Златоустовском заводе не было никаких устройств для проведения плавок стали. Их пришлось создавать заново: «Надлежало устроить печь, приготовить огнеупорные тигли, избрать способ приготовления литой стали», создать необходимое оборудование, инструмент и приспособления, достать необходимые материалы, подобрать и подготовить помощников из мастеровых. Все это должно было делаться наряду с выполнением основных функций по Оружейной фабрике. Сколько-ни-

# ПРИЛОЖЕНИЕ

къ

## СОЧИНЕНІЮ О БУЛАТАХЪ

Корпуса Горныхъ Инженеровъ Генералъ-  
Маіора Аносова

СОДЕРЖАЩЕЕ ЖУРНАЛЪ ОПЫТАМЪ СЪ 1826 ПО 1839  
ГОДЪ СЪ КРАТКИМИ ЗАМѢЧАНІЯМИ.

---

КНИГА ВТОРАЯ

ЗЛАТОУСТЬ.

---

1841 года

*П. П. Аносова «О булатах»*

будь ясного описания способов приготовления литой стали нельзя было найти ни в журналах, ни в книгах.

В начале 1828 г. Аносову было прислано с Воткинского завода на испытание 2 пуда (33 кг) литой стали, приготовленной знаменитым мастером С. И. Бадаевым [4]. На этом материале он мог убедиться в достоинствах литой стали, выплавленной из цементованных прутков железа. Но технология приготовления литой стали по способу Бадаева не была сделана достоянием промышленности вплоть до 1843 г. «Все руководства об этих предметах, бывшие известными мне в то время, оказались или недостаточными по краткости, или несообразными с местностями» [3]. Таковы были условия

для начала задуманных Аносовым исследований. «Оставалось прокладывать новый путь», — писал Аносов, и это был действительно новый путь в металлургии стали. Для осуществления опытов были построены сначала малые, полузаводские, а затем большие тигельные печи, обеспечивавшие необходимую высокую температуру на древесном угле. Были разработаны: способ изготовления огнеупорных тиглей из местных материалов, технология выплавки стали, разливки ее,ковки, отжига, закалки, отпуска и дальнейшей механической и химической обработки. Протекло более года, прежде чем Аносову удалось получить первые образцы опытной литой стали. Опыты проводились в тиглях небольшого размера, емкостью от 5 до 10 фунт., т. е. от 2 до 4 кг металла.

Плавильная печь была устроена в виде цилиндра и имела в нижней части лепельник, а в верхней — горн, между ними были устроены колосники. Тигли устанавливались на колосники и вытаскивались из печи через верхнее окно над горном, закрывавшееся железной дверью. В окне имелось отверстие для наблюдения за ходом плавки. Печь отапливалась древесным углем. В лепельник подавалось дутье из изобретенных Аносовым цилиндрических мехов через установленную в нем трубу, заканчивавшуюся соплом.

С самого начала своей практической работы на заводе Аносов оценил должным образом огромное значение инициативы рабочих и мастеров для успешного развития производства. Начав свои знаменитые исследования по литой стали, он нашел себе замечательных помощников среди мастеров стального дела на Златоустовском заводе. Он привлек к сталеплавильному делу и сумел увлечь этим новым производством Николая Швецова, Петра Уткина, Ивана Шишакова и других, ставших впоследствии знаменитыми сталеварами, выдающимися мастерами булатного дела. С ними у Аносова установилось творческое содружество, обеспечившее успех самым смелым дерзаниям в неизведанной области сложнейших металлургических реакций. В условиях крепостнической системы на заводе рабочие беззаветно помогали управителю фабрики в решении сложнейшей технической проблемы, видя в этом залог процветания отечественной металлургии. Без такого творческого отношения сталев-



варов и кузнецов исследования Аносова по приготовлению булатов были бы, конечно, крайне затруднены и едва ли удалось бы достигнуть успехов.

Выдающиеся открытия, анализ результатов опытов, выводы и предложения, наконец, подробные указания о разработанных новых способах выплавки,ковки, термической обработки, макроскопических и микроскопических исследованиях и испытаниях свойств стали Аносов изложил в своих капитальных трудах «О приготовлении литой стали» [5] и «О булатах» [3]. В статье «О приготовлении литой стали» Аносов стремился максимально доступно изложить разработанную им технологию производства литой стали. Эта статья была опубликована на французском языке в 1840 г. [6].

Книга «О булатах» представляет собой классический труд. В первой части ее дан анализ богатейших экспериментов Аносова, коротко записанных во второй части книги в виде «Приложения» и составляющей «Журнал опытам по приготовлению литой стали и булатов с краткими замечаниями». Книга «О булатах» была переведена на французский язык и издана в 1843 г. [7]. Основное содержание этого труда было также опубликовано на немецком языке [8].

Указанные труды отражали все основные достижения науки и техники в области производства литой стали и служили руководством для последующих поколений при разработке теории и технологии производства литой стали. Опубликование их на французском и немецком языках сделало их достоянием мировой металлургии.

### **3. Первые опыты получения литой стали**

В начале 1828 г. Аносов приступил непосредственно к опытам получения литой стали в тиглях малого размера. Они имели предварительный характер, но оказались исключительно ценными для дальнейшей разработки технологии производства литой стали и теории металлургических процессов.

Запись в «Журнале опытам» начата в марте 1828 г., подготовительная стадия работы в этих записях отражения не получила. Предварительные опыты охватили большой круг вопросов высококачественной металлургии. Здесь исследовались такие вопросы, как влияние исход-

ных материалов, состав шлаков, условия плавки, условия разливки стали и т. д. Опыты были поставлены, как писал Аносов, в малом виде, т. е. носили полубораторный характер. Выплавка стали производилась в тиглях малого размера, сначала емкостью 5 фунт., т. е. 2 кг, а затем до 10 фунт., т. е. 4 кг металла. В качестве основного материала для приготовления литой стали в первых опытах Аносова служила рафинированная сталь, получавшаяся на Златоустовском заводе кричным способом и последующей вываркой. Продолжительность каждой плавки составляла от 1 часа до 1 часа 50 минут.

Плавка рафинированной стали велась с добавкой различных флюсов общим весом от 200 до 400 г, что составляло около 10—20% от веса металла. Никаких углеродсодержащих веществ в шихту не вводилось. Имелась в виду только переплавка в тигле рафинированной стали, без науглероживания.

Первые опыты дали неудовлетворительные результаты: то повреждался тигель, то металл не плавился, то получался нековкий металл и т. п. Но Аносова это не обескуражило. Его тонкая наблюдательность, глубокий анализ причин, обусловивших неудовлетворительные результаты, привели к крупнейшим открытиям, а сметливость Аносова помогла найти средства для устранения причин, мешавших достижению положительных результатов.

Самая первая плавка, записанная в «Журнале опытам», оказалась неудачной. Использование бутылочного стекла в качестве флюса оказалось неправильным. «Тигель повредился и металл не расплавился, в связи с этим к стеклу прибавлено кирпичной глины», — заметил Аносов по поводу этой неудачной плавки. Испробовав различное соотношение стекла и кирпичной глины, Аносов остановился на смеси их в равной доле. С этим составом флюса была проведена первая серия опытных плавок. В дальнейшем влияние состава флюса было исследовано Аносовым весьма обстоятельно и разносторонне, он охватил различные составы и основных и кислых шлаков. Исследования Аносова о шлаках и взаимодействии их со сталью и тиглем составляют самостоятельный вопрос и заслуживают самостоятельного рассмотрения.

Чрезвычайно ценные для металлургии сведения дал опыт, записанный в «Журнале опытам» под № 2. Рафинированная сталь была переплавлена с добавкой флюса в виде смеси глины и стекла. Как указывает Аносов, сталь «сплавилась хорошо, но по выливке в форму не сковалась». В данном случае нековкость металла объяснялась иными причинами, чем, например, нековкость чугуна. Металл поддавался резанию на станках. После обточки слитка выявилось в нем много пузырей, что было приписано доступу воздуха [3]. Так было сделано открытие важнейшего порока стального слитка — газовых пузырей и дано совершенно точное определение причин, его порождающих. Учение о газовых пузырях в стали далее было разработано выдающимися русскими металлургами А. С. Лавровым [6] и Д. К. Черновым [7].

В качестве меры для устранения газовых пузырей Аносов ввел обмазку подогретых изложниц изнутри. Он пишет, что «пока я не вымазал нагретой формы салом, выливаемая в нее сталь не ковалась». Это указание чрезвычайно важно. Подогрев и обмазка изложниц являются необходимыми условиями современной технологии разливки качественной и высококачественной стали.

Таким образом, Аносов, найдя один из важнейших пороков стали, раскрыв природу его, дал замечательное техническое средство предотвращения порока. Этим средством, т. е. обмазкой изложниц, также подогретых, пользуется и современная металлургия.

Третий по порядку опыт, записанный в «Журнале опытам», ознаменовался не менее важным открытием, имеющим большое значение для металлургии стали. В этом опыте рафинированная сталь была расплавлена с флюсом из смеси глины и стекла, а затем вылита в изложницу, смазанную салом. Полученная сталь «по обточке оказалась плотнее прежней, но не сковалась». Несмотря на принятые меры, предотвратившие окисление металла при разливке, литой металл оказался нековким. В данном случае нековкость нельзя было уже приписать действию воздуха или кислорода. Но точные наблюдения позволили Аносову объяснить указанное свойство металла данной плавки «приобретению излишнего углерода или излишней твердости». Это заключение, если оно было даже догадкой, является из ряда вон выходящим. Опыт пятый повторил результаты предыдущего, и вывод

был сделан Аносовым тот же: «Сплавилась, но не сковалась; приписано излишней твердости», что тогда считалось равноценным излишнему содержанию углерода.

Тогда Аносов проводит плавку (опыт № 6), добавляя к 4 фунт. рафинированной стали 1 фунт железа при том же флюсе и той же длительности плавления. Если во время плавки металл действительно насыщается углеродом, тогда присаживаемое железо должно связать этот углерод, превратиться в сталь и в целом весь расплавленный металл не должен приобретать углерода больше, чем это соответствует его содержанию в стали. В самом деле так и получилось. Сталь «сплавилась и хотя не чисто, но проковалась. Прежнее предположение отчасти подтвердилось». Следовательно, Аносов установил, что в процессе плавления стали в тигле происходит насыщение ее углеродом при отсутствии в шихте каких-либо углеродсодержащих веществ.

В дальнейшем опыты переплавки рафинированной стали в тигле велись, как правило, с добавкой железа (до 20% от веса всей металлической садки). Таким образом, в 1828 г. Аносовым была успешно разрешена задача получения литой стали в тиглях из рафинированной стали с добавкой и без добавки железа, но под слоем флюса.

В 1828 г. были получены сведения об опытах английского химика Фарадея «по сплавлению литой стали с платиной». По его опытам сплавов стали с платиной, будучи тверже обыкновенной литой стали, отличался превосходными свойствами. Опыты Фарадея были связаны с изысканием способа получения булатов, которые предназначались, конечно, исключительно для военных целей. Бывший тогда министром финансов России Е. Ф. Канкрин поручил горному ведомству проверить опыты Фарадея. Выполнение этого поручения было возложено на Аносова.

Аносов сразу же расширил свою задачу. Он поставил целью не только проверить опыты Фарадея и правильность его заключения, но выявить возможные пути получения литых булатов вообще, т. е. высококачественной стали. Аносов выплавил первую опытную платинистую сталь. Эта плавка записана в «Журнале опытам» под № 10. Шихта ее состояла из 4,5 фунта рафинированной стали, 1 фунта железа, 5 золотников платины и

0,5 фунта флюса. Плавка длилась 1 час. 20 мин. Относительно данной плавки Аносов сделал следующие замечания: «Дутье ровное; ковалась, но при малом нагреве и медленно. По испытанию оказалась твердою и годною на тонкие инструменты. По вытравке слабою серною кислотою на ней оказались узоры».

Дальнейшей серией опытов выплавки стали с различным содержанием платины Аносов весьма разносторонне изучил влияние платины на структуру и свойства стали. В ряде случаев платинистая сталь показывала хорошие качества. На характеристике данных опытов более подробно остановимся ниже, в главе «Специальная сталь». Здесь же отметим, что опыты завершились выплавкой стали с небольшим содержанием платины — до 0,5 золотника на 10 фунт. стали, т. е. 0,05% (плавка № 18). Сталь была «не очень крепка и плавилась хорошо. Откованный из этой стали клинок имел хорошие качества и выдержал установленные пробы. По вытравке на нем оказались местами мелкие желтоватые узоры, а местами облачные светлые». Клинок это был подарен совершившему в 1829 г. путешествие по Уралу известному немецкому естествоиспытателю Александру Гумбольдту, чьим именем назван Берлинский университет Германской Демократической Республики.

#### **4. Открытие фундаментальной реакции металлургических процессов**

Разработав способ получения литой стали из кричной рафинированной и получив образцы платинистой стали, Аносов не прекратил исследований. Он продолжал свои изыскания, испытывая новые композиции флюсов при увеличении одновременной садки металла в 2 раза. Сначала он изменил флюс, заменив кирпичную глину белой, и испытал смесь из двух частей глины и одной части стекла. Затем ввел в состав флюса одну часть закиси железа. Таким образом были положены первые основания для нового процесса выплавки стали, получившего название скран-рудного. Плавление рафинированной стали с указанным флюсом (опыт № 25) дало положительные результаты. Сталь «ковалась удобно и

в свойствах улучшилась. Узоры слабые. Зубила довольно стойкие».

После этого Аносов решил тщательно проверить правильность своих наблюдений относительно насыщения металла углеродом во время плавки. Он положил в тигель только одно железо с флюсом, без каких-либо других углеродсодержащих веществ, и расплавил его. Опыт (№ 26) дал блестящее бесспорное доказательство правильности ранее высказанного предположения Аносова. Железо в процессе плавления насытилось углеродом и превратилось в сталь. Аносов сделал в «Журнале опытам» относительно данной плавки весьма краткую, но отчетливую запись: «Сталь подобна предыдущей». Иначе говоря, путем расплавления одного только железа в тигле получена сталь, подобная той, какая получалась из кусков рафинированной стали и железа. Далее запись Аносова гласит: «Сей опыт доказывает, что углерод приобретает железом во время плавки» [3].

Аносов сделал выдающееся открытие и внес неоценимый вклад в теорию и практику металлургии. В самом деле, в тигель, кроме железа и безуглеродистого флюса, ничего не загружалось. Однако после расплавления железо оказалось насыщенным в известной мере углеродом. Здесь не было ничего сверхъестественного. Но наблюдения Аносова опрокидывали устоявшиеся вековые представления о металлургических процессах.

Аносов приводит следующие интереснейшие предпосылки для объяснения своего открытия: «С тех пор, как появились сочинения Ринмана в Швеции и Реомюра во Франции, способы цементования сделались в металлургии подробно известными, а вместе с тем сохранилось и правило, что для цементования железа необходимо непосредственное прикосновение угля к железу» [5]. Аносов подверг это правило критическому рассмотрению и признал его несостоятельным. Его опыты показали, что железо может насыщаться углеродом без непосредственного контакта с углем. На основании своих опытов он решил отклонить вышеуказанное правило, тем более что оно казалось ему и «не существенно нужным».

Наблюдательность Аносова позволила ему заметить, что «железо, при значительной толщине, во время цементования бывает пронцаемо углеродом до центра,

хотя и в меньшем количестве железа при наружных слоях». Аносову это служило прямым доказательством необязательности соприкосновения угля с железом для насыщения последнего углеродом. Разносторонняя деятельность Аносова и участие его в усовершенствовании способа получения кричной стали дали ему новый опытный материал, подтверждающий его идею. В самом деле, опыт получения уклада показывал, что сплавляемое в горне железо может при известных условиях превращаться в сталь [5].

Но самые убедительные доказательства были получены Аносовым при проведении опытов получения литой стали. Наблюдая за ходом плавления железных кусков в тигле, Аносов заметил чрезвычайно интересное явление. «При опытах сплавления железа с флюсом заметил я, что сей последний, расплавляясь прежде металла, спускается на дно тигля и, оставляя железо обнаженным, доставляет ему случай приобретать углерод — цементоваться» [3].

Тигли Аносов применял угольно-глиняные или, редко, графитовые. Можно было бы думать, что насыщение железа углеродом идет за счет тигля. Но в этом случае не было надобности обнажать железо из-под шлака. Железо находилось в непосредственном контакте со стенками тигля под шлаком, и, следовательно, для протекания соответствующей реакции имелись надлежащие условия. Однако эта реакция шла слабо и оказывала лишь небольшое влияние на процесс насыщения железа углеродом. Совершенно иная картина возникала, когда железо обнажалось из-под шлака. Печные газы, богатые окисью углерода и другими углеродсодержащими газами, омывали железо и благодаря высокой температуре реагировали с железом, диссоциировали на поверхности железа и отдавали ему углерод. Происходило насыщение железа углеродом, т. е. цементация в газовой среде. Это новое открытие Аносова имеет фундаментальное значение для металлургических процессов вообще и для процессов химико-технической обработки в частности.

«Насыщенное углеродом железо, или сталь, не в состоянии будучи оставаться в твердом виде при постоянно продолжающейся высокой температуре, расплавляется и опускается по относительной тяжести на дно тигля, а шлак поднимается вверх по мере расплавления всего

железа. Этот процесс объясняет всю теорию образования стали без прибавления тел, заключающих в себе углерод». Так просто и ясно объяснил Аносов сложный процесс получения стали из железа, происходящий при одновременном плавлении и насыщении углеродом. Существование этого процесса доказано Аносовым опытами. А путь к открытию его лежал через глубокий анализ явлений, происходящих при плавлении железа, стали и чугуна.

Необходимо здесь подчеркнуть весьма интересный факт, замеченный Аносовым в отношении температуры плавления железа и стали. Аносов указал, что «при постоянно продолжающейся высокой температуре» железо, насыщенное углеродом, не может оставаться в твердом виде, иначе говоря, температура плавления железа понижается при насыщении его углеродом. Таким образом, здесь дается прямое указание об изменении плавкости сплавов железо — углерод, понижении температуры плавления с увеличением концентрации углерода.

Изложенные открытия послужили Аносову основой для разработки оригинального способа получения литой стали в тиглях из железа. Этот способ заключается в том, что в тигель загружались обесечки железа и стали и подвергались плавлению без добавок углеродсодержащих веществ. Особенностью способа Аносова являлась цементация железных обесечков в процессе плавления.

Известные в то время способы получения литой тигельной стали имели в своей основе переплавку стали, или кричной, или цементной. Данный способ Аносова позволял получать сталь из железа без добавок чугуна и других каких-либо углеродсодержащих веществ. Это было новым словом в технике производства стали, основанным на новом научном положении Аносова о газовой цементации железа.

Установив прочную основу для технологии выплавки стали в отношении металлической части шихты, режима плавления и условий охлаждения стали, Аносов посвятил остальные опыты 1828 г. исследованию флюсующих материалов. Исходным материалом для получения литой стали почти во всех дальнейших опытах этого года служило железо. В развитие предыдущих исследований Аносов использовал ряд новых материалов для улучшения состава флюса. В опытах № 27 и № 28 вместо бе-



лой глины для испытания взят толченый обожженный горновой камень [3]. Эта замена существенных улучшений не показала.

В следующем опыте, записанном под № 29, вместо кварца использована известь. Полученная сталь трудно ковалась и обнаруживала пленистость. На травленной поверхности обнаруживались узоры, по цвету близкие к серебру. В опыте № 30 вместо кварца был взят доменный шлак, а прочие компоненты остались прежними. Сталь оказалась хорошей ковкости, но узоры действительно получились едва приметными. По твердости, закаливанию, вязкости сталь оказалась добротной. «Зубила стойки, и вообще сталь оказалась хороших качеств».

Для последней, записанной в 1828 г., плавки флюс был составлен из двух частей доменного шлака и одной части окалины. Сталь по качеству и свойствам оказалась подобной предыдущей плавке. Но данный флюс сильно реагировал со стенками тигля, в результате чего тигель повредился. В дальнейшем этот шлак не применялся. Так закончились богатейшие первые опыты получения литой стали. Они показали возможность по-новому решать вопрос о производстве необходимой высококачественной стали.

Вооружившись опытом выплавки стали в малых тиглях и подвергнув их результаты серьезному анализу, Аносов приступил к подготовке, а затем и проведению систематических опытов выплавки стали «в большом виде».

## 5. Литая сталь Аносова

Наступил 1829 год. В самом начале этого года, 9 января, Аносов был назначен помощником директора Златоустовской оружейной фабрики. Новое назначение благоприятствовало дальнейшему развертыванию исследований, начатых Аносовым в истекшем году. Предстояло на территории Оружейной фабрики построить новые печи для ведения плавки в больших тиглях, емкостью по 8 (20 фунт.) и 16 кг (40 фунт.). Необходимо было также обеспечить себя собственными тиглями. Для успешного выполнения всех мероприятий, сопряженных

с новым строительством, административные функции Аносова были весьма кстати.

Почти весь год ушел на подготовительные работы. Аносову удалось полностью разрешить все технические и организационные вопросы, подготовить себе помощников из златоустовских мастеров стального дела. Плавильные устройства в основном были такими же, как и в предыдущих опытах, при плавке в малых тиглях. Подробное описание устройства печей, приготовления тиглей, технологии плавки, разливки иковки стали дано Аносовым в статье «О приготовлении литой стали» [5].

На Оружейной фабрике был устроен особый корпус на каменном фундаменте. В этом корпусе были расположены печи для плавления стали в тиглях. Сначала печей было немного. В дальнейшем, по мере расширения производства литой стали, число их постепенно увеличивалось. В 1837 г., как это явствует из опубликованного Аносовым плана плавильного корпуса, количество печей было 8. В них выплавлялось до 1500 пуд. стали [11]. Каждая плавильная печь состояла из пепельника, колосников и горна. Горн устраивался в виде цилиндра с внутренним диаметром около 450 мм и высотой 530 мм. Он выкладывался из огнеупорного кирпича. Изоляционным материалом, которым заполнялись промежутки между стенами горна и корпуса, служила зола.

Весь применявшийся при плавке инструмент был предназначен для ручной работы, никаких механических приспособлений даже для выемки и переноски раскаленных добела двухпудовых тиглей с металлом не имелось. Сталеварам приходилось выполнять весьма тяжелую физическую работу. Но она все же была более легкой, нежели у кричного горна.

Большое значение для производства литой стали в то время имели огнестойкие тигли. Лучшими тиглями, способными выдержать самую высокую температуру, считались изготовливавшиеся в местечке Пассау, в Баварии. С доставкой в Златоуст они обходились по 25 руб. за штуку. Конечно, при такой цене тиглей литая сталь неизбежно должна была получиться весьма дорогой, и, как правильно заметил Аносов, «не заменив их своими, успех был безнадежен».

Аносов поставил себе задачей создать огнеупорные

тигли из местных материалов. Но в распоряжении его не было тогда графита, месторождения которого еще не были разведаны. Вместо графита нужно было найти «тело неплавкое, неизменяемое в виде при возвышенной температуре», нужно было «приискать что-либо другое», заменяющее графит. В этом случае большую услугу оказали Аносову проводившиеся им геологические исследования заводского района и серьезная теоретическая подготовка в области химии. «Состав графита и опыт с углем, при возвышенной температуре без допуска воздуха, известный в химии, определили желаемое тело — угольный порошок или толченый и просеянный мусор».

Лелея надежду, что, «может быть, весьма скоро употребление литой стали распространится в России» и в связи с этим развернется производство ее, Аносов счел необходимым дать подробное объяснение о разработанном им способе изготовления огнеупорных тиглей. Он ратовал за процветание отечественной промышленности, отказываясь от личной наживы на своих «секретах» производства и открыто публиковал их, чтобы сделать достоянием отечественной металлургии. Аносов дал подробные указания о выборе огнеупорной глины и о подготовке смеси для прессования тиглей. «Масса доводится до такой степени сырости, чтобы образовались комки, разминающиеся в руке. Из массы готовят горшки с помощью пресса и медной формы». После прессования тигли просушивались в течение двух недель на полках в теплой комнате, а затем подвергались дальнейшей просушке в особом сушиле и оттуда поступали в плавильную фабрику для употребления.

Изготовленные из местных материалов тигли по огнеустойкости не уступали дорогим импортным. Аносов указывает, что на Златоустовском заводе, где хорошо были знакомы с импортными тиглями, местные тигли по огнеустойкости имели преимущество перед импортными, но требовали большой осторожности при нагреве. Тигли, изготовленные по способу Аносова, обходились со всеми расходами всего лишь по 44 коп., в то время как цена такого же размера импортных пассауских тиглей в Златоусте достигала до 25 руб. за штуку. Аносов освободил завод от импорта дорогих тиглей и дал практическое руководство отечественным заводам по изготовлению тиглей из местных материалов.

Способ приготовления тиглей, разработанный Аносовым, переняли многие не только отечественные, но и заграничные заводы. Например, на Солингенских заводах в начале XX столетия приготавливали массу для тиглей из 14 частей (по объему) шамота, 9 частей сырой глины и 6 частей мелкого древесного угля [12].

По поводу качества златоустовских тиглей Аносов описывает один инцидент с известным в то время химиком, который недооценил возможности изготовления доброкачественных изделий из местных материалов и сделал необоснованное заключение о качестве аносовских огнеупорных тиглей.

«В ученном мире иногда вкрадывается как бы некое предубеждение против простых средств, между тем как многие из них, одетые в систематические выражения, занимают почетные места в науках. Еще недавно случилось мне видеть сему доказательство: один из известных химиков, получив для сплавки золота златоустовские горшки, уведомил меня, что они никуда не годятся и что он открыл в них вредную примесь — уголь, от которого они горят синим пламенем и разрушаются, тогда как в Златоусте, не говоря о стали, более трех лет сплавляется золото в сих горшках, и не было еще примера не токмо подобному разрушению, но не случилось, чтоб горшок, наполненный уже золотом, получил трещину. Напротив того, опытом доказано, что в одном горшке можно плавить золото до 6 и более раз, не оставившая работы. Пример сей я поместил здесь единственно для предостережения испытателей от ложных заключений, в которые легко можно впасть при недостаточной опытности» [5].

В связи с успешной разработкой способа приготовления огнестойких тиглей из местных материалов был разрешен один из труднейших вопросов сталеплавильного дела.

Таким образом, необходимые для плавки печи и тигли были созданы на заводе своими силами и средствами, и можно было приступить к плавкам в большом виде. Опыты на малых печах, проведенные в 1828 г., определили основные этапы технологии выплавки и разливки. В 1829 г., когда были построены печи большого размера, понадобилось сравнительно небольшое число опытов для проверки и уточнения намеченной техноло-

гии. Последняя была составлена довольно рационально и обеспечивала устойчивые результаты производства.

В «Журнале опытам» за 1829 г. записаны только четыре опытные плавки, причем первые три проведены в 8-килограммовом (20-фунтовом) тигле. В тигель было загружено 8 кг металла и 0,8—1 кг флюса из глины, стекла и окалины. Для первых двух плавок было взято железо, и получена сталь, «удобная в ковке». Так же успешно получили ковкую литую сталь из кричной рафинированной стали.

После такого удачного опыта Аносов перешел на плавки большого развеса. В опыте № 35 был использован тигель емкостью 16 кг (40 фунт.) металла. Шихтой служила кричная рафинированная сталь с добавкой 2 кг (5 фунт.) флюса. Аносов пишет, что полученная «сталь оказалась годною на зубила и могла заменять английскую». Разработанная технология давала устойчивые результаты. «Сей опыт повторяем был несколько раз и постоянно имел успех, если сталь была вылита вовремя» [3].

Подводя итоги опытов выплавки стали в малых и больших тиглях, Аносов сделал весьма важные выводы относительно флюсов: «1) при одном и том же флюсе количество углерода в стали зависит от количества флюса; 2) железо цементируется в то время когда флюс, расплавясь, опустится на дно, и поднимается вверх по мере расплавления стали».

На основании двухлетних опытов, сначала на малых печах, а затем и на больших, Аносов разработал оригинальную технологию получения литой стали из железа и кричной стали. Подготовка к плавке начиналась с того, что пепельник или шесток засыпался золой полностью, на колосники устанавливался глиняный поддон, а на этот поддон ставился тигель, неплотно прикрытый железной или глиняной крышкой. Тигель полностью засыпался крупным древесным углем, на верхний слой которого бросали несколько кусков раскаленного угля. Печь запиралась железной дверью. От раскаленных углей горение распространялось постепенно вниз, прогревая тигель.

В раскаленный тигель засыпались по железному желобу железные или стальные обечки. До особых опытов 1831 г. на металлические обечки сваливался

флюс. Никаких науглероживающих веществ в тигель не загружалось, и несмотря на это железо в тигле при плавнении науглероживалось и получалась сталь. В этом, собственно говоря, была оригинальность данного способа приготовления литой стали. Как указывает сам Аносов, его способ заключается «в сплавлении негодных к употреблению железных и стальных обсечков в глиняных горшках при помощи возвышенной температуры воздушных печей» [5].

Возможность использования железных обсечек, «не годных к употреблению», составляла огромное преимущество этого способа перед другими.

С другой стороны, способ Аносова был интересен тем, что в тигель загружалось железо без углеродсодержащих веществ. Эта особенность отличала способ Аносова от известных других способов приготовления литой стали. «Закладываемое в горшки железо составляет особенность способа, ибо в Англии сплавляют не железо, а цементованную сталь» [5]. Не только в Англии, но и во всех других промышленных странах в то время почиталась лучшей цементная сталь, т. е. сталь, выплавленная в тигле из предварительно процементованных прутков железа.

Что касается переплавки в тиглях кричной стали, то она особых преимуществ не показывала. Между тем предварительное получение рафинированной или даже сырцово-кричной стали требует больших издержек на производство и, следовательно, сильно удорожает литую сталь, полученную из кричной. Таким образом, Аносов нашел весьма простой способ приготовления тигельной стали, имевший большие преимущества по сравнению с уже существовавшими.

В 1829 г. опытные тигли были сначала емкостью 8 кг, а затем 16 кг металла. Сталь разливалась в чугунные формы (изложницы), имевшие внутри «вид четырехгранника с усеченными боковыми плоскостями, коего нижний конец закруглен». Каждая изложница была составлена из двух половинок, скрепленных обрубком при помощи клина.

Аносов ввел подогрев изложниц, установив температуру, которая соблюдается в практике современных заводов качественной стали. «Формы предварительно прогреваются так, чтобы в них растоплялось сало, которым

они перед самою отливкою смазываются: отделяющиеся от горения сала газы предохраняют сталь от доступа воздуха» [5]. Последнее указание замечательно по своей глубине и поднимает операцию разливки стали на современный научный уровень.

По окончании плавки мастер захватывал тигель клещами, а рабочие подхватывали клещи ломami, вытаскивали тигель из печи и устанавливали его на полу мастерской. Затем следовала весьма важная в производстве высококачественной стали операция, введенная Аносовым: тигель обдувался мехами, чтобы предотвратить попадание пыли и вообще посторонних тел в сталь во время разливки. Этот прием показывает, насколько тонко была продумана Аносовым вся технология производства стали и насколько прочно вошли его приемы работы в высококачественную металлургию. После обдувки мастер захватывал тигель ухватом и выливал сталь в изложницу.

Высокая культура разливки металла является обязательным условием производства высококачественной стали. Многие из тех приемов, которые в настоящее время входят в технологию разливки высококачественной стали, оказываются впервые введенными или описанными Аносовым. Он обратил внимание на необходимость регулирования скорости разливки и строгого центрирования струи металла. Мастер должен наблюдать, чтобы струя стали не касалась боков формы, в противном случае на ней могут оказаться спайи; также он не должен допускать большую скорость слива металла в изложницу, так как быстро вылитая сталь делает большую усадку: и в самой форме могут получиться поперечные трещины [5]. Аносов указал температуру раздевания слитков. Сталь остывала в изложнице, пока последняя не нагревалась докрасна, затем снимался обруч с изложницы и слиток раздевался.

Аносов установил признаки, по которым можно было судить о свойствах литой стали. Во-первых: «Чем белее цвет стали и искр, тем она мягче, а чем менее сих последних, тем выше ее достоинства». Во-вторых: «Мягкая сталь при застывании увеличивается в объеме или вспучивается; средняя остается в том положении, как вылита; крепкая уменьшается в объеме, или садится, образуя в штыке впадину» [5]. Мягкая и средняя сталь

пускалась в ковку непосредственно, а твердая подвергалась предварительно 12-часовому отжигу. Таким образом был завершен большой этап исследований, продолжавшийся в течение двух лет.

Аносов разработал оригинальный способ приготовления стали. Но не в этом только ценность его исследований. Замечательно то, что он изучил все стадии выплавки и разливки и во многих случаях дал глубокий разбор процессов. При этом Аносов обнаружил широкую научную эрудицию и глубокие познания, сочетавшиеся с талантом экспериментатора. Аносов проявил изумительную наблюдательность, замечал неподражаемо тонко явления, показывавшие сплошь и рядом лишь косвенные, еле уловимые признаки. Он метко устанавливал причину того или иного явления и проявлял также редкую находчивость для отыскания средств, влияющих в нужном направлении. Только опытный практик и широко эрудированный исследователь мог справиться с поставленной сложнейшей технической задачей и найти оригинальное решение, определившее дальнейшие успехи качественной металлургии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Центральный государственный военно-исторический архив (ЦГВИА), ф. ВУА, д. 25124, л. 20.
2. Сын отчества, 1851, № 12, стр. 39—42. Некролог.
3. П. П. Аносов. О булатах.— Горный журнал, 1841, № 2, стр. 80.
4. Челябинский обл. госархив, ф. 19, оп. 18, д. 7, л. 1.
5. П. П. Аносов. О приготовлении литой стали.— Горный журнал, 1837, № 1, стр. 75—102.
6. Anosof. De la fabrication de l'acier fondu.— «Annuaire du Journal des mines de Russie». Année 1837. S-Petersbourg, 1840, p. 191—218.
7. Anosof. Memoire sur l'acier damassé.— «Annuaire du Journal des mines de Russie». Année 1841. S.-Petersbourg, 1844.
8. Anosoff. Ueber Damascenerstahl.— «Politechnisches Journal», Bd 93, Stuttgart, 1844, S. 58—62.
9. А. С. Лавров. О приготовлении стальных орудий.— Артиллерийский журнал, 1856, № 10, 11.
10. Д. К. Чернов. Сталелитейное дело. Лекции, читанные в дополнительном курсе Михайловской артиллерийской академии. СПб., 1906, литогр.
11. Ведомость о выплавке и выделке металлов при Златоустовском округе, по железнному производству.— Горный журнал, 1836, № 11, стр. 460.
12. В. Липин. Металлургия чугуна, железа и стали, т. 2, стр. 843.
13. Атлас Златоустовской оружейной фабрики, 1827 г.



### Исследования по специальной стали

#### 1. Пионеры создания специальной стали

Специальная сталь занимает в современной технике важнейшее место. Многие детали машин и приборов, а нередко и целые механизмы действуют в условиях, требующих от металла исключительно высоких физических, химических и механических свойств. Обычная углеродистая сталь, приготовленная самым тщательным образом, обеспечивает только лишь определенные свойства, которыми и обуславливаются многие качественные характеристики машин, приборов, установок, их мощность, долговечность и т. п.

Введение специальных элементов в сталь вызывает изменение ее физико-химического состояния и строения. Путем введения специальных элементов можно добиться резкого изменения физических, химических и механических свойств стали в желаемом направлении. Каждый специальный элемент по-своему влияет на свойства стали. Одновременное присутствие нескольких элементов вызывает сложные изменения физико-химического состояния стали и соответственные изменения ее свойств. Создание и развитие производства специальной стали являлось одним из важнейших условий технического прогресса XIX и XX вв.

Первоначально специальная сталь получалась, по-видимому, при обработке природнолегированных железных руд. Многочисленные практические наблюдения мастеров, передававшиеся из поколения в поколение, фиксировали связь между свойствами обрабатываемых руд и получаемых из них кусков металла. В старину при

оценке качества руд металлурги пользовались, понятно, прежде всего внешними признаками, как, например, внешний вид кусков руды, крепость, плотность, окраска и др., так как в те времена не было химического анализа руд и не был известен их химический состав. Руды с теми или иными признаками рассматривались как трудно или легко обрабатываемые, дающие мягкий или, наоборот, твердый, легко сваривающийся при ковке или трудно сваривающийся металл, и т. д.

Использование природнолегированных железных руд базировалось на вековых наблюдениях мастеров. Поскольку применение этих руд началось еще тогда, когда не могли определять их химический состав, высокие свойства стали приписывались в основном особым свойствам руд, безотносительно к элементам, входящим в состав этих руд. Такая оценка продолжалась до появления химического анализа руд и получаемого из них металла.

Первые попытки введения в сталь специальных элементов с целью улучшения ее свойств относятся к концу XVIII и началу XIX в. В этот же период были сделаны попытки выяснить отношение железа к другим элементам. Но отдельные опыты как русских, так и зарубежных металлургов не давали сколько-нибудь серьезных оснований для суждения о ценности введения в сталь тех или иных элементов.

Аносов, хорошо знавший состояние вопроса, имел все основания писать: «Вообще предмет, заключающий в себе отношение железа к другим металлам, казался мне недостаточно исследованным Ринманом, Гассенфрацом, Карстеном и другими металлургами, по крайней мере в отношении к предположенной мною цели» [1].

В начале XIX в. Стодарт и Фарадей пытались раскрыть тайну булата химическими исследованиями. Они подвергли химическому анализу образцы индийского булата вуц, доставленные в начале XIX в. из Бомбея. Эта сталь высоко ценилась во всех азиатских странах, из нее изготавливались булатные или дамасские изделия. Сами индийцы предпочитали вуц прочим сортам стали, применяли его на инструменты и другие ответственные изделия: ружейные стволы, резцы для обточки железа, ножницы, пилы и т. п., на изготовление которых требовался материал особо высокой твердости и прочности. Стодарт и Фарадей нашли в исследуемой

стали алюминий и его присутствию приписали образование узоров в булатной стали. Чтобы проверить правильность данного вывода, Фарадей приготовил несколько сплавов литой цементной стали с алюминием, используя для этого синтетический алюминиевый чугунок, содержащий 6,4% Al. Пользуясь алюминиевым чугуном и цементной сталью, Фарадей выплавил два сплава, шихта которых была составлена при следующих соотношениях без учета угара при плавке: сплав 1—0,35% Al и сплав 2—0,73% Al. Сплав 1 оказался достаточно плотным, обладал хорошей ковкостью, без особой трудности был прокован в брусок. Поверхность бруска была отшлифована, отполирована и протравлена слабой серной кислотой. На бруске оказался красивый рисунок такого же характера, как и на стали вуц. Сплав 2 также ковался хорошо и после протравки полированной поверхности откованного бруска показал себя сходным с лучшими образцами индийского булата вуц. Фарадей полагал, что основания земель, в частности алюминий, соединяясь с железом и углеродом, делают сплав более крупнокристаллическим и являются причиной образования узора в стали.

Известный английский ученый того времени Генри Вилькенсон указал на существенный недостаток исследований Фарадея: «Здесь, кстати, однако же, следует заметить, что доктор Фарадей и покойный г. Стодарт производили разные опыты над вуцом, и странно, что такой точный наблюдатель, как доктор Фарадей, не открыл струек в самих плитках и не узнал настоящей причины их образования» [2].

Фарадей попытался получить булат сплавлением цементной литой стали с рядом элементов: алюминием, серебром, радием и платиной. По его свидетельству, сплавы имели высокие свойства, причем сплав с 0,2% серебра был похож по внешнему виду на сталь вуц, а сплав с платиной по своим достоинствам не уступал булату.

В числе пионеров, исследовавших специальную сталь, был Аносов. Он провел выдающиеся опыты получения специальных сортов стали с присадкой различных по физико-химическим свойствам элементов и установил ряд важнейших закономерностей о влиянии как отдельных элементов, так и их комплексов на строение и свой-

ства стали. Установление этих закономерностей возможно было только на основе разносторонних и глубоких систематических исследований с присадкой различных доз элементов в сталь.

Аносов поставил задачей обстоятельно исследовать в целом условия, обеспечивающие получение стали с особо высокими свойствами. Узнав об опытах получения литой платинистой стали Фарадеем, Аносов провел ряд опытов и выплавил сталь, легированную платиной.

Первые записи опытов выплавки специальной стали занесены Аносовым в «Журнал опытам» в 1828 г. Накопив убедительный экспериментальный материал, показавший, что получение булата не связано с присадкой платины, а определяется другими условиями, Аносов приостановил опыты с присадкой платины и занялся разработкой способов получения высококачественной углеродистой стали. В этом направлении он продолжал исследования и в 1829 г. Но через год он снова возвратился к специальной стали с развернутой программой исследований и провел большую серию опытов с присадкой в литую сталь марганца, хрома, титана, серебра, золота, платины. Он также изучил влияние алюминия, кремния, магния, кальция, кислорода и других элементов. Здесь мы наблюдаем большой комплекс специально поставленных исследований, имевших задачей изучение влияния целой группы элементов на строение и свойства стали. В ряде случаев задача значительно расширялась изучением влияния комплекса элементов, одновременно присаживаемых в сталь.

Поскольку Аносов исследовал влияние элементов на сталь при высоком содержании углерода, естественно, это отразилось на результатах оценки полезности введения того или иного элемента в сталь. Но общие закономерности влияния элементов на строение стали, в частности на макроструктуру, а также на свойства ее, установлены Аносовым с исключительной тонкостью наблюдений и тщательностью испытаний свойств.

Влияние элементов на строение стали изучалось путем травления полированной поверхности стальных брусков и на их изломах. Оттенки грунта, отчетливость узоров, их цвет и однородность изучены тщательно, разносторонне, в последовательном закономерном развитии всех наблюдаемых изменений.

Испытания свойств производились на изготовленных из опытной стали зубилах для насечки слесарных пил. По твердости закаленных зубил и стойкости их в работе делалось суждение о качестве и свойствах стали. Зубила для насечки слесарных пил являются инструментом ударного действия. Они должны иметь режущую кромку с весьма высокой твердостью. Вместе с тем сталь, идущая на зубила, должна иметь высокие упругие свойства и ударную вязкость, иначе она будет легко выкрашиваться и растрескиваться при ударе.

Результаты исследований Аносова по отдельным элементам имеют основополагающий характер для учения о специальной стали [3].

## 2. Влияние марганца

Марганец имеет значительное распространение в природе, хотя и весьма неравномерное. Среднее содержание его в земной коре исчисляется в 0,1% [4]. Главным образом он встречается в виде соединений с кислородом, нередко в составе других минералов и почти во всех железных рудах. Практически наиболее ценны для металлургического производства марганцевые руды с содержанием до 50% марганца и более [5].

Использованию марганца в производстве стали благоприятствовало наличие в России богатейших залежей марганцевых руд. На Урале, центре металлургической промышленности России в начале XIX в., были известны многочисленные залежи марганцевых минералов. Советский Союз занимает первое место в мире по запасам марганцевых руд, ему принадлежит более 50% мировых запасов [6]. Получение ферромарганца в больших масштабах производится в доменных печах [7]; до разработки доменного способа ферромарганец приготавливался в тиглях [5]. В тиглях он приготавливался и позднее, когда нужно было получать его в сравнительно небольших количествах.

Положительное влияние марганца на качество стали известно металлургам с давних времен. Марганец активно реагирует с кислородом и служит раскислителем стали. Его окислы взаимодействуют с кремнеземом, образуя жидкотекучее комплексное соединение, удаляемое

в шлак, что благоприятствует очищению металла от шлаковых включений. Марганец активно взаимодействует с вредной примесью — серой, способствует обессериванию стали. Железные руды, содержащие марганец, имели раньше особое название — стальных руд, за ними в прошлом укоренилась среди металлургов прочная репутация совершенно необходимых присадок для получения стали хорошего качества.

Связывая определенные признаки марганецсодержащих руд с действием на качество металла, мастера железного и стального дела использовали эти руды в производстве стали значительно раньше, чем в них был открыт марганец. Выяснение природы марганцевых руд относится к более позднему времени, ко второй половине XVIII в. Первое предположение о наличии в марганцевых рудах особого металла было сделано в 1770 г., а через четыре года после этого, в 1774 г., был получен сплав железа с марганцем.

Хотя положительное влияние марганца на качество стали было общепризнанным среди мастеров стального дела, оставалось невыясненным, в каком количестве целесообразно вводить марганец и какое влияние оказывают те или иные дозы его на структуру и свойства стали. Исследования Аносова впервые проливают свет на эти вопросы. Аносов поставил систематические опыты. Основным сортом стали, на котором проводились опыты, была высокоуглеродистая, инструментальная, поэтому некоторые выводы исследований имеют специальный характер, применительно к указанному сорту стали. Но сделанный Аносовым общий анализ влияния марганца на структуру, ковкость, твердость, вязкость и другие свойства представляет исключительно большой интерес, так как в нем даны ясные указания о зависимости свойств от концентрации элемента.

Опытная марганцовистая сталь выплавлялась в тиглях емкостью около 20 фунтов на базе мягкого железа или рафинированной стали с присадкой марганца в шихту, под слоем флюса. Вероятно, в шихту вводился ферромарганец с содержанием около 50% марганца. Способ выплавки ферромарганца в тиглях из марганцевых руд, надо полагать, был известен Аносову достаточно хорошо, и при том опыте, который бы накоплен Аносовым по тигельной плавке, получение ферромарганца в

тигле не представляло каких-либо особых трудностей.

Плавка № 36 имела состав шихты, обеспечивающий получение стали, содержащей около 0,45—0,50% Mn. Сталь данной плавки оказалась «несколько крепка, на ноже по вытравке обнажались узоры, а грунт темнее, нежели на обыкновенной стали». С таким же содержанием марганца был выплавлен металл на базе рафинированной стали. По замечанию Аносова, эта сталь ковалась хорошо, зубила оказались весьма стойкими.

Увеличение содержания марганца свыше 0,5% оказывало весьма существенное влияние как на структуру стали, так и на ее свойства. В плавке № 37 была получена сталь также на базе мягкого железа, марганца было введено в шихту в 1,5 раза больше, чем это было в предыдущих плавках. Содержание его в металле данной плавки должно составлять около 0,7%. Аносов заметил, что сталь плавки № 37 «лучше прежней, но зубила несколько выкрашиваются. На ноже узоры явственнее прежних». Аналогичные результаты показала 40-фунтовая плавка № 40, приготовленная на базе рафинированной стали с содержанием марганца около 1%. Отмечено также выкрашивание зубил, «но сталь весьма хороша и по ковкости и по остроте. На ноже грунт темнее прежнего, а узоры еще явственнее».

Весьма резко сказалось повышение содержания марганца до 2%. По замечанию Аносова, рассматриваемая сталь обладала хорошей ковкостью, но излом оказался слоистым и сам слиток раскололся надвое. «По расколу цвет металла белый, подобный цинку, на ноже оказались мелкие явственные узоры. Зубила выкрашиваются» [1, стр. 107].

Замечательные наблюдения Аносова с исключительной точностью и большой полнотой раскрыли разносторонне физико-химическое влияние марганца на сталь. Тщательное изучение макроструктуры позволило Аносову отчетливо выявить действие марганца на структуру стали. Сравнение марганцовистой стали с углеродистой показало закономерное усиление узоров в присутствии специального элемента — в марганцовистой стали узоры, характеризующие ее макроструктуру, выявляются явственнее, грунт по вытравке шлифованной поверхности кислотой выглядит более темным, нежели в углеродистой стали. Эти наблюдения Аносова весьма ценны для

характеристики макроструктуры марганцовистой стали.

Дальнейшие исследования полностью подтвердили наблюдения Аносова. Марганец усиливает дендритную ликвацию, разницу в химическом составе и строении осей и междусосных объемов дендритов, в результате чего происходит более интенсивное разведение кислотой междусосных объемов и большая явственность узоров на макрошлифе. При простой ковке с вытяжкой стального куска в одном направлении узоры принимают простую форму в виде параллельно идущих слоев, возникает опасность раскалывания стали вдоль слоев.

Произведенные Аносовым испытания свойств инструментов свидетельствуют об усилении марганцем закаливаемости стали и об изменении ряда ее важнейших механических свойств.

Ценнейшим вкладом в наши познания о специальной стали является установление Аносовым закономерного действия марганца на механические свойства стали. Им найдено, что марганец повышает характеристики прочности: твердость, предел прочности, предел упругости и др. Изготовленные из марганцовистой стали инструменты имели хорошую остроту и были весьма стойкими в работе.

При сравнительно небольших присадках марганца, порядка 0,5%, весьма трудные испытания на зубилах для насечки напильников опытная сталь у Аносова выдержала вполне успешно. Но при большем содержании марганца наблюдалось ухудшение вязкости. Особенно это заметно было на высокоуглеродистой стали, легированной марганцем в количестве 0,7% и более. Как отмечено Аносовым, изготовленные из стали, содержащей около 1% марганца, «зубила несколько выкрашивались», но из стали с 2% марганца «зубила выкрашивались» без всяких оговорок.

Подавляющее большинство режущего инструмента испытывает в процессе работы ударные нагрузки. Марганец, присаженный в инструментальную сталь в количестве более 0,5%, усиливает закаливаемость и прокаливаемость, заметно сказывается на вязкости, при значительной присадке он придает хрупкость, и с этой точки зрения содержание его выше указанного процента нежелательно. К такому заключению пришел Аносов на основании своих длительных наблюдений и многочис-



ленных опытов. Как известно, в современных марках углеродистой инструментальной стали, применяемой на режущие инструменты, содержание марганца находится ниже 0,5% и лимитируется в соответствии с содержанием углерода.

В согласии с наблюдениями Аносова можно отметить, что подавляющее большинство современных марок не только углеродистой, но и легированной конструкционной стали содержит 0,4—0,6% Mn.

Детально исследовав влияние марганца на структуру и свойства стали, Аносов дал в книге «О булатах» классическое обобщение, которое подтверждалось многократно последующими авторами и полностью соответствует современным сведениям о влиянии марганца: «Примесь марганца к стали в малом количестве, до  $\frac{1}{200}$ , не производит в ней видимой перемены, которую тем труднее заметить, что сталь, при одних и тех же условиях плавки, бывает несколько различна и в качестве и в твердости. Но если в ней заключаться будет до  $\frac{1}{100}$  марганца, тогда она становится тверже, хрупче или вообще грубою. Зубила для насечки пил, как одно из удобнейших средств для испытания стали, скоро начинают выкрашиваться, на поверхности полированной и вытравленной стали появляются в первом случае едва приметные, а во втором мелкие узоры, а грунт становится вместо серого бурым. С увеличением количества марганца до  $\frac{1}{50}$  сталь делается столь ломкою, что при ударах колетса по длине, соответственно направлению слоев, ее составляющих. Эти слои имеют цвет не свойственный стали, а подобный цинку. Последнего рода сталь, по вытравке, обнаруживает узоры, хотя мелкие, но явственные. Они, будучи сравниваемы с булатными, бывающими иногда столь же мелкими, оказываются от них весьма различными и по виду и по расположению» [1, стр. 17].

### 3. Хромистая сталь

Исследования по хромистой стали имеют чрезвычайно большое не только основополагающее, но и перспективное значение. Хромистая сталь занимает в современной технике исключительно большое место. Уста-

новленное Аносовым благоприятное влияние хрома на структуру и свойства стали явилось первым импульсом к широкому применению природного богатства нашей страны в металлургическом производстве, к созданию высокоценных технических материалов.

Хром был открыт в 1797 г. в «сибирском красном свинце» [7], затем был найден в хромистом железе и ряде других минералов. Распространен хром по земле довольно неравномерно. Хотя содержание его в земной коре исчисляется в количестве 0,03% [4], многие крупные страны, например Англия, Франция, Германия, Италия, США, Канада и др., располагают весьма бедными рудами.

Самые крупные залежи хрома находятся в Советском Союзе, и основополагающие исследования Аносова имеют первостепенное значение для нашей страны. Богатые месторождения хромистого железняка были найдены на Урале давно. Горнозаводским специалистам было известно, что во многих пунктах на Урале, а именно в окрестностях заводов златоустовских и сысертских, находятся глыбы, образующие целые гряды гор [8]. Число вновь открываемых месторождений из года в год увеличивалось. Каждый заводской округ имел по нескольку месторождений хромовой руды. Залежи ее были обнаружены на склоне горы Качканара, в районах заводов Нижне-Тагильского, Алапаевского, Невьянского, Миасского и др. [9]. До открытия в 1936 г. Кемпирсайского месторождения хрома Урал являлся основной базой добычи хромовых руд. В числе первых месторождений хромистых руд было разработано Поляковское, расположенное в районе златоустовских заводов. Оно отличалось высоким качеством добываемого хромистого железняка. Вполне естественно, знакомство Аносова с хромистым железняком было самое непосредственное.

Московский аптекарь Гельма совершил в начале XIX в. путешествие по Уралу и ознакомился с богатыми месторождениями хромовых руд в районах златоустовских и сысертских заводов. Следствием этого возникло применение хрома в фарфоровом производстве, а затем и в текстильной промышленности, в качестве красителя [8]. Высокое качество уральских хромовых руд получило уже в те времена популярность не толь-

ко в отечественной промышленности, но и за границей. Известный английский геолог Мурчисон, путешествовавший в 1830-х годах по Уралу и посетивший тогда Златоуст, заметил, что прииски «хромистого железняка» так богаты, особенно в одном месте около Поляковского рудника и на восточном склоне Урал-Тац, что в прежнее время перевозили ежегодно в Москву не менее 20 тыс. пуд. этой руды [10].

Хромистая руда Поляковского рудника, загружавшаяся Аносовым в шихту опытных плавов, по-видимому, имела примерно 60—65% окиси хрома, следовательно, до 42—45% хрома. Хромистый железняк, или, как писал Аносов, «хромистое железо», закладывался в тигель вместе с железом и флюсом, вся шихта нагревалась сначала в открытом тигле для восстановления металлов из окислов и последующего их науглероживания за счет печных газов по способу Аносова.

Первая плавка на хромистую сталь, записанная Аносовым в «Журнале опытам» под № 42, имела состав шихты (в фунтах): железа — 24, хромистого железа (Поляковского рудника) — 48/96, флюса — 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>. Полученная сталь оказалась «весьма хороша в ковке, но зубила несколько выкрашиваются. На ноже узоры красивые, но слабые». В следующей плавке было присажено «хромистого железа» в 2 раза больше, чем в предыдущей. Относительно данной плавки Аносов заметил: «Сплавилась и ковалась хорошо. Зубила довольно стойки, но если выламываются, то сильно, и даже колются от ударов пополам». В полученной стали первой плавки, под № 42, содержание хрома составляло около 0,9%, а в стали плавки № 43 — в 2 раза больше, т. е. около 1,8%. По наблюдениям Аносова, хром хорошо сплавлялся с железом и хорошо растворялся в расплавленном железе.

Хром обладает большим химическим сродством с углеродом, чем железо. Тем не менее в случае введения его в сталь в количествах, указанных выше, он не образует своего карбида, а входит в состав карбида железа, делая последний более прочным и устойчивым. Это обстоятельство оказывает чрезвычайно большое влияние на структуру, процессы кристаллизации, внутренние превращения и на свойства хромистых сталей и сплавов. Как отмечено Аносовым при исследовании ха-

рактера макроструктуры стали, хром оказывает существенное влияние на кристаллизацию стали.

Одновременное присутствие в стали хрома и углерода накладывает свой отпечаток на характер ликвации. Хром способствует группировке атомов углерода в участках своего расположения. Тем самым предопределяется известная степень неоднородности стали. При затвердевании последней хром и углерод задерживаются в жидкой массе, принимают участие в кристаллизации позднее, когда затвердевает более насыщенная часть раствора. Таким образом, при затвердевании хромистой стали, естественно, должно наблюдаться неоднородное распределение хрома в массе металла. Его оказывается мало в осях дендритов, кристаллизующихся в первую очередь, но зато обогащаются им междуосные объемы.

С этой точки зрения вполне закономерными являются наблюдения Аносова о влиянии хрома на макроструктуру стали — грунт и узоры на травленном шлифе. Относительно стали с 1% хрома Аносов заметил, что на ней выявляются красивые узоры, но еще слабые, иначе говоря, наличие около одного процента хрома несомненно оказывает влияние на ликвацию, но еще слабое, поэтому различие концентрации хрома и углерода в осях и междуосных объемах получает слабое отражение на травленном макрошлифе. Увеличение содержания хрома до 2% дало на ноже узоры мелкие, цветом подобные платине, но расположенные иначе по сравнению с платинистой сталью. Хром способствует образованию более тонкой и вместе с тем более рельефной дендритной структуры. Это обуславливается влиянием его на характер кристаллизации и на ликвацию.

Как показали исследования Аносова, хром повышает твердость стали и в отожженном и в закаленном состояниях. Поскольку сплав железа с хромом и углеродом имеет обе структурные составляющие — карбид и твердый раствор с более высокой твердостью, нежели у обычной стали, естественно, ему свойственна и более высокая твердость при прочих равных условиях.

Хром увеличивает закаливаемость и прокаливаемость стали. Уже при содержании его до 1% сталь закаливается в масле и получает высокие показатели твердости, прочности, упругости. Благодаря повышен-

ной твердости структурных составляющих и их смеси «сталь с хромом принимает высокую полировку», как заметил Аносов.

Высокоуглеродистая инструментальная сталь, содержащая 1—2% хрома, показала хорошие пластические свойства при высоких температурах. По наблюдениям Аносова, она ковалась хорошо и даже очень хорошо. Однако при обычных температурах она оказалась менее вязкой. Изготовленные из хромистой стали зубила для насечки напильников получились весьма твердыми и «довольно стойкими» в работе, но они «несколько выкрашивались», а иногда кололись от ударов пополам. При этом следует иметь в виду, что опытную сталь Аносов получал с очень высоким содержанием углерода, достигавшим 1,2—1,4%, а иногда и более. Для такого состава стали, к тому же еще обогащенной хромом (до 2%), принятые условия испытания свойств на ударном инструменте, в виде зубил для насечки напильников, следует признать весьма тяжелыми. Именно поэтому получилось «увеличение хрупкости с умножением примеси».

Сравнивая действие хрома и марганца, Аносов отметил сходство их влияния на сталь «во многом». Но это сходство относится к общего характера закономерностям изменения строения и свойств стали: образованию узоров, потемнению грунта, увеличению хрупкости с увеличением содержания хрома и марганца в стали. Вместе с тем Аносов тщательно рассмотрел особенности действия каждого из рассматриваемых элементов.

#### 4. Влияние титана

Титан был открыт в 1791 г. Он относится к элементам, широко распространенным в природе: содержание его в земной коре составляет около 0,61%. Он входит в состав многих минералов. Промышленный интерес представляют окислы титана и их соединения с оксидами железа, кальция, кремния и др. Соединение двуокиси титана с закисью железа образует минерал ильменит. Обычно ильменит встречается вместе с магнитным железняком и образует титаномагнетитовые руды. Эти

руды сравнительно бедны титаном, они содержат от 5 до 16% двуокиси титана. Для промышленного использования их подвергают обогащению и получают концентрат с содержанием 37—43% двуокиси титана, а при хорошей постановке процесса обогащения можно поднять ее содержание до 43—45% и до 40—44% окиси железа, сохранив содержание кремнезема ниже 2% [5, стр. 370].

Месторождения ильменита были найдены давно в районе Златоустовских заводов. Для исследования влияния титана на свойства стали Аносов провел серию опытов по выплавке титанистой стали с различной присадкой специального элемента. Опытная сталь выплавлялась тем же способом, каким получалась высокоуглеродистая сталь с марганцем, хромом, платиной и другими элементами на базе железа под слоем флюса с присадкой различного количества «титанистого железа».

Аносов использовал имевшуюся в Златоустовском горном округе богатую титаном руду Ильменского месторождения вблизи Миасского завода. Хотя в записях по остальным плавкам нет соответствующей оговорки, надо полагать, что и другие опытные плавки были проведены с присадкой указанной руды. В весьма богатом Ильменском месторождении нетрудно было отобрать чистые куски ильменита с содержанием выше 45% двуокиси титана. Чистый минерал ильменит содержит 59% двуокиси. Температура плавления его равна 1367° С. Чистая ильменитовая руда, содержащая кроме титана небольшое количество посторонних примесей, имеет температуру плавления такого же порядка. Между тем для расплавления железа в тигле необходима более высокая температура. Следовательно, при ведении плавки в тигле происходило расплавление всей шихты: железа, флюса и титанистого железа. О свойствах и структуре полученной стали Аносов заметил: «Ковалась хорошо. Зубила несколько выкрашиваются. Узоры на ноже местами красивые, а местами продолговатые». Заметив выкрашивание зубил из стали предыдущей плавки, Аносов уменьшил в 2 раза присадку «титанистого железа»; полученная сталь ковалась хорошо. Зубила оказались стойки, следовательно, лучше прежних.

Установив благоприятное влияние титана на стойкость зубил, Аносов провел следующие плавки уже со

значительной присадкой «титанистого железа». Плавка № 46 имела шихту (в фунтах): железа — 24, титанистого железа — 3, флюса — 1. Полученная сталь ковалась хорошо, зубила оказались довольно стойкими, на ноже узор ровный, мелкий. Несмотря на значительное превышение присадки титанистого железа в данной плавке по сравнению с предыдущими обеими плавками, зубила оказались довольно стойкими и не такими хрупкими.

Вторая высокотитанистая плавка имела шихту с заменой флюса шлаком. Относительно данной плавки Аносов заметил: «Зубила стойки, но сильно выкрашиваются, узоры на ноже близки к самым мелким булатным».

Как явствует из приведенных исследований Аносова, титан оказывает значительное влияние на структуру и свойства стали. Большое химическое сродство титана с кислородом обеспечивает более энергичное окисление, нежели марганцем и кремнием. По силе окисляющего действия он уступает только алюминию и цирконию. Титан связывает закись железа в комплексное соединение, имеющее сравнительно низкую температуру плавления ( $1367^{\circ}\text{C}$ ). Этот окисел легко коагулирует, всплывает наверх и уходит в шлак. С другой стороны, окислы титана, остающиеся структурно свободными, рассеиваются в массе металла в виде дисперсных частиц, служат барьером, мешающим срастанию зерен металла, и играют роль центров кристаллизации. Тугоплавкие окислы, нитриды и карбиды титана способствуют получению более мелкозернистого и плотного сложения, повышают прочность и вязкость стали. Следует отметить, что тонкие сернистые включения титана распределяются в массе металла довольно равномерно, тем самым под действием титана уменьшается ликвация серы.

По наблюдениям Аносова, титан оказывает значительное влияние на макроскопическое строение стали. С увеличением содержания титана макроструктура становится более тонкой. Опытная титансодержащая сталь всех плавок показала при ковочных температурах высокие пластические свойства. Аносов неизменно отмечал: «...ковалась хорошо». Так же получены доказательства хорошей вязкости титанистой стали при обычных тем-

пературах, хотя устойчивости результатов при испытании зубил в работе не получено.

Наблюдавшиеся в опытах Аносова выпадения при испытании стойкости зубил являются результатом неустановившегося метода производства, при этом следует учесть, что опыты испытания титанистой стали были проведены впервые и не могли быть во всех отношениях строгими. Важно, что приведенными испытаниями установлена возможность улучшения свойств стали, в частности повышения ее вязкости путем присадки титана. Нельзя не подчеркнуть исключительной ценности установленной Аносовым закономерности о влиянии титана на строение стали, а также о повышении стойкости инструмента из титанистой стали, связанной с увеличением прочности и вязкости стали под действием титана.

Резюмируя опыты с присадкой титана в сталь, Аносов отметил, что с увеличением содержания титана возрастает твердость и до известного предела сохраняется вязкость стали. Но при высокой концентрации титана наблюдается появление хрупкости стали. Опыты Аносова послужили основой для дальнейших исследований и применения титана в качестве специального элемента, улучшающего свойства стали.

## 5. Сложная специальная сталь

В том же 1830 г. Аносов провел исследование одновременного действия нескольких элементов на сталь. В «Журнале опытам» имеется интересная запись опыта выплавки сложной хромомарганцевотитанистой стали. Плавка № 48 имела шихту состава (в фунтах): железа — 24, титана — 24/96, хрома — 24/96, марганца — 24/96.

Относительно полученной стали Аносов записал: «Ковалась хорошо, зубила несколько выкрашиваются. На ноже оказались мелкие разнородные узоры, по которым можно было судить о присутствии разных металлов». Указанная композиция элементов, исследованная впервые Аносовым, в настоящее время нашла успешное применение в ряде специальных марок стали, в частности цементуемых, штамповых и др. Для цементуемой стали важной характеристикой является отсутст-



вие склонности к росту зерна при длительном нагреве во время цементации. Тугоплавкие окислы, нитриды и карбиды титана не растворяются в стали при нагреве до высоких температур. Сохраняясь в виде инородных включений, они мешают сращиванию и росту зерен металла, обеспечивают сохранение мелкозернистого строения после нагревов до высоких температур, иначе говоря, титан уменьшает чувствительность металла к перегреву. Это свойство весьма важно для всех термически обрабатываемых марок стали и особенно для цементуемых.

## 6. Влияние серебра

Серебро находится в первой группе Периодической системы элементов Д. И. Менделеева, занимая порядковый номер 47. Оно имеет атомный вес 107,88, плотность 10,50. Количество серебра в природе считается сравнительно небольшим и составляет около  $4 \cdot 10^{-5}\%$  массы земной коры.

Ко времени проведения опытов Аносова Россия добывала большое количество серебра. Для изучения влияния серебра на структуру и свойства стали Аносов провел в 1830 г. опытную выплавку серебряистой стали. Опытная сталь была получена на базе железа методом Аносова, т. е. путем насыщения железа углеродом во время плавания в тигле. Аносов указывает, что содержание серебра в исследованных образцах стали колебалось от 1/367, или 0,27%, до 1/90, или 1,11% [1].

В «Журнале опытам», по-видимому, описаны не все плавки, а только две, но выводы Аносова базировались, очевидно, на более широком экспериментальном материале и дают хорошее представление о влиянии серебра на строение и свойства стали. Первая записанная в «Журнале опытам» под № 49 плавка серебряистой стали была проведена в 30-фунтовом тигле и имела состав шихты (в фунтах): железа — 24, очищенного серебра — 9/96, шлака — 3. Принимая, что железо полностью перешло в сталь и насыщение железа углеродом достигало 1,0%, находим содержание серебра в полученной стали равным 0,38%. Этот процент серебра значительно превосходит нижний предел его, указанный Аносовым для

своих опытных образцов в количестве  $1/367$ , или  $0,27\%$ . Поэтому данная плавка должна рассматриваться как промежуточная в серии опытов Аносова. Относительно строения и свойств стали данной плавки Аносов заметил: «Ковалась хорошо. Зубила стойки, на вытравленном кинжале местами продольные белые полосы, грунт серый».

Вторая плавка, записанная в «Журнале опытам» под № 50, имела состав шихты (в фунтах): железа — 12, серебра —  $9/96$ , шлака —  $1\frac{1}{2}$ . Принимая, что железо полностью перешло в сталь и содержание углерода в последней достигло  $1,0\%$ , находим вес стального слитка равным 12,27 фунт. и содержание серебра в полученной стали  $0,76\%$ . Аносов указывает верхний предел содержания серебра в исследованных им образцах стали равным  $1/90$ , или  $1,11\%$ , что намного превышает концентрацию серебра в рассматриваемой плавке. Следовательно, данная плавка также была промежуточной в серии опытов Аносова.

По поводу строения и свойств стали данной плавки Аносов сделал исключительно важное замечание: «Ковалась медленно, но чисто. Зубила стойки, тверже прежних. На приготовленном из нее кинжале полосы светлее и явственнее, но также неправильно расположены и показывают, что серебро как бы неохотно вступает в химическое соединение со сталью. Грунт стали белее обыкновенной». Этот вывод Аносова весьма интересен для характеристик взаимодействия железа и серебра, он носит общий характер.

При сплавлении серебро и железо взаимно не растворяются, остаются структурно обособленными. И поскольку по удельному весу серебро почти в полтора раза тяжелее железа, оно стремится в расплаве осесть на дно тигля и изложницы. Для смешения серебра и железа необходимо механическое перемешивание. Во время затвердевания сплава железа или стали с серебром в первую очередь кристаллизуется железо и раствор углерода (а также других растворимых примесей) в железе. Серебро, имеющее значительно более низкую температуру плавления, оттесняется в центральную часть слитка и затвердевает преимущественно в междусных объемах. При наличии серебра «грунт стали белее обыкновенной», заметил Аносов. Анализируя влияние серебра на

структуру стали, Аносов подчеркнул указанное явление как закономерное для действия серебра на железо и сталь. Серебристая сталь, писал Аносов, «будучи выполирована и вытравлена, не имеет однообразных узоров не смотря на увеличение серебра, а только местами обнаруживает белые неправильные полосы, доказывающие некоторым образом, что серебро неохотно вступает в химическое соединение со сталью».

Здесь весьма коротко, но с достаточной ясностью изложил Аносов картину взаимодействия серебра с железом и сталью, дал характеристику слабого химического сродства рассматриваемых элементов, показал отсутствие взаимной растворимости у них, развитие дендритной ликвации в сплавах серебра с железом и сталью, образование полосчатой структуры после пластической деформации и многие другие характеристики сплавов серебра с железом. Дальнейшее изучение взаимодействия серебра с железом различными исследователями полностью подтвердило наблюдения Аносова.

Аносов исправил ошибочное представление о влиянии серебра на сталь, сделанное Стодартom и Фарадеем [1], которые сообщили, что, по их наблюдениям, присадка серебра в количестве 0,2% делает сталь весьма похожей по внешнему виду на индийский булат, называемый вуцом. При длительном хранении серебристой стали Аносовым было «замечено впоследствии, что она менее подвержена ржавчине». Его наблюдения в этом отношении совпали с данными Фарадея.

Аносов отметил также как интересную особенность серебристой стали хорошую ковкость при значительной твердости. Серебро в чистом виде — мягкий, тягучий металл. Оно имеет весьма высокие пластические свойства и при обычных температурах. При температурах красного каления пластичные прожилки серебра, по-видимому, сильно облегчали ковку стали, имевшей в общем высокую твердость благодаря высокому содержанию углерода, а не серебра.

## 7. Влияние золота

Растворимость золота в железе и стали плохая. Золото не образует соединений с углеродом, оно не входит в состав карбидов стали и не оказывает влияния на карбидную часть. Его влияние на сталь определяется только взаимодействием с железом, которое проявляется в виде плохой растворимости.

Аносов много сделал для развития золотодобывающей промышленности России. Вполне естественным было желание Аносова проверить действие на сталь этого дорогого, но добываемого им в больших количествах металла. Следует при этом иметь в виду, что некоторые лучшие сорта булатных клинков давали золотистый отлив. Для исследования влияния золота на сталь Аносов провел плавку в малом тигле емкостью 5 фунтов. Состав шихты плавки, записанной в «Журнале опытам» под № 51, был (в фунтах): железа — 4, золота —  $2/96$ , флюса —  $1/2$ . Плавка длилась 1 час. 15 мин. Содержание золота в полученной стали должно было составить  $1/200$ , или 0,5%. Полученная сталь «ковалась весьма удобно, зубила садилась. Откованные закаленные и выполированные два клинка имели упругость недостаточную. По вытравке на них узоров никаких не оказалось, присутствие же золота заметить можно было только по желтоватому цвету грунта».

Исследование макроструктуры не обнаружило заметного влияния золота на кристаллическое строение стали, достаточно ясно дендритную и полосчатую структуру выявить, по-видимому, не удалось, тем не менее Аносов указал на желтоватый цвет грунта и, следовательно, на структурную неоднородность стали, хотя и меньшую, нежели в случае присадки серебра. Золото, входя в состав твердого раствора железа, облагораживает его, ослабляет действие кислоты на сталь, уменьшает травимость шлифованной поверхности стали. Придание золотом желтоватого цвета грунту травленого шлифа затрудняло в свою очередь выявление макроструктуры стали путем травления шлифов.

Несомненно, во время затвердевания стали имела место ликвация золота как примеси, но она проявилась настолько незначительно, «что от прибавления золота

в количествах до 1/200 не обнаружилось никаких видимых знаков на поверхности вытравленной стали, кроме ровного желтоватого отлива».

## 8. Влияние платины

Платина — тяжелый металл с атомным весом 195,23 и плотностью 21,4. Платина была найдена в 1822 г. на Урале при разработке золотоносных месторождений. Сначала ее добывали из золотоносных песков на частных заводах. В 1824 г. богатые платиновые месторождения были открыты в виде россыпей на казенных гороблагодатских заводах, а в следующем, 1825 г., — на казенных златоустовских заводах и Нижне-Тагильском заводе Демидова. Во всех указанных месторождениях платина находилась в россыпях, как правило, в виде «более или менее мелких бляшек и зерен, которые весьма редко простираются весом до 1 золотника».

Ко времени начала опытов Аносова «обретена была платина на Урале в огромном количестве» [11, 12]. Это позволило поставить исследования не только в порядке проверки сообщения Фарадея, но и с целью систематического изучения влияния платины на строение и свойства стали. Замечательные технические свойства платины в то время еще не были оценены должным образом. Поэтому при баснословной цене булатных клинков присадка платины в сталь не могла бы стать препятствием для внедрения в производство, если бы эта присадка обеспечила безотказное получение стали со свойствами булата.

В 1828 г. Аносов провел серию плавок стали с присадкой платины в количестве до 2%. Первые образцы литой платинистой стали были получены в небольших тиглях емкостью до 5—6 фунтов, т. е. до 2,0—2,4 кг металла. Тигель предварительно прогревался, затем в него закладывались рафинированная сталь, мягкое железо, платина и сверху них флюс, составленный пополам из кирпичной глины и толченого стекла. Содержание платины в стали первой плавки составляло по расчету 1%. Плавка продолжалась 1 час. 20 мин. при ровном умеренном дутье. «Полученная сталь вылита в форму и прокована при умеренном нагревании, по испытании она оказалась весьма твердую и годною на тон-

кие инструменты». На шлифованной поверхности после вытравки слабой серной кислотой были выявлены узоры. Сплавков ковался медленно, по-видимому, из-за высокой твердости. Указанное свойство было обнаружено и в готовых откованных прутках, в силу чего оказалось возможным использование стали на тонкие инструменты.

Аносов варьировал содержание платины в опытных плавках до 2%. Увеличение содержания платины до 2% существенно повлияло на структуру и свойства стали, о чем Аносов сделал соответствующую запись в «Журнале опытам»: «Ковалась хорошо, но тверда, при закатке поверхность темнее, весьма хороша по остроте и стойкости».

Для сравнения Аносов выплавил в одинаковых условиях с платинистой углеродистую сталь. Сопоставляя результаты исследования углеродистой и платинистой стали, Аносов заметил, что платинистая сталь так же куется, как простая и углеродистая, одинаковым образом полученная с первой. На макрошлифе платинистой стали после травления слабой серной кислотой были выявлены узоры, отличающиеся по цвету и расположению от замечаемых на литой стали. На этом обрывается запись плавки с присадкой платины в 1828 г.

В 1830 г. Аносов снова возвратился к платине и выплавил платинистую сталь в новых условиях. Полученная с содержанием 0,5% платины сталь ковалась медленно, оказалась твердой, но зубила из нее были стойкими и бритвы острыми. Эта сталь принимала хорошую полировку и по вытравке имела мелкие, не везде однообразные узоры, отличные от той платинистой стали, которая получалась без прибавления окалины.

Введение железной окалины в шихту изменило ход реакций и процесс плавки, вместе с тем оно оказало некоторое влияние на структуру и свойства стали. Об этом свидетельствуют замеченные Аносовым особенности металла опытной плавки: «Сталь имела уже другие узоры, различные от полученной без примеси железной окалины. Эта сталь принимала весьма хорошую полировку, была тверда и остра в бритвах, только некоторые из них получили трещины при катке». Приведенная характеристика металла последней плавки хотя и отмечает некоторые особенности его, связанные с составом флюса, указывает те же закономерности изменения струк-

туры и свойств стали под действием платины, которые наблюдались Аносовым и на других плавках.

Как установлено Аносовым, узоры в стали увеличиваются от прибавления платины, следовательно, дендритная ликвация имеет тем более заметное проявление, чем выше концентрация рассматриваемого специального элемента в стали. Тонко изучив макроструктуру, Аносов нашел узоры на платинистой стали более рельефными, но вместе с тем и более мелкими, нежели на углеродистой стали. Аносов не считал возможным признать платинистую сталь за восточный булат. Таким образом, проведенные Аносовым систематические исследования присадки в сталь платины от малых доз и до 2% показали влияние платины на сталь, они позволили установить закономерную зависимость свойств жидкой и твердой стали, а также структуры твердой стали от содержания платины.

## 9. Влияние других элементов

В своей книге «О булатах», в разделе «Влияние качества железа на сталь», Аносов рассматривает это качество в связи с присутствием в железе различных примесей и влиянием их на свойства железа и стали. «Если прибавление посторонних металлов имеет видимое влияние на сталь, то свойства ее должны зависеть от качества самого железа, в котором всегда остаются посторонние примеси в количестве более или менее значительном, как подтверждают и химические разложения железа», — писал Аносов. Данный вывод имеет чрезвычайно важное значение для оценки не только легированной, но и углеродистой стали, которая, как справедливо заметил Аносов, не является чистым сплавом железа и углерода, она всегда содержит некоторое количество примесей.

Многочисленные наблюдения при выплавке стали с присадкой различных веществ позволили Аносову установить определенное влияние на свойства стали кальция, кремния, магния, алюминия. Сравнивая сталь с этими элементами, Аносов указал на заметно меньшее действие марганца, хрома и титана. Влияние рассматриваемых элементов сказывается прежде всего на пла-

стических свойствах стали. Марганец, хром и титан несколько снижают пластические свойства стали, но, как показали опыты Аносова, введение их в сталь до 2% сохраняет сталь ковкой, хотя бы содержание углерода в ней было свыше 1%.

Между тем присутствие в стали кальция, кремния, магния резко снижает пластические свойства и вызывает растрескивание ее во времяковки, даже при сравнительно небольших количествах этих веществ. «Вообще опыты показывают, что и марганец, и хром, и титан менее вредят стали, нежели кальций, силиций, магний и алюминий». В данном случае речь идет прежде всего о пластических свойствах и хрупкости стали, о зависимости этих характеристик механических свойств стали от присутствия указанных элементов. Аносов обращает особое внимание на снижение пластичности и вязкости стали кальцием, кремнием, магнием и алюминием. «Сии последние, находясь в стали в количестве, простирающемся до  $\frac{1}{50}$  части, наверное, составят нековкий металл, но если в нем не будет вовсе заключаться углерода, тогда он будет составлять особый сплавок железа, более или менее ковкий».

Аносов устанавливает зависимость пластических свойств от присутствия не только примесей, но и углерода. Чем меньше содержание углерода, тем металл имеет лучшую ковкость. Если в сплаве углерод совершенно отсутствует, то его нельзя считать сталью, «он будет составлять особый сплавок» на железной основе и в этом случае он будет «более или менее ковкий».

Аносов обращал серьезное внимание на те случаи, когда появлялась опасность насыщения стали кислородом при ее контакте с воздухом. Он указывал, в частности, на возможность насыщения стали газами при просачивании воздуха через скважины или трещины в тигле. «Впрочем, от положения скважины зависит достоинство полученной стали: если она в нижней части горшка и значительна, то от доступа воздуха сталь повреждается, соделываясь нековкою». Это чрезвычайно важный вывод о вредном влиянии воздуха на ковкость стали — под действием воздуха сталь теряет ковкость.

При доступе воздуха к расплавленной стали последняя интенсивно поглощает кислород из воздуха, насыщение обычно идет до концентраций, значительно пре-



восходящих предел растворимости кислорода в твердой стали. Растворенный в большом избытке кислород снижает пластические свойства затвердевшей стали.

Путем длительных наблюдений Аносов изучил антикоррозийные свойства различных сортов специальной стали. Исследованные элементы он расположил в ряд по степени их облагораживающего действия на сталь в общем правильно. Наблюдения после длительного хранения показали, что «сталь с металлами от земель и полуметаллами более подвержена ржавчине, нежели чистая. В отношении сего свойства они следуют, кажется, сему порядку: кальций, силиций, магний, алюминий, марганец, хром и последний титан».

После опытов 1830 г. Аносов сосредоточил внимание на получении высококачественной углеродистой стали. В дальнейших его записях не отмечены опыты со специальными элементами. Для цели, которую он себе ставил, нужна была высококачественная углеродистая сталь. «Все вышеупомянутые результаты привели меня к заключению, что булат есть не смесь стали с каким-либо металлом, но смешение железа с углеродом, подобное стали, и что причины образования крупных узоров надлежит ближе всего искать в способе соединения железа с углеродом».

Однако установленные им закономерности влияния элементов на структуру и свойства стали имели чрезвычайно большое значение в деле создания специальной стали. Прекрасные качества ряда аносовских образцов специальной стали и установленные Аносовым общие закономерности влияния легирующих элементов на структуру и свойства стали послужили толчком к развитию дальнейших изысканий по специальной стали. В первую очередь идеи Аносова получили разработку на Златоустовском заводе. Ученики и соратники Аносова — мастера Златоустовского завода были продолжателями начатого выдающегося технического прогресса—производства специальной стали.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *П. П. Аносов*. О булатах. СПб., 1841.
2. *Г. Вилькинсон*. О причине образования струй на булатных или дамасских клинках.— Горный журнал, 1841, № 6.
3. *Д. А. Прокошкин*. Работы П. П. Аносова по специальной стали.— Труды по истории техники. Изд-во АН СССР, 1953.
4. *А. П. Виноградов*. Геохимия, 1956, т. I, стр. 52.
5. *В. П. Елютин, Ю. А. Павлов, Б. Е. Левин*. Ферросплавы. Металлургиздат, 1951.
6. *А. Бетехтин*. Промышленные марганцевые руды СССР. Госгеол-издат, 1946.
7. *М. А. Павлов*. Metallургия чугуна, т. I. Metallургиздат, 1941.
8. *Гельма*. Об употреблении хромия.— Горный журнал, 1839, № 5.
9. *В. Липин*. Metallургия чугуна, железа и стали, т. I, стр. 108.
10. *Р. И. Мурчисон*. Геологическое описание Европейской России и хребта Уральского.— Горный журнал, 1848, № 4.
11. Ведомость о количестве платины, вымытой в горных заводах хребта Уральского со времени открытия сего металла по 1827 год.— Горный журнал, № 8.
12. О золоте и платине, добытых в первую половину 1827 года.— Горный журнал, 1827, № 9, стр. 151.

### Зарождение новой науки — металлографии

#### 1. У истоков металлографии

Состав, строение и свойства металлов и сплавов были объектами изучения с давних времен. Еще тогда, когда не были сформулированы научные основы металловедения, указанные объекты были предметом систематических наблюдений мастеров и ученых, в результате чего постепенно устанавливались закономерности изменения их под действием различных факторов и взаимозависимость. Эти обобщения базировались на наблюдениях внешних признаков: формы, размеров, цвета и др., а также качества, в понятие которого входили физические, химические и механические свойства.

Строгая правильность форм кристаллических образований металлов, их сплавов и соединений была предметом постоянных наблюдений мастеров и естествоиспытателей. Кубическая или октаэдрическая форма кристаллов таких металлов, как золото, платина, железо и др., была известна задолго до открытия кристаллической структуры этих металлов рентгеновским методом. О характере строения в данном случае свидетельствовали находимые в природе куски самородных металлов, а позднее получавшиеся из раствора их кристаллы.

Весьма большие исследования строения металлов, сплавов, окислов и других соединений были проведены Ломоносовым. Его наблюдения изложены в капитальном труде «Первые основания металлургии или рудных дел». Суждение о кристаллическом строении делалось на основании наблюдавшихся кристаллических форм. О кристаллическом строении металлов, в частности и

железа, составляли также представление по виду зерен, получавшихся на изломах сильно перегретых и медленно охлажденных кусков металла. Эти признаки, можно сказать, были внешними, связанными с определенной формой естественно образовавшихся металлических кусочков — зерен, формой их граней и размерами углов. Что касается строения внутри кристаллов или зерен, каких-либо ясных, научно обоснованных положений для суждения по этому вопросу не было вплоть до начала XIX в. В частности, не было никакой ясности в вопросе о том, что собой представляют узоры на булатах и дамасской стали, отражающие, как теперь известно, химическую неоднородность и макроструктуру стали.

Крупнейший шведский металлург XVIII в. Ринман полагал, что узоры, видимые на булатах, происходят от сваривания различной твердости стали и железа и что различие узоров зависит от способов сваривания.

Особую позицию в вопросе о природе узоров занимал известный английский физик того времени Фарадей. Он приписал узоры действию алюминия на сталь вуц. Фарадей считал вуц способным кристаллизоваться сильнее и в более законченных формах, нежели сталь. Поскольку в вуце найдено химическим анализом небольшое количество земель, то, по мнению Фарадея, основания этих земель, соединяясь с железом и углеродом, делают массу более кристаллической, что и является настоящей причиной узоров на стали [2].

На основании проведенных собственных опытов Аносов доказал недостаточность одного химического анализа для решения таких вопросов. С введением химического анализа достигалось все более и более точное определение химического состава металлов и сплавов. Но для характеристики последних недостаточно было знания одного состава, так как было установлено, что при одном и том же химическом составе сплавы разного приготовления обнаруживали различные свойства.

Англичанин Вилькинсон высказал в 1837 г. мнение, что узоры на поверхности дамасских сабель происходят от двух причин: от свойства железной руды и от способа приготовления из нее стали. С другой стороны, он писал, что красивые струйки на поверхности вуца вовсе не находятся в связи с фигурами, образующимися от удлинения самих кристалликов стали [3]. Он, так

же как и многие европейские металлурги его времени, придавал значение свариванию разнородных тонких полосок для придания особой красоты поверхности клинков.

Длительные наблюдения металлургов над изменением состава и свойств приводили к заключению о наличии закономерной связи между ними. Однако последняя соблюдалась только при определенных условиях, нарушение которых влекло за собой нарушение закономерности.

Указанные отклонения вызывались изменениями структуры металлов. Получение первоначальных представлений о структуре металлов было одним из важнейших достижений металловедения XIX в. Большой вклад в создание учения о структуре стали внесли Аносов, Чернов и их последователи.

Своими исследованиями Аносов показал, что узоры, выявляемые на булатной, сварочной, литой и вообще на всех сортах стали, органически связаны с природой металла: они показывают кристаллическое строение металла, видимое невооруженным глазом или под микроскопом, иначе говоря, структуру стали, получающуюся, по Аносову, как «следствие состава... при некоторых физических условиях».

С другой стороны, Аносов установил важнейшую зависимость между узорами и свойствами стали. С принципиальной стороны эта зависимость была отмечена Аносовым на основании исследования различных образцов булатов. При этом он изучал относительное их достоинство различными испытаниями, посредством которых было установлено, «что при некоторых видоизменениях узоров булат, очевидно, тверже, но не хрупче стали, следовательно, лучше ее».

Высказанное положение Аносов подтверждает на многочисленных образцах при проведении собственных опытов получения литой стали.

## 2. Макроскопический метод

Придавая столь важное значение узорам стали, Аносов подробно разработал метод макроскопического исследования их с целью выявления и изучения макроскопической структуры металла. Он показал важнейшее

значение этого метода для выявления структуры и качества металла и дал подробные указания по практической стороне его выполнения.

Шлифованная и полированная поверхность стали обычно выглядит гладкой, с ровным металлическим блеском. На ней иногда можно видеть раковины от выкрошившихся инородных включений или пустоты от газовых пузырей и усадки металла.

Иногда после многократной и длительной полировки удается видеть при косом освещении выступы или впадины в отдельных участках металла. Эти выступы и впадины образуются благодаря неодинаковой шлифуемости различных структурных составляющих стали. Карбид железа значительно тверже самого железа или смеси железа с карбидом. Карбид больше сопротивляется истиранию и медленнее сошлифовывается наждаком, а железо сошлифовывается быстрее. Поэтому после продолжительной шлифовки и полировки поверхность стали может оказаться неровной. Твердые участки с карбидными скоплениями могут выступать над более мягкими соседними участками. При косом освещении выступающие части отбрасывают тени на впадины, оставаясь сами ярко освещенными. На полированной поверхности стали в этом случае появляется узор. Такой узор неоднократно наблюдал Аносов в виде прямых или извивающихся, иногда взаимно пересекающихся полос. Аносов довел технику шлифовки и полировки до совершенства, он разработал способ приготовления шлифовального порошка из уральского корунда и внедрил его в промышленность, освободив страну от необходимости ввоза дорогого иностранного наждака. Владея в совершенстве техникой шлифовки и полировки, он добивался выявления структуры полировкой.

На нетравленном шлифе хотя и удается иногда видеть узор после полировки, но выступает он слабо и изучать его в таком виде трудно. Понятно, этот метод мог иметь только вспомогательное значение. Тем более его нельзя было считать пригодным для глубокого исследования структуры стали, так как во многих случаях не удавалось обнаружить никакого узора.

Совершенно иная картина получается, если тонко шлифованную или полированную поверхность подвергнуть действию кислоты. Она сначала вся несколько

потускнеет, а затем постепенно покроется отчетливо видимым узором. Разъедание стали кислотой происходит неравномерно, одни участки вытравливаются медленно, остаются выпуклыми, в то время как другие вытравливаются быстро и образуют впадины. Выпуклые места образуют узор, а впадины грунт. Последний обычно имеет темный цвет, от серого до черного, и тем резче оттеняет узор, чем он темнее. Когда древние мастера травили стальные изделия в кислотах или в купоросе, они не связывали выявляемый узор с внутренним строением металла; между тем при научных исследованиях травление специально производится для выявления внутреннего строения металла. И только в том случае, когда ставится сознательная задача использования рассматриваемого средства воздействия на металл для выявления природы того или иного явления, данное средство становится научным способом исследования.

Заслугой Аносова является то, что он видел связь узоров, выявляемых в стали, с кристаллическим строением стали и широко использовал травление как метод для выявления и исследования строения стали.

Аносов провел большие исследования, изыскивая наиболее верные и действенные средства и приемы, позволяющие лучше выявить узор и характер его рисунка. Он испытал значительное число реактивов и установил, что все кислоты оказывают одинаковое действие и на железо и на булат. При этом было обнаружено, что действие кислот неодинаково: одни из них более обнаруживают действие на железо, а другие и на железо и на углерод [1, стр. 83].

Эти интереснейшие исследования Аносова дали ценнейшие результаты во многих отношениях.

Во-первых, Аносов показал различный характер действия кислот на железные сплавы. «Но не все кислоты могут быть употреблены для вытравки с равным успехом, ибо действие их на булат неодинаково».

Во-вторых, они показывают, что Аносов представлял себе сталь как неоднородный материал, благодаря этой неоднородности травящийся неравномерно. Исходя из этих представлений, Аносов разрабатывал методику оценки качества стали макроскопическим травлением. Чтобы вытравить булат, писал Аносов, необходимо избрать такую кислоту, «которая бы скорее дейст-

вовала на грунт, нежели на узор». Но при этом Аносов подметил замечательную особенность узоров, вытекающую из их физической природы: они, вообще говоря, «более противятся растворению по связи между атомами», нежели грунт. Из приведенных высказываний Аносова следует:

1) сталь, как сплав железа с углеродом, представляет собой неоднородный материал, подвергающийся в силу этого неравномерному травлению кислотами;

2) кислоты неодинаково действуют на железо и сплав железа с углеродом, растворяя их в неодинаковой степени.

Значит, по Аносову, соседние участки стали или сплава железа с углеродом, выявляемые после травления в виде грунта и узоров, различны по своей природе и по этой причине обнаруживают различную травимость. Вот какие далеко идущие наблюдения были сделаны Аносовым при исследовании действия различных кислот на макрошлиф!

Исключительную ценность представляют практические указания Аносова по выявлению макроструктуры стали.

Аносов отметил большие преимущества серной кислоты перед азотной для вытравки булатов. Весьма хорошо выявляются узоры путем травления 25%-ным водным раствором железного купороса с примесью серноокислой соли. Но при этом следует учитывать, что не всякий железный купорос одинаково пригоден для вытравки; кроме выветривания само качество его имеет влияние на успех вытравки [1, стр. 85]. Лимонный сок и пивной уксус также хорошо выявляют узор.

Аносов применял следующий порядок вытравки клинков. После шлифовки и полировки поверхность клинков очищалась мелкой золой с водой или щелоком для удаления масел и других жирных веществ и промывалась водой. Затем клинок погружался в теплый раствор или поливался им до появления узоров и грунта. Узоры на булате появляются скоро, писал Аносов, но вытравку следует продолжать еще несколько времени, чтобы узоры резче отличались от грунта, который, теряя следы полировки, приобретает свойственный ему цвет и отлив. По истечении надлежащего времени клинок вынимался из раствора, обмывался несколько раз щелоком и холод-



ной водой и быстро высушивался обтиранием сухой ветошью. Аносов сделал предостережение, чтобы во время вытирания высушенное место шлифа или поверхности клинка «не было тронута сырою ветошью», иначе поверхность покроется «радужной набезалостью».

Такой же порядок травления применялся при выявлении узоров на литых образцах или кованных кусках и полосах.

Весьма интересны указания Аносова о длительности травления шлифов. Обычно процесс вытравки клинка занимал менее 10 минут. Более длительное травление дает более резкое разъедание кислотой и узоров и грунта, причем грунт теряет блеск, а узоры цвет. Травление можно довести до полного потемнения шлифа или полированной поверхности стального изделия, но тогда затемнятся также и узоры. Для выявления узоров в этом случае необходимо после травления поверхность очистить золой и промыть водой, но все же «грунт будет сильно протравлен и получит матовую поверхность». Для булатных изделий такая вытравка нежелательна, изделия будут тусклыми, не будут иметь отлива, однако при исследовании макроструктуры нередко прибегают к такому глубокому травлению шлифов.

Все опыты по разработке новых способов получения литой стали Аносов сопровождал макроскопическим исследованием металла на травленных шлифах.

В современной металлургии макроскопический метод является одним из важнейших средств изучения и контроля качества сплавов железа с углеродом и другими элементами. Макроскопический анализ вошел обязательным элементом в производство качественной и высококачественной стали. Он используется для выявления характера расположения волокон в изделии, т. е. узора; для контроля плотности металла, т. е. отсутствия пористости, рыхлости, раковин и т. п.; для выявления химической неоднородности в массе изделия, обусловливаемой ликвацией примесей в стали.

### 3. Макроструктура стали

В начале XIX в. узоры на булате и дамасской стали привлекли внимание ученых разных стран. Было высказано много предположений о происхождении узоров на стали, пытались даже научно объяснить их.

Попытки химиков найти объяснение узоров химическим анализом булата оказались несостоятельными, так как метод отбора проб для анализа был неудовлетворительным. «Поиски химиков не могли обнаружить в нем существенной разности от стали. Это зависело, впрочем, не от недостатка в тщательности разложений, но главнейше от недостатка в самой науке: химия, несмотря на быстрое совершенствование, не достигла еще науки точной, и многое осталось для нея тайною природы» [1]. Такую резкую критику Аносов направил в адрес ученых, пытавшихся подойти к вопросу узко, на основании только одних довольно неточных химических анализов.

Не могла решить химия поставленный вопрос еще и потому, что рассматриваемое явление было не чисто химическим, а физико-химическим. Замечательно, что это положение Аносов установил в самом начале знакомства с булатами и неоднократно указывал на двустороннюю природу булатных узоров. Рассматривая узор как один из наружных признаков, выявляемых путем травления поверхности стали, Аносов указал, что наружные признаки являются следствием химического состава и тех физических условий, которые более или менее благоприятствуют «к принятию определенного вида, данного каждому роду тел» [1, стр. 59]. Таким образом, по мнению Аносова, узор, видимый на стали, тесно связан с природой стали, с ее химическим составом и физическими условиями формирования твердого металла.

Рассмотрение природы узоров должно было, по мнению Аносова, покоиться на общих законах кристаллизации тел. «Итак, если разность в кристаллизации есть вообще следствие состава тел при некоторых физических условиях, то почему же и в булате она не есть следствие той же причины?» — ставил вопрос Аносов и отвечал на него положительно. Здесь опять Аносов указывает на химическую и физическую стороны образова-

ния узора, имея в виду кристаллическую природу последнего. Узор есть проявление кристаллизации сплава определенной химического состава при определенных физических условиях. Иначе говоря, узор показывает кристаллическое строение стали и, по современной терминологии, макроскопическую структуру стали.

Изложенные взгляды Аносова основывались на огромном опытном материале. Он провел громадное число исследований макрошлифов железа, стали и чугуна самых разнообразных составов, полученных самыми разнообразными способами.

Весьма крупные исследования проведены Аносовым по макроструктуре специальных сталей с различными присадками специальных элементов. Аносов нашел высокую устойчивость макроструктуры в специальных сталях, содержащих марганец, хром, титан и прочие элементы. Он нашел, что узоры, происходящие из посторонних металлов, не уничтожаются ни от заливки стали в форму, ни отковки [1]. Аносов показал неустойчивость узора в искусственных булатах: после сплавления узор в них может совершенно исчезнуть. Настоящий булаг не теряет узора при переплавке. Тем не менее и на булате может быть потеря узора, если булат нагреть до светлого каления. Эти положения нашли полное подтверждение у Чернова. По наблюдениям Чернова, булатный узор может быть потерян и на хорошем булате с ясно развитыми узорами после нагрева его до светлого каления. Но эта потеря не является безвозвратной. Если же булатный кусок с исчезнувшими узорами переплавить вновь, то, при известных условиях остывания полученного слитка, узор появляется опять, хотя и несколько измененного рисунка [4].

Аносов установил температурные режимы нагрева стали под ковку, обеспечивающие сохранение узоров или, если это нужно, уничтожение их. С другой стороны, он же нашел режимы отжига стали, усиливающие в последней узоры.

После многих разносторонних исследований макроструктуры опытных специальных сталей и глубокого сравнительного анализа макроструктуры старинных булатов Аносов пришел к твердому убеждению, что булат есть не смесь стали с каким-либо металлом, но смешение железа с углеродом, подобное стали, и что при-

чины образования крупных узоров следует искать в способе соединения этих элементов.

В другом месте Аносов указывает на чрезвычайно интересную связь между содержанием углерода в сплаве с железом и крупностью узоров. «Крупность и явственность, или возвышенность над грунтом, узоров определяет количество угля, а различное расположение их — различные степени совершенства в соединении угля с железом». Следовательно, чем больше углерода в сплаве с железом, тем более резко может проявиться узорчатость сплава и, говоря современным языком, тем более резко может проявиться дендритная ликвация. Такова весьма важная закономерность, установленная Аносовым. Самые крупные и явственные узоры, по Аносову, наблюдаются на стали с содержанием углерода, близким к составу чугуна, а слабые — на мягкой стали.

Изложенные представления получили полное подтверждение в исследованиях кристаллического строения стальных сплавов, произведенных Черновым. Установив дендритный характер строения стали, Чернов обратил внимание на зависимость величины кристаллов от содержания углерода в стали и вывел определенную закономерность. Изучение строения стенок усадочных пустот показало, что чем тверже сталь, т. е. чем больше в ней углерода, тем яснее и отчетливее развита первичная кристаллическая структура [4].

Аносов и Чернов исследовали явления, тесно связанные друг с другом. Аносов изучал зависимость величины и явственности узоров от содержания углерода, а Чернов — зависимость величины столбчатых или, как он их называл, разрывных кристаллов стали также от содержания углерода. В обоих случаях была найдена одинакового характера зависимость: с повышением содержания углерода в стали возрастает размер кристаллов и увеличивается крупность и явственность узоров. Очевидно, размер узоров и степень их проявления имеют тесную связь с величиной кристаллов стали. Этот вывод весьма важен для дальнейшего выяснения природы узоров. Вероятно, узоры связаны с неоднородностью сплава внутри кристалла, т. е. с дендритной ликвацией. При прочих равных условиях дендритная ликвация в крупнокристаллической массе имеет более сильное раз-

витие, и, следовательно, узоры, отражающие степень ликвации, должны иметь более яркое выражение.

Одним из факторов, определяющих размер кристаллов, Чернов совершенно правильно считал температурный интервал кристаллизации сплава. Малоуглеродистая сталь имеет узкий интервал температур кристаллизации, и это существенно отражается на развитии кристаллов.

«В очень многих сортах, содержащих менее 0,2 процента углерода, уже с трудом можно найти сколько-нибудь отчетливо развитый кристалл и притом незначительных размеров», — писал Чернов [4].

Рассматривая вопрос о сохранении узоров при ковке, Аносов указывал, что сталь мягкая, с малым содержанием углерода образует мелкие узоры, которые при проковке весьма трудно сохранить, и при этом «она не так скоро повреждается, как крепкая», т. е. высокоуглеродистая [1].

Аносов исследовал влияние многих факторов на узоры, т. е. на макроструктуру стали. Состав шихты, флюсов, окислов железа, чистота исходных материалов оказывают значительное влияние на характер узоров, на цвет грунта и на отлив. Грунт булатов и цвет самих узоров могут служить хорошим признаком для оценки степени чистоты железа: чем грунт темнее и более блестящий и чем узоры белее, тем чище металл. Эти важнейшие выводы из многочисленных опытов устанавливают связь между чистотой исходных материалов и характером макроструктуры, с одной стороны, и качеством получаемого металла — с другой [1].

Чернов полностью подтвердил также и это положение Аносова: «Исследования Аносова ясно показали, что загадка разрешается чистотой стали, и ему, как известно, удалось приготовить самые высокие сорта восточного булата» [4].

Многими опытами Аносова показано, что медленное охлаждение стали после расплавления благоприятствует образованию крупнокристаллической структуры, а следовательно, и получению более явственных и крупных узоров. Значит, при медленном охлаждении стали неоднородность ее в соседних малых участках усиливается, а говоря современным языком, усиливается дендритная ликвация.

Большой заслугой Аносова является установление зависимости свойств стали от структуры. Аносов произвел многочисленные испытания свойств стали с различным «видом и расположением самих кристаллов», т. е. с различной структурой. Он получал и испытывал сталь с узорами в виде продольных, расположенных параллельно, прямолинейных или волнистых волокон и наблюдал в этих случаях неизменно пониженные показания механических свойств стали. Он получал также и испытывал сталь с сетчатым и коленчатым узорами, т. е. с перепутанными волокнами, неизменно получая высокие показания механических свойств. Установленная Аносовым закономерная зависимость свойств стали от ее макроскопической структуры является завоеванием науки, широко используемым в промышленности.

Своими чрезвычайно обширными исследованиями узора, грунта и отлива Аносов сделал крупный вклад в создание учения о структуре стали. Все основные положения Аносова полностью подтверждены последующими исследователями.

#### 4. Открытие металломикроскопии

Разрабатывая новые способы приготовления литой стали, Аносов систематически исследовал качество и свойства получаемой стали. Он испытывал технологические и механические свойства, закаляемость, стойкость в ударных режущих инструментах и т. д. Кроме того, систематическому изучению подвергалось макроскопическое строение стали, видимое невооруженным глазом. Однако более тонкое (микроскопическое) строение стали, оказывающее чрезвычайно большое влияние на ее свойства, оставалось неизвестным.

Простые микроскопы имели применение в России давно [6, 7, 8]. Среди вещей Ивана Грозного найдены увеличительные стекла. Имеются предположения, что термин «микроскопия» появился в русском языке в 70-х годах XVII столетия в переводе трактата Иоганна Гевелия «Селенография», сделанном для царя Алексея.

Петр I проявлял очень большое внимание к микроскопическому изучению явлений и предметов. Прос-

вещенные люди того времени, составлявшие окружение Петра, имели личные микроскопы и занимались микроскопическими исследованиями природы [8]. Петр I построил при дворе в Москве, а затем и в Петербурге оптические мастерские, где изготавливались элементы микроскопов.

Весьма широко использовал микроскоп в своих разнообразных исследованиях великий естествоиспытатель М. В. Ломоносов. Физический кабинет Кунсткамеры, часто посещавшийся Ломоносовым, был организован в 1714 г. и оснащался многими новейшими по тому времени физическими приборами, машинами, аппаратами. В числе их были микроскопы, приобретенные Петром I, количество которых в дальнейшем значительно увеличилось. К 40-м годам в их числе были разнообразные конструкции простых и сложных микроскопов.

Имеется множество документальных данных, свидетельствующих о широком применении Ломоносовым микроскопа в биологических, петрографических, химических, физических и других исследованиях [9]. В классическом труде Ломоносова «Первые основания металлургии» применяются два термина — «микроскоп» и «прибыльные стекла». Микроскоп в руках Ломоносова был действительно средством для изучения тонких частиц руды, земли, камней и т. д. [10]. В других местах книги Ломоносов говорит о микроскопе, позволяющем разглядеть мельчайшие частицы и зернышки золота, вкрапленные в камни или смешанные с песком.

С большим успехом применил микроскоп Андрей Тимофеевич Болотов (1738—1833) для исследования процесса кристаллизации различных солей из высыхающей под микроскопом капли растворов [11].

В начале XIX в. микроскоп стал проникать в технику на крупных предприятиях, в заводские лаборатории Москвы, Петербурга, Подмосковья, Урала и других крупных промышленных районов.

До Аносова микроскоп применялся в науке и технике для выявления в металлах дефектов, трещин, раковин и т. п.; для детального рассмотрения формы кристаллов, инородных включений в минералах и металлах и др. По существу микроскопические исследования оставались на том же уровне, как это было при Ломоносове: кристаллы рассматривались в том естественном

виде, в каком они встречались в природе, без дополнительной обработки для выявления их внутреннего строения.

Совершенно по-новому был поставлен Аносовым вопрос об использовании микроскопа в металлургии. В 1831 г. он разработал новый оригинальный способ выплавки стали без флюсов. Получавшаяся этим методом сталь оказалась более однородной, и обычное рассмотрение поверхности после шлифовки, полировки и травления оказалось недостаточным для выявления структуры стали. Аносову пришла блестящая идея — использовать микроскоп для исследования строения стали и тем самым глубже познать природу ее.

Златоустовское мягкое железо было переделано в сталь без присадки флюса. 40-фунтовая плавка длилась 4 час. 30 мин. Сталь получилась хорошего качества. Она была однородной, имела тонкое строение, на полированной и травленной поверхности ее рассмотреть структуру невооруженным глазом не удавалось. В «Журнале опытам» эта плавка записана в 1831 г. под № 63. По поводу стали данной плавки Аносов заметил: «В ковке хороша, в закалке тверда; откованная полоска шириною в 4 линии, толщиной в 1 линию, длиною 8 вершк., будучи одним концом завинчена в тисок и загибаема в обе стороны, сломалась на 9-м обороте. Зубила выдерживают 3 и 4 пилы; в полировке чиста, грунт бурый. Узоры едва приметны в микроскоп» [1, стр. 118]. Так гласит первая историческая документальная запись о первом применении микроскопа для исследования структуры металлов и сплавов.

Применение микроскопа являлось не случайным эпизодом, а постоянным методом исследования у Аносова. Об этом свидетельствуют соответствующие записи в ряде мест книги «О булатах». Когда он перешел к опытам «кристаллования стали», для исследования структуры стали, опять был использован микроскоп.

Первая плавка, проведенная для опытов «кристаллования», представляет исключительный интерес во многих отношениях. Запись о ней гласит: «В форму не вылита, а охлаждена в тигле», слиток был прокован под молотом: сначала ковался хорошо, но вскоре получил трещины. «На выполированном и вытравленном куске видны были местами в микроскоп узоры, подоб-



ные по расположению булатным» [1, стр. 121]. В приведенной записи Аносов дал ясное указание, каким образом следует применять микроскоп для исследования строения стали. Он исследовал металл, подвергнув поверхность его полировке и затем травлению реактивами [5]. При том совершенстве полировки металлов, которое было достигнуто на Златоустовском заводе, полированные образцы стали Аносова были идентичны современным микрошлифам, и рассмотрение их под микроскопом было аналогичным современному исследованию полированных и травленных шлифов под микроскопом.

В опыте, записанном под № 75, выплавка стали из тагильского железа была проведена по оригинальному способу Аносова с выдержкой тигля без крышки 1 час 45 мин., а затем с крышкой 1 час 30 мин. Полученная сталь «ковалась токмо до четырехгранного вида, а после начала плестись и расколосась по диагональному направлению; мелкие узоры местами видны в микроскопе».

Подводя итоги опытов «кристаллования» путем медленного охлаждения стали в тигле, Аносов подчеркивает особую помощь микроскопического метода в исследовании строения стали. «Хотя сталь, медленно охлажденная в тигле, и имеет наклонность к кристаллованию и образованию узоров, но узоры ее столь мелки, что без помощи микроскопа с трудом распознаваемы быть могут, и то не всегда» [1, стр. 27].

Далее, в описании опытов с присадкой различных углеродсодержащих веществ также имеется указание об использовании микроскопа для исследования шлака и графита с целью выявления алмаза. Эти опыты проводились в 1837 г., т. е. через шесть лет после первой записи Аносова в «Журнале опытам» о применении микроскопа для исследования строения стали [1]. Следовательно, Аносов длительное время систематически пользовался микроскопом для исследования различных сортов стали и прежде всего их строения.

Таким образом, Аносов вооружил металлургию новым средством исследования структуры металла — металломикроскопией, заключающимся в исследовании внутренней структуры металлов и сплавов, невидимой простым глазом, на шлифованной и травленной поверх-

ности при помощи микроскопа. Аносовым положено начало микроскопической металлографии.

Тогда же Аносов разработал оригинальный метод микроскопического исследования структуры металла при помощи реплик, или отпечатков, снятых с поверхности стали. «В булатных сплавах узоры видны на поверхности самого металла; они еще явственнее обнаруживаются на шлаке, покрывающем его...» — писал Аносов [1, стр. 60]. Здесь опять проявились изумительная наблюдательность Аносова и умение глубоко проникать в суть вещей. При изучении шлаков он обратил внимание на рисунки, получившиеся на поверхности шлака со стороны металла. Поскольку эти рисунки оказались тонкими, Аносов привлек для изучения их микроскоп. Сопоставляя узор, или рисунок, структуры на поверхности металла с рисунком, отпечатавшимся на шлаке, он нашел отражение первого. «Внимательное наблюдение шлаков в микроскоп показывает, что поверхность, лежащая на металле, принимает все неровности самого металла».

Аносову пришла новая блестящая идея — использовать слепки, получаемые на шлаках, для исследования структуры металла. Так, 140 лет назад Аносовым был открыт новый метод, получивший широкое применение в современных электронно-микроскопических исследованиях структуры металлов при помощи слепков, или реплик, снятых с их поверхности. Аносов и сам широко использовал метод слепков (реплик) для изучения структуры литой стали.

Отпечатки, или реплики, на шлаках, застывавших на слитках, или сплавах, давали разнообразные и вместе с тем чрезвычайно интересные рисунки структуры слитков. Они были замечены и записаны с аносовской тщательностью. Наблюдавшиеся им структуры описаны следующим образом: «Они бывают весьма различны: то состоят из неправильных возвышений и углублений; то из возвышений продолговатых, более или менее параллельных между собою; то из прядей, более или менее явственных; то из прямых параллельных линий, более или менее длинных и толстых; то из прямых параллельных линий, пересекаемых другими под углами более или менее острыми и составляющими косоугольные сети; то прямые линии пересекают одни других под прямыми

углами и составляют отдельные квадраты, в которых расположены пересеченные прямые линии, имеющие вид точек. Число их зависит от числа рядов помещающихся в квадратах линий и бывает весьма значительно» [1, стр. 60]. В приведенном описании представлена богатейшая гамма структур, наблюдаемых при рассмотрении кристаллического строения литой стали.

Метод реплик (слепков) в последующем был использован для исследования булатной стали Н. И. Беляевым и Н. Т. Беляевым. Они выплавили по указаниям, описанным в книге П. П. Аносова «О булатах», тигельную сталь. Первые слитки были получены 18—21 апреля 1907 г. «На поверхности некоторых из них, под шлаковым слоем, были обнаружены красивые рисунки кристаллических образований»,— сообщил об этих опытах Н. И. Беляев [12].

Метод реплик является в настоящее время одним из основных в электронной микроскопии при исследовании структуры непрозрачных металлов. Вполне понятно, современная техника микроскопии использует для получения слепков с поверхности металла не шлаки, а иные материалы, но иначе и не может быть. 140 лет, истекших со времени открытия Аносова,— довольно большой срок для техники, за это время, конечно, должны были появиться новые материалы. Однако по своему принципу метод снятия слепков или отпечатков для исследования структуры металлов под микроскопом был и остается аносовским.

Открытием металломикроскопии Аносов вооружил науку мощным средством изучения строения металлов и сплавов.

Металломикроскопия сыграла такую же важную роль в металлургии, какую микроскопия сыграла в физиологии. В 1858 г. по поводу физиологии Ф. Энгельс писал: «Для физиологии решающее значение имели, во-первых, огромное развитие органической химии, во-вторых, микроскоп, который стал правильно использоваться только двадцать лет назад. Это последнее привело к еще более важным результатам, чем химия» [13]. Энгельс считал, что микроскопия в физиологии как научный метод исследования получила применение в начале 20-х годов прошлого столетия, т. е. примерно за 10 лет до введения микроскопа в металлургию Аносовым.

В начале XIX в. был установлен состав (химический) стали, и это оказало чрезвычайно большое влияние на развитие металлургии, так как стало возможным строить металлургические процессы на научной основе и в известной мере управлять свойствами, регулируя химический состав стали. Но для достижения желаемых свойств одного химического состава недостаточно, так как свойства стали зависят не только от химического состава, а и от структурного состояния. И вот здесь на помощь металлургу пришла металломикроскопия, введенная Аносовым в 1831 г. Конечно, потребовался еще не один десяток лет для разработки нового метода исследования и широкого использования его в практике.

Металломикроскопия является важнейшим средством познания строения металлов и сплавов. Она служит средством раскрытия природы металлов и сплавов и составляет важнейший элемент металлографии. Выдающийся физико-химик Н. С. Курнаков совершенно правильно указал роль Аносова в создании металломикроскопии и значение этого средства в металлографии. Он писал: «П. П. Аносов впервые применил то последовательное сочетание приемов, которое в настоящее время носит название микрографического метода и составляет основу металлографии [14].»

Все изложенное составляет еще один выдающийся вклад Аносова в науку и технику. Разработка макроскопического и открытие нового, микроскопического метода исследования металлов и сплавов, обстоятельное исследование с помощью этих методов структуры железных сплавов, установление зависимости свойств от структуры — весь этот большой вклад внес Аносов в создание новой науки — металлографии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. П. П. Аносов. О булатах. СПб., 1841.
2. *Stodart, Faradei.*— *Annalen de chemie et de fisic*, 1820, t. XV.
3. Г. Улькинсон. О причине образования струй на булатных или дамасских клинках.— *Горный журнал*, 1841, № 6.
4. Сообщение г. Чернова: «Критический обзор статей г.г. Лаврова и Калакуцкого о стали и стальных орудиях» и собственные его исследования по этому же предмету.— *Записки РГО*, 1868, вып. 7, стр. 517—527.
5. П. Аносов. О приготовлении литой стали.— *Горный журнал*, 1837, № 1.

6. *С. Л. Соболев*. История микроскопа и микроскопических исследований в России в XVIII веке. Изд-во АН СССР, 1949.
7. *В. Карпов*. Очерк общей теории микроскопа в ее историческом развитии. М., 1907.
8. *А. И. Метелкин, Л. С. Ценковский*. Госиздат мед. лит. М., 1950, стр. 8.
9. *Б. Н. Меншуткин*. Труды М. В. Ломоносова по физике и химии. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1936, стр. 62.
10. *М. В. Ломоносов*. Первые основания металлургии или рудных дел. СПб., 1763.
11. Записки Андрея Тимофеевича Болотова.—Русская старина, 1870—1873.
12. *Н. И. Беляев*. Макроструктура стали и отношение ее к кристаллизации.—ЖРМО, 1910, № 1.
13. *К. Маркс и Ф. Энгельс*. Соч., т. 29, стр. 275—276.
14. *Н. С. Курнаков*. Введение в физико-химический анализ. Изд-во АН СССР, 1940.

### Новые выдающиеся работы по металлургии и геологии

В жизни и деятельности П. П. Аносова 1831 год был богат новыми выдающимися открытиями в области металлургии и крупными организационно-административными успехами.

Закончив в предыдущем году исследования по специальной стали и придя к заключению, что булат не является сталью, содержащей специальные элементы, Аносов решил продолжать разработку новых способов приготовления и обработки литой углеродистой стали. С этой целью он провел исследования по выплавке углеродистой стали в тиглях емкостью по 16 кг (40 фунт.) и 8 кг (20 фунт.) металла. При этом Аносов не оставил мысли получить булат — сталь высшего класса, и своими опытами выявлял важнейшие моменты технологии для «достижения совершенства в стали».

Новые опыты послужили основанием для новых крупных открытий, явившихся выдающимся вкладом в металлургию.

Аносов исследовал влияние исходного материала на качество получаемой стали, открыл новый способ получения литой стали без применения флюса, разработал способ отжига с целью изменения макроструктуры (узоров) и улучшения ковкости стали и т. д. Важнейшие выводы из исследований Аносова прочно вошли в современную технологию производства качественной и высококачественной металлургии и стали совершенно необходимыми техническими условиями, без соблюдения которых не может быть обеспечено получение высококачественного металла.

## 1. Влияние исходных материалов на качество стали

Используя для получения литой стали железо, приготовленное из различных руд, а также сталь с различным содержанием углерода и примесей, Аносов установил существенное влияние исходных материалов на качество получаемой стали. Он обратил внимание на две «главнейшие причины различия в свойствах ее; они суть: количество углерода, приобретаемое железом, и качество обещков» [1].

Аносов провел в 1831 г. опыты выплавки стали, используя в качестве исходного материала железо Златоустовского, Саткинского, Тагильского заводов и различной тщательности приготовления кричную рафинированную сталь. Железо, производимое разными заводами, имело различные примеси, часть которых ошлаковывалась и удалялась в процессе выплавки, а часть оставалась в стали и загрязняла ее. В некоторых сортах железа было много серы, фосфора, шлаковых включений, ржавчины и других примесей. Надо было оценить их действие на качество стали.

Плавка № 53 имела шихту (в фунтах): златоустовского железа — 40, флюса (кирпичной глины 3 части и окалины 0,5 части) — 4; плавка длилась 4 час. 10 мин. Полученная сталь оказалась мягка в ковке, тверда по закалке. Зубила показали хорошую стойкость, ими насекали до четырех пил [2]. Несмотря на сравнительно хорошие качества литой стали, полученной из обычного златоустовского железа, она не была лучшей. Такие же свойства показала сталь, полученная из саткинского железа, отличавшегося вообще высокой чистотой.

Заметно более высокого качества сталь получалась из железа Тагильского завода. Выплавленная в тех же самых условиях, с тем же флюсом и той же продолжительностью, как и в предыдущих опытах, сталь из тагильского железа показала, что «по отковке полосы чище златоустовских; зубила не уступали английским; ими насекали до шести пил; узоры мало приметны».

Проведенные опыты выплавки стали из златоустовского, саткинского и тагильского сортов железа позволили Аносову сделать важный для металлургии стали вывод, что пригодность железа на сталь находится в большей зависимости от качества руд, нежели от спосо-

ба приготовления железа. Железо, получаемое в Златоустье из руды Тесминского рудника, оказалось предпочтительным железу всех других рудников, а железо тагильских заводов дало сталь высшего достоинства, нежели златоустовское железо [1].

Анализируя причину указанного различия свойств стали, Аносов обратил внимание на чистоту сортов железа, употреблявшихся для опытов. Железо Тагильского завода отличалось более высокой чистотой по сравнению с златоустовским и саткинским в отношении как специальных элементов, так и инородных включений.

Опыты Аносова в предыдущем году показали со всей очевидностью, какое огромное влияние могут оказать специальные элементы на строение и свойства стали. Но и без особой присадки специальных элементов в железе «всегда остаются посторонние примеси в количестве более или менее значительном» [2], и от этого зависит качество самого железа, а последнее в свою очередь оказывает непосредственное влияние на качество вырабатываемой стали. Таковы были предпосылки Аносова в объяснении наблюдавшегося им явления.

Качество железа, как указал Аносов, находится также в большой зависимости от качества руд. Так, в районе златоустовских заводов отличался хорошими рудами Тесминский рудник, и из этих руд Златоустовский завод получал лучшее железо. Руда других месторождений не была такой чистой. Обычное златоустовское железо имело примесей больше, чем тагильское. В некоторых железных рудах содержалась сера, которая, переходя в железо, ухудшала его качество. Специальными методами обработки чугуна при переделе в железо удавалось в значительной мере выжечь серу и устранить ее вредное влияние. Таким способом получалось, например, в Златоустье навивное железо, подвергавшееся «большому действию возвышенной температуры и кислорода. Для этого оно собиралось из обращенной полукрицы перед самой фурмой, где происходило интенсивное выгорание и углерода, и серы» [2]. Опытная сталь, полученная из специально приготовленного навивного златоустовского железа, имела хорошие свойства. В отличие от стали, полученной из обычного златоустовского железа, сталь из навивного железа, при одинаковой твердости, лучше



ковалась, принимала лучшую полировку, по вытравке имела более темный грунт [2].

Аносов провел большую серию опытов и на основании их сформулировал правило: «Чем чище железо, т. е. чем менее оно содержит в себе посторонних частей, тем лучше дает сталь...» [1].

Это же правило распространялось и на стальную шихту, применявшуюся для приготовления литой стали. Так называемая рафинированная кричная сталь проходила очистку от посторонних примесей путем многократной выварки. Применение такой очищенной стали в качестве исходного материала для плавки давало «литую сталь, несколько высшую по достоинству, нежели железные» обсежки. Данный вывод Аносова был подтвержден специальными опытами приготовления литой стали из обсежков рафинированной кричной стали как с применением флюсов, так и бесфлюсовым способом. Зубила, изготовленные из литой стали, выплавленной из рафинированной кричной стали, насекали до пяти-шести пил вместо трех-четырех пил, насекавшихся зубилами из стали, приготовленной из обрусного златоустовского железа.

Среди других указаний о влиянии качества исходных материалов особого внимания заслуживает указание о ржавой шихте. «Обсежки, или железная ломь, лежавшие долгое время на воздухе, дают сталь хуже, нежели чистые». Конечно, здесь речь идет не о простом вылеживании в сухой атмосфере, когда поверхность стали сохраняет свой вид неизменным, а о продолжительном действии атмосферы, сопровождающемся коррозией металла. Опыты выплавки стали из старых заржавленных пил и старых железных обсежков не дали хороших результатов.

В условиях тигельного производства стали из железа, когда процесс цементации железа протекал одновременно с плавлением, конечно, весьма большое значение имела и однородность кусков железа: «Чем однороднее и ровнее величина обсежков, тем лучше выходит сталь».

Эти правила Аносова служат руководящими указаниями и по сие время при выборе исходных материалов для производства качественной и высококачественной стали.

## 2. Открытие нового способа выплавки стали

За три года до описываемого периода, т. е. в 1828 г., П. П. Аносов сделал выдающееся открытие о насыщении железа углеродом в атмосфере печных газов при нагреве и плавлении его в тиглях (см. главу четвертую). Аносов показал, что во время нагрева железа в угле происходит насыщение железа углеродом не от контакта с углем, а от газовой атмосферы, создаваемой в печи раскаленным углем. Углеродсодержащие печные газы реагируют с железом в тигле, насыщают его углеродом, в результате чего понижается температура плавления металла, а «насыщенное углеродом железо или сталь» плавится и опускается на дно тигля, поднимая вверх более легкий по удельному весу расплавленный шлак — флюс.

Дальнейшим развитием этой идеи Аносова является блестящая мысль создать новый оригинальный способ выплавки стали без посадки в тигель флюса. Аносов решил выплавлять сталь в тиглях из железных обечек, заменив шлак простой глиняной крышкой. До Аносова считалось, что без флюса получение литой стали невозможно, так как переход стали в жидкое состояние связывался именно с флюсом, который расплавлялся сам и вызывал плавление стали.

Аносов сначала «наполнил горшок железными обечками без примеси угольного порошка, не покрывая их ни флюсом, ни крышкой», и получил по расплавлению «не ковкий металл, а чугуна». Оказалось, что в тигле можно насытить железо углеродом до такой концентрации, которая отвечает составу чугуна. Между тем никаких углеродсодержащих веществ в тигель не присаживалось, насыщение углеродом железа шло за счет печной атмосферы [1].

Аносов совершенно правильно установил причину получения нековкого металла и решил уменьшить степень насыщения металла углеродом, изолировав металл от печных газов при помощи крышки, накладываемой на тигель. Он «накрыл горшок крышкой прежде, нежели все железо расплавилось», и через некоторое время металл оказался полностью расплавленным. «Тогда, вылив в форму, я получил удобно ковкий металл — литую сталь», — пишет Аносов.

Серией опытов было установлено, что степень насыщения железа углеродом в тигле поддается регулированию путем закрывания тигля на некоторое время крышкой, т. е. изоляцией железных обсечков в тигле от печной атмосферы. Чтобы получить должные результаты, нужно было определенное время держать тигель без крышки, а затем определенное время прокалить, накрыв крышкой из огнеупорной глины.

Опыт № 63 показал, что при нагреве тигля с 40 фунт. железных обсечков в течение 2 час. 45 мин. без крышки и затем в течение часа с крышкой металл все же получался нековким, он насыщался углеродом до состава чугуна [2]. Сокращая постепенно период прокаливания тигля с крышкой и удлиняя вторую стадию прокаливания — без крышки, Аносов нашел правильное распределение времени между обеими стадиями выплавки. Предыдущая практика выплавки стали с применением флюсов давала ориентировочные показатели для разных стадий процесса. Для 40-фунтовых тиглей понадобилось лишь несколько опытов, чтобы установить режим нового процесса. Так, в опыте № 67 тигель, загруженный 40 фунт. (16 кг) гагильского железа, без флюса и углеродсодержащих веществ, нагревался в горне 2 час. 10 мин. без крышки и 2 час. 15 мин. с крышкой. Полученная сталь «ковалась весьма хорошо: зубила не уступают английским. Узоров не видно» [2].

Таким образом был выработан новый способ выплавки стали в тиглях, состоявший из трех периодов: нагрева и осмотра горшков, цементования железа в сталь и плавления стали.

Для условий Златоустовского завода опытным путем было найдено необходимое оптимальное время на нагревание и цементацию железных или стальных обсечков в открытом тигле. Это время составляло от 2 до 2,5 час.

Для удобства контроля за ходом плавки Аносов установил признаки, легко уловимые сталеваром, и по этим признакам сталевар регулировал продолжительность прокаливания, цементации, плавления и т. д. Аносов придавал большое значение опыту сталевара, при проведении своих исследований он постоянно советовался с помогавшими ему опытными сталеварами и кузнецами. Говоря о цветах каления, по которым можно было судить о температуре печи, Аносов заметил: «Впрочем,

опытность научает еще большей точности в определении степени жара, нежели описать можно».

Аносов указал, что при высоких температурах процесс цементации в атмосфере печных газов протекает весьма быстро. Так, например, «ежели предварительно довести железные обсеки под крышею до степени температуры, равной с самою печью, тогда достаточно 5 минут для процемнтирования их без крыши» [1].

О времени полного расплавления стали судили, проверяя металл в тигле при помощи железного крючка, которым устанавливалось наличие или отсутствие нерасплавившихся железных кусочков. Искусство мастера в этом случае состояло в том, чтобы остановить работу в то мгновение, когда последний кусочек обсечков начал расплавляться.

В результате проведенных исследований был разработан бесфлюсовый способ выплавки стали в тиглях. При этом в качестве шихты служили обсеки железные, а не стальные. «Закладываемое в горшки железо составляет особенность способа, ибо в Англии сплавляют не железо, а цементованную сталь», — писал Аносов, сравнивая свой способ с применявшимся в Англии и других странах. Эти оба способа, конечно, различались весьма значительно как металлургические процессы. Приготовление литой стали из цементованного железа по существу сводилось к простой переплавке предварительно науглероженного металла с целью придания ему однородности и удаления излишних загрязнений. Реакции науглероживания и обезуглероживания в этом случае играли незначительную роль. Между тем в бесфлюсовом способе Аносова обязательно шла интенсивная реакция науглероживания железа в тигле, а также удалялось излишнее загрязнение.

Внешне способ бесфлюсового приготовления литой стали в тигле выглядел весьма просто. Аносов образно сравнивал выполняемые при этом операции с манипуляциями, производимыми с простым ящиком: «Для получения литой стали плавильный горшок с крышею есть просто отпираемый ящик. Стоит только знать, когда это открыть и когда закрыть. Цементование железа, находящегося в горшке, совершается точно так же, как в ящике с угольным порошком, токмо тем скорее, чем выше температура» [1].

Применение бесфлюсового способа облегчало получение более мягкой стали, так как степень науглероживания легко регулировалась сталеваром длительностью нагрева тигля без крышки. Аносов указывал также и на то, что полученная бесфлюсовым способом сталь мягче в ковке, реже получает трещины при калке, чище в полировке [2]. Что же касается узоров, то новый способ выплавки уменьшил их проявление и делал сталь более однородной.

Златоустовская литая сталь имела несомненные преимущества по качеству перед выварной и цементной сталью «как по равномерному, так и по более тесному химическому соединению частей углерода с железом» [1]. Литая сталь, получавшаяся из обсечков выварной стали, была более высокого качества, чем из железа. Высокого качества литая сталь получалась также из тагильского железа. Аносов отметил, что литая сталь, получаемая из стальных обсечков и тагильского железа, может не уступать английской литой стали. Это заключение сделано на основании разносторонних испытаний златоустовской стали.

В департамент горных и соляных дел было отправлено из Златоуста 2 пуд. 15 фунт. литой стали [3]. Доставленные в Петербург образцы стали в брусках и листах были испытаны известными столичными мастерами на пригодность ее для выделки различных стальных изделий, в том числе и таких, как пилы [4]. Столичные мастера дали единодушный отзыв о высоких достоинствах златоустовской литой стали, отметив, что «она имеет все потребные для работы хорошие качества».

О доброкачественности златоустовской литой стали свидетельствовала также ее высокая вязкость: «Мягкая и средняя сталь столь вязка, удобно прокатывается в листы между валками» [1]. Образцы стали были подвергнуты плющению, т. е. прокатке в обыкновенных чугуновых валках, при этом прокатка протекала без каких-либо затруднений, и единственно, что потребовалось учесть, это большую твердость стали, необходимость уменьшения степени обжатия при прокатке стали по сравнению с прокаткой железа [4].

Нельзя не отметить и другие хорошие технологические свойства златоустовской стали. Она хорошо сваривалась с железом и могла с успехом применяться для из-

готовления сварных изделий с твердыми рабочими частями.

Аносов рекомендовал для кузнечной сварки литой стали с железом следующий способ. Свариваемый конец стального куска следовало нагреть докрасна и обсыпать истолченной бурой, затем немного насыпать опилок той же стали и нагревать на слабом жару до расплавления буры. То же самое рекомендовалось делать и со свариваемым концом куска железа. Затем концы свариваемых кусков железа стали нагревались до светло-красного каления, прикладывались друг к другу и быстро проковывались. Как указывал Аносов, сваренная таким образом сталь не теряла своих свойств.

### 3. Горный начальник заводов

В середине 1831 г. исследования по литой стали Аносовым были прерваны. В «Журнале опытам» после опыта № 78 дано примечание: «Другие занятия по службе остановили на время дальнейших исследований». Это было связано с назначением Аносова на крупный административный пост.

В июне 1831 г. бывший горный начальник золотославских заводов и директор Оружейной фабрики Адольф Ахте был переведен на должность берг-инспектора Пермского горного правления. Его место 26 июня 1831 г. занял Павел Петрович Аносов. Незадолго перед этим, 10 апреля 1831 г., «за отличное усердие к службе и улучшение изделий Оружейной фабрики» Аносов был произведен в обербергмейстеры 7-го класса.

У Аносова появились новые большие обязательства перед целым заводским округом, включавшим пять крупных заводов. Необходимо было укрепить расшатанную производственно-техническую базу заводов, а также расширить сырьевую базу новыми геологическими изысканиями, совершенствовать технику производства. Эта работа поглощала все время Аносова, поэтому за весь 1832 г. нет никаких записей об опытах выплавки стали. Тем не менее приготовление литой стали на Оружейной фабрике по способу Аносова продолжалось «в большом виде».

#### 4. Производство стали Аносова «в большом виде»

Описанный выше способ был в 1831 г. постепенно введен на Златоустовской оружейной фабрике «в большом виде» вместо прежнего, разработанного Аносовым же способа выплавки с флюсами. При этом Аносов руководствовался преимущественно соображениями простоты и удобства выполнения процесса.

Аносов тщательно отработал технологию приготовления литой стали и дальнейшей ее обработки в кузнечном, прокатном и термическом цехах. Для плавки использовались местные тигли, изготавливавшиеся по способу, разработанному Аносовым, из смеси огнеупорной глины и угольного порошка. Несмотря на несравненную дороговизну импортных пассауских тиглей, златоустовские имели преимущество перед ними в отношении огнестойкости. Тигли, применявшиеся для плавок «в большом виде», были емкостью по 40 фунт. железных обсечек.

На колосники тигельного горна устанавливался поддон из огнеупорной глины толщиной 1,5 вершка (67 мм), на него ставился тигель, который прикрывался железной или глиняной крышкой, засыпался крупным сухим древесным углем и прокаливался до красного каления.

В подготовленный таким образом тигель по железному желобу засыпались железные, а в некоторых случаях и стальные обсечки до полного заполнения тигля. После этого горн наполнялся древесным углем, и тигли нагревались до температуры плавления металла. При этом процесс насыщения железных обсечек углеродом регулировался с помощью крышки. После достижения надлежащего науглероживания стали тигель извлекался из горна, и металл разливался в чугунные изложницы, состоявшие из двух половинок и скрепленные обручем с клином. Изложницы внутри имели вид четырехгранника с усеченными боковыми гранями; нижний конец их был закруглен.

Аносов ввел ряд замечательных технических приемов, обеспечивающих высококачественную разливку стали. Первым важнейшим условием был предварительный нагрев изложниц перед разливкой «так, что в них растоплялось сало». Эта операция обязательна и в совре-

менной технологии разливки качественной и высококачественной стали. Вторым важнейшим условием была обмазка внутренней поверхности нагретой изложницы салом перед самой разливкой. Замечательно указание Аносова на то, что «отделяющиеся от горения сала газы предохраняют сталь от доступа воздуха». Нельзя не отметить также исключительно ценные указания о регулировании скорости разливки, центрирования струи металла в изложнице и др.

После остывания до красного каления слиток раздевался, осматривался и далее поступал на ковку. Дляковки стальной слиток нагревался в большом кузнечном горне, обслуживавшемся воздуходувной машиной. Ковка производилась под хвостовым молотом весом в 2,5 пуда.

Аносов установил режим постепенного равномерного нагрева слитка в кузнечном горне до светло-красного цвета. Слиток с этой температурой проковывался на тихом ходу до тех пор, пока он не становился вишнево-красным. Затем давался повторный нагрев, после чего ковка велась на среднем ходу. После третьего нагрева ковка продолжалась на полном ходу. Эти указания имеют важнейшее значение для технологии горячей пластической деформации слитков и в настоящее время.

Приготовление литой стали «в большом виде», т. е. для промышленных целей, на Златоустовской оружейной фабрике с 1830 г. завоевало прочное место и развивалось в дальнейшем весьма интенсивно: с февраля по май 1830 г. было выплавлено стали 7 пуд., с мая 1830 по май 1831 г. — 245, с мая 1831 по 1832 г. — 143, в 1832/33 г. — 120, в 1833/34 г. — 1650, в 1834/35 г. — 978, в 1835/1836 г. — 1438 пуд.; всего с февраля 1830 по май 1836 г. было выплавлено 4595 пуд. стали [3]. Техника производства из года в год совершенствовалась, и заводская цена стали постепенно снижалась. Если пуд литой стали в 1830 г. обходился заводу по 18 руб. 79 коп., то уже в 1830/31 г. цена снизилась до 15 руб. 65 коп., а в 1835/36 г. пуд нетянутой стали стоил 9 руб. 10,5 коп.

Несмотря на то что литая сталь была дороже сырьевой и выварной, она пользовалась особым доверием потребителей и нашла широкий спрос не только на самом Златоустовском заводе, но и на других уральских заводах, а через Нижегородскую ярмарку получила всероссийскую известность [5].



Основная масса литой стали употреблялась на Оружейной фабрике (для выделки холодного оружия, кос и инструмента) и на заводах Златоустовского округа. Мягкая сталь шла главным образом на выделку офицерского оружия, средней твердости — на тонкие инструменты, а твердая — на слесарные пилы. Мягкая и средней твердости сталь, выплавлившаяся из железных обсечек, с успехом применялась на выделку кос, рапир, слесарного и столярного инструмента, столовых ножей и т. п. Литая сталь успешно наваривалась на топоры, горные инструменты и другие наварные изделия.

Некоторое количество литой стали ежегодно направлялось на екатеринбургские и богословские заводы. Ежегодно партия литой стали отправлялась в караване из Златоуста на Нижегородскую ярмарку. За четыре года было отправлено на Нижегородскую ярмарку 207,5 пуда литой стали на сумму 2607 руб. 87,75 коп. Эта сталь была продана за 3988 руб. 60,25 коп., в среднем по 19 руб. 19,6 коп. за пуд, а самому заводу эта сталь обошлась с проковкой на сорт по 12 руб. 56,8 коп. за пуд. Таким образом, завод получил на ярмарке за литейную сталь более 50% прибыли [6]. Необычно высокая продажная цена златоустовской литой стали свидетельствовала о ее высоком качестве.

Аносов хотел дать отечественной промышленности простой способ приготовления качественной литой стали. Он хорошо понимал, что дальнейшее развитие промышленности, сельского хозяйства, культуры в России невозможно без массового производства добротной стали. Он обобщил опыт выплавки стали на Златоустовском заводе и дал подробное описание его в своем труде «О приготовлении литой стали» [1]. В том же 1837 г. статья была переведена на французский язык и опубликована в периодическом сборнике [7]. В этой статье Аносов подробно описал устройство плавильных печей, приготовление огнеупорных плавильных горшков — тиглей, необходимые при плавке инструменты, технологию плавки, технологию разлива стали в изложницы, остывания слитков, технологиюковки слитков в бруски и затем брусков в полосы. Все это изложено достаточно ясно, чтобы любой железодельный завод с успехом мог организовать по этим указаниям выплавку тигельной стали.

## 5. Пушки из литой стали

Проводя опыты по изысканию способов приготовления булатов, Аносов продолжал на Оружейной фабрике развитие производства литой стали «в большом виде». К 1835 г. им были достигнуты настолько значительные успехи, что он сумел отлить стальные пушки. В «Ведомости» о количестве приготовленной с 1830 по 1836 г. литой стали указывается, что в числе других сортов литой стали была «сталь, литая в пушках» общим весом 40 пуд. 30 фунт., т. е. 667 кг [3].

Судя по записи в «Ведомости», Аносовым было отливо несколько пушек малого размера. На это указывают следующие факты. Во-первых, работа сталеваров была организована таким образом, что артель из мастера, двух подмастерьев и двух работников вела плавку одновременно в нескольких тиглях. Это позволяло артели из пяти работников готовить до 9 пуд. литой стали в день. На это шло 9,5 пуд. железных и стальных обсечков и до 8 коробов угля [2]. Во-вторых, в 1857 г. известный металлург П. М. Обухов, внося предложение организовать приготовление пушек из литой стали, дал также количественные сведения [8]. Сталь для пушек должна была выплавляться в крупных тиглях, емкостью 15—20 пуд. каждый. Для отливки «шестифунтовой пушки» нужно было приготовить сталь одновременно в двух таких тиглях и слить в одну форму. Следовательно, стальная отливка шестифунтовой пушки весила около 40 пуд. Чтобы получить такую отливку, Аносову нужно было приготовить сталь одновременно не менее чем в 40 тиглях, а для этого нужно было иметь не менее 40 тигельных горнов. Такого количества горнов на Златоустовском заводе не было. Судя по материалам статьи Аносова «О приготовлении литой стали», в 1837 г. корпус литой стали на Оружейной фабрике имел восемь тигельных печей. Следовательно, Аносов мог одновременно выплавить 8 пуд. стали в восьми тиглях, считая по одному пуду на каждый тигель. По-видимому, были отлиты пушки малого размера общим весом 40 пуд. 30 фунт. стали. Стальные пушки были сделаны в виде отливок и до мая 1836 г. не подвергались ковке. Об этом можно судить по тому, что в «Ведомости» была показана «сталь, литая в пушках» по той же цене, как

и «нётянутая» — по 9 руб. 10,5 коп. за пуд. Кованая же, или тянутая, литая сталь оценивалась по 14—15 руб. за пуд [3].

Пушки числились на балансе Оружейной фабрики по состоянию на 1 мая 1836 г., дальнейшая судьба их пока точно не установлена. Но независимо от результатов испытания первых литых стальных пушек замечательно то, что Аносову удалось получить такие крупные стальные отливки. Это были первые в мире литые стальные пушки. Других сведений о таких стальных отливках в тот период в мировой литературе не встречается.

Грандиозность достижений Аносова вырисовывается особенно ярко, если сопоставить применявшиеся технические средства для приготовления стали и размер полученной отливки — стальной пушки. Судя по опытам, Аносов должен был обеспечить приготовление стали одновременно в нескольких тиглях. Для этого нужно было организовать массовое приготовление литой стали, причем сталь должна была быть готова почти одновременно во всех тиглях и сливаться из тиглей в форму последовательно, конвейерным порядком. Здесь должна была быть достигнута исключительная четкость в организации одновременной выплавки и разливки однородной массы стали в нескольких тигельных горнах. Если учесть примитивность технических средств того периода, проведенная Аносовым операция действительно грандиозна. К сожалению, были какие-то обстоятельства, помешавшие Аносову довести изготовление стальных литых пушек до конечного результата. Возможно, что не было достаточных технических средств дляковки и механической обработки таких изделий.

В конце 1837 г. Аносов подал рапорт на имя главного начальника горных заводов Урала, в котором просил разрешить ему учредить в Златоусте отливку и отделку чугунных орудий.

Свое предложение он мотивировал наличием в Златоустовском районе богатых залежей железных руд, по своему качеству вполне подходящих для приготовления надлежащего литейного чугуна. В подкрепление выдвигался еще и тот довод, что завод имеет достаточно высокую культуру металлургии железа, стали, чугуна и готов приступить немедленно к опытной отливке пушек. Это предложение Аносова было поддержано начальни-

ком уральских горных заводов, но отвергнуто министром финансов Канкриним.

Опыт Аносова показал полную возможность использования литой стали для выделки крупных изделий даже в таких условиях приготовления ее, когда размер изделия в десятки раз превосходит количество выплавленной в одном тигле стали. Этот опыт Аносова, ставший достоянием всей металлургии мира благодаря публикации в «Горном журнале» и в «Annaire du Journal», несомненно, дал толчок к дальнейшей разработке техники изготовления крупных изделий из литой стали и в первую очередь такого важнейшего оружия, как пушки. Через полтора десятка лет после отливки стальных пушек в Златоусте появились пушки из литой стали на немецком заводе Круппа.

Способ массового приготовления литой тигельной стали получил дальнейшее развитие на Златоустовском заводе в 1850-х годах. Под руководством известного металлурга П. М. Обухова была построена Князе-Михайловская сталепушечная фабрика. Аносовская школа замечательных мастеров сталелитейного дела сыграла в этом важнейшую роль. В дальнейшем, когда в Петербурге начал действовать Обуховский сталепушечный завод, П. М. Обухов перевел туда из Златоуста большую группу прекрасных мастеров-сталеваров. Это обеспечило быстрое налаживание производства высококачественной литой стали на новом заводе. По отзыву Д. К. Чернова, сталь варилась на Обуховском заводе действительно первоклассная [9]. Сталевары аносовской школы были переведены также и на другой сталепушечный завод, построенный на Каме, в Перми, одновременно с петербургским.

Таким образом, выдающаяся аносовская школа сталеварения получила свое продолжение и развитие прежде всего в крупнейших сталелитейных центрах России середины XIX в., распространяя отсюда свое влияние на другие заводы.

## 6. Опыты кристаллования стали

С переходом на бесфлюсовый метод выплавки стали заметно изменилось ее строение, узоры на поверхности перестали наблюдаться или же оказывались настолько

мелкими, что их удавалось обнаружить только при помощи микроскопа. Следовательно, потерялся один из характерных признаков булата. Но Аносов не оставлял намерения создать булат подобный восточному, а это означало получить высокого достоинства сталь с ясно выраженным макроскопическим строением в виде крупных узоров на травленой поверхности.

Наблюдения самого Аносова, а также французского металлурга Бреана и других показывали укрупнение узоров на литой стали в случае медленного охлаждения ее после расплавления. Аносов решил проверить опытным путем возможность получения крупнокристаллического строения, а вместе с тем и крупных узоров на травленной поверхности путем медленного охлаждения расплавленной стали в тигле с печью. Это были первые опыты Аносова по получению булатов. Проведенные исследования медленно охлажденной стали позволили Аносову установить, «что сталь, медленно охлажденная в тигле, имеет склонность к кристаллованию и образованию узоров, но что узоры ее весьма мелки в сравнении с булатными» [2]. Следовательно, данный метод не дал Аносову удовлетворительных результатов, хотя и подтвердил возможность использования медленного охлаждения как одного из средств, помогающих получению крупнокристаллической макроструктуры. Сравнивая разные методы выплавки стали, Аносов нашел более явные узоры на стали, получаемой с добавкой флюса и окислы, по сравнению со сталью, получаемой бесфлюсовым способом.

Тщательное исследование структуры стальных слитков доковки и полученных кованцев послековки позволило Аносову установить еще одно весьма важное явление, сопровождающее ковку стали. Оказалось, что на отдельных сплавах послековки узоры обнаруживаются только в некоторых местах поковки или же исчезают совершенно. Это глубокое структурное изменение стали при ковке Аносов отнес преимущественно на счет температуры нагрева под ковку.

Путем медленного охлаждения стали в тигле Аносову удалось добиться некоторого увеличения узоров по сравнению с тем, какие получались в обычном стальном слитке. Но все же эти узоры были весьма мелки в сравнении с булатными. С другой стороны, они имели

сходство с булатными и отличались от узоров, получаемых под влиянием присадки в сталь специальных элементов. Если в первом случае узоры могут появляться и исчезать в зависимости от условий выплавки и обработки стали, то «узоры, происходящие от посторонних металлов, не уничтожаются ни от выливки стали в форму, ни отковки» — таково весьма важное и совершенно правильное заключение Аносова. Специальные элементы придают узору устойчивость, диффузионное выравнивание концентрации специальных элементов в осях и междуосных объемах дендритов, как известно, протекает намного медленнее, чем углерода.

Подводя итоги трехлетним исследованиям способов получения литой стали, Аносов пришел к твердому убеждению, что «булат есть не смесь стали с каким-либо металлом, но смещение железа с углеродом, подобное стали, и что причины образования крупных узоров надлежит ближе всего искать в способе соединения железа с углеродом». Это заключение было сделано в результате всестороннего и глубокого анализа состава, структуры и свойств образцов восточных булатов и многочисленных образцов литой стали, полученных разнообразными способами.

## 7. Отжиг литой стали

При изыскании способов улучшения качества литой стали П. П. Аносов обратил внимание на значительное изменение строения и свойств стали под действием отжига. В связи с этим он провел большие исследования отжига стали и железа.

Отжиг возник, по-видимому, из практики охлаждения в горне, в горячих углях, откованных кусков металла. Повседневные наблюдения кузнеца показывали более значительное умягчение стали при охлаждении откованных кусков в горне вместе с раскаленными углями, нежели при охлаждении на воздухе. Отсюда могла развиться практика целевого медленного охлаждения для умягчения стали, и по мере накопления опыта выработалась целевая операция нагрева и медленного охлаждения, которая в конечном счете выделилась в самостоятельную операцию термической обработки стали — отжиг.

В начале XIX в. отжиг был известен в виде самостоятельной операции, применявшейся для умягчения стали или понижения ее твердости. Охлаждение обычно производилось с печью и проходило медленно. Что касается температуры нагрева при отжиге, никаких научных предпосылок для ее назначения в то время не было, и она устанавливалась по цветам каления. На значение рациональной температуры отжига в соответствии с составом стали оказалось возможным только после выдающегося открытия полиморфизма железа и критических точек стали Д. К. Черновым в 1868 г. [10].

В своем труде «О булатах» [2] Аносов опубликовал интересные исследования по отжигу железа и стали, ставшие ценным вкладом в теорию и технологию термической обработки. Его внимание привлекло прежде всего значительное влияние отжига на ковкость обычной стали и булата. Ковкость булата, вообще говоря, заметно лучше, нежели обычной литой стали, полученной из кричного железа, или кричной стали, или цементованного железа. Благодаря своей высокой чистоте в отношении примесей и инородных включений булат обладал хорошей ковкостью даже при содержании углерода выше 1,5%. Обычная же литая сталь при таком высоком содержании углерода теряла пластические свойства и становилась нековкой. Здесь сказывалось влияние примесей и инородных включений, имевшихся в избытке в обычной литой стали.

Аносов пишет, что путем отжига удавалось придать литой стали «и более ковкости и более мягкости в обработке, не изменяя видимым образом твердости по закалке». Отсюда вытекала необходимость разработки процесса отжига для твердой литой стали, чтобы путем отжига сделать ее такой же ковкой, как и твердый булат, с аналогичным высоким содержанием углерода, как, например, кара-хорасан.

С другой стороны внимание Аносова было сосредоточено на структурных изменениях, происходящих в стали при отжиге. Подвергнутая отжигу обычная литая сталь может быть обращена в булат, заключил Аносов и решил немедленно проверить свою идею опытом. В чугунный ящик, поставленный в калильную печь, были заложены куски литой стали. Ящик накрыли железным листом, а сверху насыпали просеянный мелкий песок с

глиной. После трех суток прокаливания образцы стали извлекли из ящика и подвергли макроскопическому исследованию. На полированной поверхности всех образцов выявились узоры, причем на кусках твердой, т. е. высокоуглеродистой, стали узоры оказались крупнее, а на мягких сортах, т. е. малоуглеродистых, они были мельче. Как указывает Аносов, печь нагревалась до светло-красного каления, т. е. примерно до 850—900°, а чугунный ящик прокаливался докрасна, т. е. примерно до 800°. Аносов вообще придерживался пониженных температур как при ковке, так и при термической обработке.

Исследование отжига проводилось на твердых и мягких сортах стали. Особо трудным, конечно, являлось проведение отжига твердых, т. е. заэвтектодных, сортов стали, в этом случае нужно было достигнуть умягчения стали и одновременно подготовить структуру ее к сложной термической обработке — закалке и отпуску. Эти сорта стали представляли для Аносова наибольший интерес, так как они давали и по свойствам, и по внешнему виду наиболее удовлетворительные результаты с точки зрения поставленной задачи.

Предположения Аносова об определенном изменении строения и свойств стали при отжиге полностью оправдались. Вместе со структурными изменениями при отжиге происходят и существенные изменения свойств: «Образцы оказались мягче прежнего в ковке, столь же тверды при закалке и стойчее прежнего на зубилах» [2]. На высокоуглеродистой стали после отжига в закрытом чугунном ящике появились признаки булата: она приобрела хорошую ковкость и узорчатость. Первые опыты отжига дали обнадеживающие результаты, и поэтому Аносов решил провести опыты в большом масштабе. Для производства отжига стали в заводском масштабе была сконструирована и построена специальная отжигательная печь. Это была камерная дровяная печь хорошей конструкции, в ней обеспечивалось всестороннее омывание горячими газами чугунного ящика с заложенными в него для отжига кусками стали. Печь была сложена из обыкновенного кирпича, а пролеты, как наиболее подверженные действию жара, — из белых глиняных кирпичей. Стальные куски отжигались в чугунном ящике вместимостью 40 пуд., т. е. около 670 кг. Ящик был толстостенным, вес его составлял 20 пуд., т. е. 320 кг. Для



обеспечения хорошей герметичности был проведен ряд опытов с применением различных способов упаковки ящика. Эти опыты представляют самостоятельный интерес.

Печь, а вместе с ней и ящик нагревались медленно, на третий день ящик прокаливался докрасна, а печь — до светло-красного каления. После этого продолжалось прокаливание при достигнутой температуре от 3 до 9 суток, смотря по твердости заложеной стали.

Первые опыты были не вполне удачными: не была достигнута необходимая герметичность упаковки кусков стали в чугунном ящике. В одних случаях происходило обезуглероживание, в других, наоборот, науглероживание. Аносов обстоятельно проанализировал все отклонения от нормального процесса, дал правильное объяснение и установил рациональный режим отжига, обеспечивающий получение заданного строения и свойств.

Аносов видел в отжиге способ, с помощью которого можно вызвать глубокие внутренние изменения в стали, между тем как английские мастера «недовольно обращали внимание на изменения в стали при различных условиях отжигания, а приписывали улучшение ее более влиянию посторонних тел, при отжигании обыкновенно примешиваемых» [2, стр. 55].

Дело в том, что отжиг обычно проводился в защитной упаковке, чтобы предотвратить обезуглероживание поверхности стали и тем самым не допустить ее порчи. Защитная среда по составу выбиралась активной, способной насыщать поверхность стали углеродом, азотом и другими элементами. Вот это обстоятельство оказывалось в центре внимания металлургов, описывавших процесс отжига, а что касается внутренних превращений, то они или выпадали совсем из поля зрения, или им придавалось мало значения. Особая ценность исследований Аносова в том и заключается, что он обратил внимание именно на внутренние превращения стали при отжиге, изолировав ее от внешнего воздействия химически активной среды. Правоту своих взглядов Аносов доказал оригинальными исследованиями.

Для упаковки отжигаемых изделий он выбрал чугунный ящик, надеясь, очевидно, на создание безоxygenной атмосферы внутри ящика за счет углерода чугуна. Чтобы защитить отжигаемые куски стали от окисля-

ющего действия печных газов, он применил несколько способов изоляции путем обмазки и засыпки разными веществами зазоров в крышке чугунного ящика.

Сначала он засыпал сверху уложенные в чугунный ящик куски стали обыкновенным речным песком. После отжига в такой упаковке поверхностный слой стальных кусков терял первоначальную твердость, и на изломе бруски показывали зернистую оболочку. Значит, происходило обезуглероживание поверхности стали с образованием крупных зерен феррита и соответственным снижением твердости. По наблюдениям Аносова, при нагреве стали в данной упаковке происходило не только обезуглероживание, но иногда и значительное окисление поверхности стали, о чем свидетельствовал слой окалина на поверхности кусков стали в чугунном ящике. Такие результаты получались чаще всего, когда в чугунном ящике образовывались трещины и засасывался внутрь ящика воздух. Обыкновенный речной песок оказался недостаточно плотной средой для изоляции во время отжига сложенных в чугунном ящике кусков стали от печной атмосферы и защиты их от окисления.

Аносов испытал другой способ упаковки. Чугунный ящик накрывался двумя железными листами, края плотно замазывались глиной, затем на листы насыпался просеянный песок наравне с краями ящика. Такая упаковка лучше защищала от обезуглероживания, но не вполне удовлетворила Аносова. К песку была добавлена зола для большей герметичности затвора ящика, и это оказало резкое влияние на свойства стали: «...полученные бруски стали при закалке получали трещины, между тем как в неотожженной стали этого порока не было». Аносов приписал появление хрупкости стали действию поташа, заключавшегося в золе.

После ряда опытов с различными способами упаковки было найдено, что «обмазка железных листов или чугунных досок белой глиною, засыпка ее глинистым песком и частое промешивание одного во время хода печи» служит удовлетворительным средством для защиты от обезуглероживания. Поверхность стальных брусков получалась чистой, без малейших следов окалины, излом ровный, металл вязкий.

Приведенными опытами Аносов показал возможное изменение свойств стали под действием атмосферы и, с

другой стороны, наличие внутренних изменений в стали независимо от действия внешней среды.

Внутренние структурные изменения, вызываемые отжигом, влекут за собой и изменения свойств стали. «Существенная разность в свойствах отожженной и неотожженной стали, как замечено было выше, заключается в том, что первая удобнее куется, мягче в опиловке, менее повреждается в закалке и стойчее после оной». Эти указания Аносова являются ценнейшими и до сих пор служат для определения целей отжига.

Итак, по Аносову, отжигом достигаются следующие цели: 1) повышение пластических свойств, улучшение ковкости стали; 2) понижение твердости и улучшение обрабатываемости резанием; 3) подготовка структуры стали к закалке, лучшая закаливаемость и меньшая повреждаемость при закалке; 4) повышение стойкости закаленных изделий в работе. К этому следует добавить еще одну цель, которая нередко ставится при проведении отжига стали,— снятие внутренних напряжений в стальных поковках, отливках и пр.

Аносову хорошо было известно влияние температуры отжига на строение и свойства стали. Он подчеркивал особо вредное влияние на качество и свойства стали и перегрева и пережога, так как при этом «легко может встретиться, что одна какая-либо часть изделия подвергнута излишнему жару и тем лишена связи в частях». По этим соображениям Аносов придерживался пониженных температур как при ковке, так и при термической обработке.

Исследуя влияние длительности отжига, Аносов нашел, что чем продолжительнее отжигание, тем сталь становится мягче, хотя бы приняты были все меры к закрытию ящика [2]. Процесс структурных изменений протекает во времени, и, следовательно, чтобы достигнуть более полного изменения в строении, например, твердой, т. е. высокоуглеродистой, стали, необходимо проводить более длительный отжиг. Это объясняет причину, почему для отжигания твердой стали употребляется более времени, нежели для мягкой.

Весьма интересны исследования Аносова о зависимости величины зерна стали от ее чистоты и качества. Чем лучше сталь, тем скорее она приобретает крупнозернистое сложение или тем удобнее кристаллизуется,—

сформулировал Аносов один из важных выводов своих исследований процесса отжига [1]. Понятие «лучшая сталь» является довольно широким, оно включает прежде всего качество стали, т. е. чистоту в отношении инородных включений, химическую однородность, структурную однородность и т. п.

Многочисленные исследования, проведенные вплоть до последнего времени, неизменно подтверждали изложенную выше закономерность, установленную Аносовым. «Опыт показал, что железо всех изменений по излому, как, например, жильное, мелкозернистое и ставчатое, после отжигания получает однородную крупнозернистую сыпь или приобретает излом, наиболее уважаемый в железе». Приведенное высказывание свидетельствует о том, что отжиг железа непременно сопровождался изменением структуры.

Таким образом, исследования Аносова дали ценнейшие сведения о структурных изменениях железа и стали при отжиге и о влиянии последнего на свойства металла. Кроме того, им была разработана рациональная технология процесса и конструкция печи для массовой обработки металла.

## **8. Исследование и разработка новых способов закалки стали**

Зарождение процесса закалки уходит к тем временам, когда человек только осваивал металлургию железа. Особый сорт ковкого продукта, получивший позднее название стали, начал выделяться из общей массы изготовлявшегося древней металлургией технического железа именно тем, что он оказался способным закаливаться, т. е. приобретать высокую твердость и прочность при быстром охлаждении, например при замочке в воде.

Таким образом, на заре металлургии железа начали складываться признаки стали, а вместе с этим начал накапливаться опыт закалки. Важнейшими признаками этого железоуглеродистого сплава оказались технологические: способность коваться и закаливаться.

Термическая обработка стали долгое время сопровождалась таинственными ритуалами, заклинаниями и

т. п., пока не была поставлена на прочные научные основы выдающимися открытиями Д. К. Чернова [10].

Не зная химического состава стали и не зная процессов, происходящих при термической обработке стали, древние металлурги приписывали изменения свойств стали действию охладителей, и в связи с этим появлялись самые причудливые охладители. При обработке же таких важных изделий, как мечи, сабли, пики, нередко прибегали к диким, суеверным и жестоким приемам закалки. В Дамаске сабельные клинки нагревались до цвета восходящего солнца и закаливались в крови убиваемого нубийского раба [12].

К XVIII в. накопился уже значительный опыт закалки, для улучшения свойств стальных изделий применялись разнообразные методы выполнения операции. Интересный материал о применявшихся тогда способах закалки оставил Иван Шлаттер [13]. Он указал: «Что до каления стали касается, то она происходит от скорого застужения, причем примечать надобно: 1) на разные степени жара, которые сталь до своего застужения имеет; 2) да и материи, в которую его застудить можно». По двум важнейшим элементам операции закалки приводятся ценнейшие рецептурные сведения, в большинстве случаев разумные и вполне объяснимые с точки зрения современных научных представлений о термической обработке стали. Однако наряду с ними в качестве охладителей рекомендовались и такие природные дарования, как майская роса, репный сок и др. [13]. Заслуживает здесь быть отмеченным особо применение в XVIII в. закалки в горячих средах, в расплавленных металлах: свинце, олове, висмуте, сурьме. Оказывается, история ступенчатой и изотермической закалки уходит в глубь веков.

Большой вклад в обобщение опыта закалки и создание учения о термической обработке стали внес Аносов. Он выполнил ценнейшие исследования по закалке стали, охватывающие все основные элементы этого процесса. Он подчеркивал, что сколь ни кажется эта работа простой с первого взгляда, но она есть одна из главных работ, имеющих влияние на достоинство клинков [22]. Качество стальных изделий в решающей мере определяется тщательностью выполнения операций термической обработки.

Уже в начале своей работы на Оружейной фабрике он разработал и применил оригинальный способ закалки различных стальных изделий «в сгущенном воздухе», получаемом при помощи изобретенных им цилиндрических мехов [14, 15]. Применение этого способа в производстве оказалось весьма успешным для закалки многих изделий. В результате проведенных разносторонних исследований Аносов показал зависимость степени закалки от ряда важнейших факторов. Во-первых, степень закалки зависит от содержания углерода в стали: чем сталь тверже, тем она сильнее закаливается. Во-вторых, она зависит от температуры нагрева. Аносов пользовался для оценки степени нагрева стали цветами каления, других методов измерения высоких температур в то время не было. Пользуясь оттенками цветов каления, он довольно строго установил температурный режим закалки высокоуглеродистых и среднеуглеродистых сортов стали. В-третьих, она зависит от скорости охлаждения, от природы, количества и температуры охладителя. Аносов подошел к рассмотрению действия закалочных средств с точки зрения физических законов и установил важные закономерности по охладительному действию различных сред. При оценке охладителей и рассмотрении процесса закалки Аносов считал важнейшим элементом скорость охлаждения и интенсивность закалки связывал со скоростью охлаждения. Как явствует из указаний Аносова в разных местах его сочинений, в XIX столетии закалка стальных изделий преимущественно производилась в воде. Описывая способы закалки булатного холодного оружия и инструментов, Аносов заметил: «Некоторые булатные инструменты и бритвы закаливаются в воде, подобно стальным» [2].

Вода — наиболее доступный, дешевый и часто применявшийся охладитель. В ней закаливались изделия не только из среднеуглеродистой стали, но и из высокоуглеродистой. Охлаждающие свойства ее были хорошо известны по многовековому опыту мастеров.

Однако вода как охладитель при закалке имеет некоторые недостатки, ограничивающие ее применение. Во-первых, охладительная способность ее существенно меняется с температурой, и чтобы сохранить постоянную скорость охлаждения стального изделия, необходимо держать температуру воды в узких пределах. Во-вторых,

вода дает интенсивное охлаждение стали от закалочной температуры примерно до  $100^{\circ}$ , и в силу этого структурные превращения при закалке совершаются в условиях крутого понижения температуры с наложением быстро возрастающих структурных напряжений на тепловые напряжения.

Указанные недостатки менее присущи минеральным маслам, растительным маслам, мазуту, животным жирам и т. п. Они допускают колебания температуры в значительном интервале, сохраняя на одинаковом уровне охлаждающее действие. При повышении температуры, естественно, убывает охлаждающее действие жидкости. Но в данном случае усиливается другой фактор, действующий в обратном направлении,— изменяется вязкость и подвижность масла, что оказывает значительное влияние на теплообмен между маслом и закаливаемой сталью. На это обратил внимание П. П. Аносов, который дал объяснение различному поведению воды и масла. В своем сочинении «О булатах» он писал: «Булаты не очень твердые закаливаются, смотря по роду и назначению изделий, или в сале, или в воде, а самые твердые из них преимущественно в сале» [2]. Твердые булаты представляют собой высокоуглеродистую сталь с содержанием более 1% углерода, закалка в воде могла повлечь растрескивание, поэтому предпочитался умеренный охладитель — горячее сало. Произведя опыты закалки в сале, Аносов сделал весьма важные наблюдения: «Оружие всякого рода достаточно закаливать в сале, предварительно нагретом почти до точки кипения, ибо дознано из опытов, что в горячем сале закалка бывает тверже; в сем случае сало, имея более жидкости и скорее обращаясь около погруженной в него накаленной вещи, скорее ее охлаждает».

Как всегда, тонкая наблюдательность Аносова вскрыла физическую сторону явления. Оказывается, не все охладители ведут себя подобно воде. Сало закаливает тем энергичнее, чем выше оно нагрето, т. е. ведет себя противоположно воде. Аносов не просто констатировал этот факт, а дал объяснение физической сущности явления: с повышением температуры вязкость сала понижается, оно становится более подвижным, быстрее омывает охлаждаемое изделие, быстрее отнимает от него тепло и тем самым обеспечивает более энергичную закалку.

Охлаждающая способность растительных масел, минеральных масел, мазута, животных жиров сохраняется примерно на одинаковом уровне в пределах температуры от 20 до 80° С.

Аносов в своих исследованиях изучил зависимость механических свойств стали от режима закалки, показав возможность устранения хрупкости и достижения хорошей вязкости при сохранении высокой твердости. Исследования Аносова углубили представления о явлениях, происходящих при закалке, обогатили опыт и знания, дали новые положения для создания теории термической обработки стали.

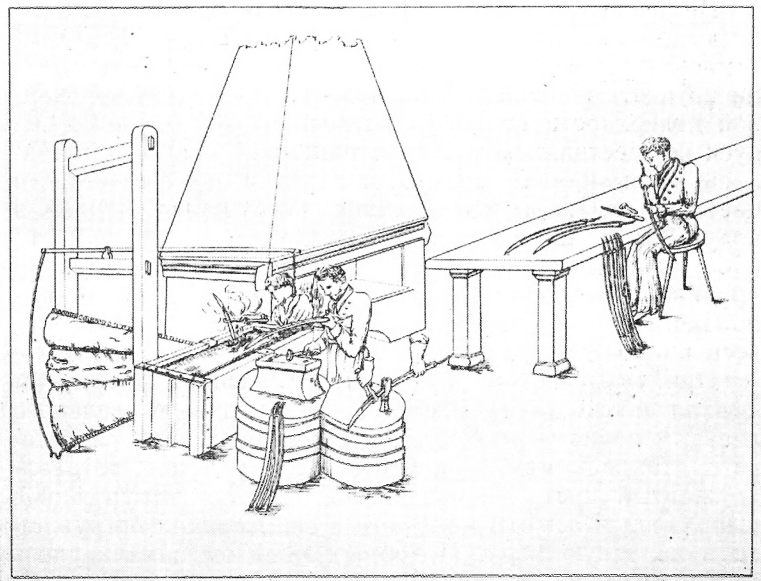
Аносов обстоятельно разработал технологию закалки и отпуска клинков и требовал тщательного выполнения всех элементов технологии, так как «калка клинков, сколь ни кажется простою при первом взгляде, есть одна из важнейших работ на фабрике: неумеренный нагрев, неосторожная закалка, слабый или слишком большой отпуск могут сделать клинок негодным из самой лучшей стали, хотя бы до закалки не было на нем никаких пороков» [2].

Практически закалка клинков на Оружейной фабрике осуществлялась в термическом цехе, общий вид которого показан на рис. 11. Цех был оборудован кузнечным горном для нагрева клинков под закалку и под отпуск. Дутье подавалось в горн ручными клинчатыми мехами, приводившимися в действие работником. Левее горна помещался бак с проточной водой, где охлаждались нагретые клинки при закалке и после отпуска.

Рядом с закалочным баком располагались два деревянных стула, окованных железными обручами. На одном стуле, ближнем к закалочному баку, устанавливалась наковальня для правки клинков, а на другом — правило в виде двурогой вилки. За кузнечным горном с правой стороны был стол, на котором проводился контрольный осмотр закаленных клинков.

Закалка и отпуск клинков производились различно в зависимости от технических требований к ним. Одни клинки, например саперных ножей, испытывались на рубку железа, и лезвие их должно было сохраняться при ударе о железо. Другие клинки не испытывались по железу, лезвие их могло не выдерживать удары по железу. При столь большой разнице технических требований к





*Рис. 11. Цех для закалки клинков [23]*

клинкам естественно была различна и термическая обработка их.

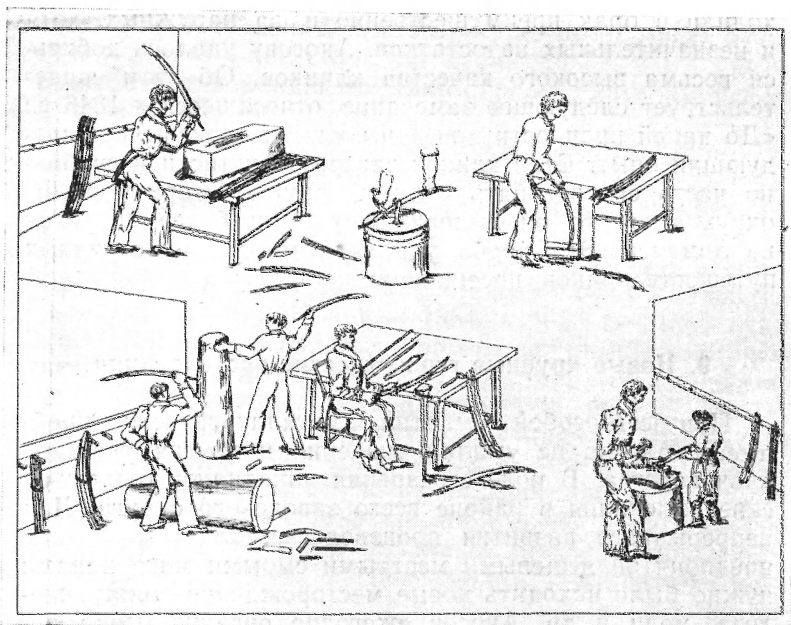
Закалка клинков представляла собой сложную операцию и требовала тонкого искусства мастера. Равномерный нагрев всего клинка до температуры закалки в весьма неравномерном пламени горна, затем мгновенное обволакивание угольной пылью тонкого лезвия и резкое охлаждение в проточной воде всего клинка — все это требовало большого опыта и сноровки. Надо было иметь хорошую сноровку, чтобы тонкий клинок не погнуло в дугу при охлаждении в воде. Стоило повести клинок хотя бы немного на одну сторону, как он немедленно изгибался в дугу. Охлаждение при закалке клинков происходит очень быстро, и в распоряжении мастера во время закалки бывают секунды. Умелые калильщики так ловко покачивали клинок в воде, что придавали ему строго правильную форму и сдавали почти без правки.

Не менее сложную операцию представлял собой отпуск клинков после закалки. Приборов для контроля температуры отпуска не было. О степени отпуска судили по цветам побежалости, возникавшим на шлифованной поверхности во время нагрева от 200 до 400°С. Отпуск осуществлялся в четыре приема. Сначала нагревалась часть клинка со стороны ручки до фиолетового цвета и охлаждалась — клинок погружался ручкой в воду. Затем нагревалась также до фиолетового цвета побежалости средняя часть клинка и выправлялась на правиле. Далее нагревался конец клинка и также выправлялся на правиле. После этого нагревался немного весь клинок, выправлялся на наковальне по лекалу.

При термической обработке сабельных клинков им давали после закалки отпуск: у ручки — до зеленого цвета, у конца — до синего, а в середине — до фиолетового, стараясь, чтобы на месте удара у лезвия оставался желтый цвет. Клинок, таким образом отпущенный, выправлялся острым молотком и еще горячий погружался в холодную воду. Подобным образом закаливалось всякое булатное оружие [2].

Сложный отпуск обеспечивал высокую твердость лезвия в месте удара и высокую вязкость у ручки, где создается большой изгибающий момент. При таком неоднородном отпуске по длине клинка упругие свойства получаются разными и не наиболее высокими. «Но ежели хотят вместо наибольшей стойкости придать оружию наибольшую упругость, то в таком случае отпуск делается ровный как в середине, так и в конце клинка, синего цвета». Эти положения Аносова являются основополагающими для установления режимов термической обработки с целью получения определенных свойств.

Саперные ножи, от которых требовалась надлежащая стойкость при ударе по железу, закаливались и отпускались иначе, чем клинки. Клинок саперного ножа, нагретый докрасна, опускался прямо в воду без предварительного погружения в сырой мусор. Этим обеспечивалась более резкая закалка лезвия и, следовательно, более высокая его твердость. Отпуск производился «несколько раз сряду повторяемыми нагревами и скорым охлаждением, пока фиолетовый цвет лезвия не переменится в буро-желтый» [16]. После закалки и отпуска клинки проходили точку и снова поступали в закалоч-



*Рис. 12. Проба оружия [23]*

ный цех: «Чтобы придать клинкам новую силу, нагревают их над пламенем до тех пор, пока они побегут синим или зеленым цветом, тогда, выправив, отпускают клинки в воду», таким образом производилось зеленение клинков. После закалки и отпуска клинки проходили контроль. Годными считались те, которые не имели видимых недостатков — плен, трещин и т. п.; обязательными были также надлежащая кривизна по лекалу, правильная форма, наличие упругости.

В 1846 г. клинки проходили двойную пробу. Первая производилась после обточки и зеленения и заключалась в трехкратном ударе плашмя о конус. Вторая проба производилась после полировки. Благодаря введенной на фабрике строгой отбраковке и усовершенствованию способов производства стали и изготовления клинков Аносову удалось снизить брак по внутренним достоинствам клинков до незначительной величины. Клинки вы-

ходили в брак преимущественно из-за наружных, хотя и незначительных недостатков. Аносову удалось добиться весьма высокого качества клинков. Об этом свидетельствует следующее замечание, относящееся к 1846 г.: «До какой прочности доведены клинки, показывает следующий опыт. Если клинок завернуть в тиски и свободную часть его загнать в ту и другую сторону на  $\frac{1}{2}$  окружности, то он выдерживает 20 и более оборотов не ломаясь. Эта проба удивляла многих иностранных путешественников, посещавших фабрику» [17].

## 9. Новые крупные геологические исследования

При всей особой симпатии к металлургическим проблемам Аносов не умалял значения и других участков производства. В поле его зрения находились геологические изыскания в районе всего заводского округа. Для непрерывного развития производства, для обеспечения предприятий дешевыми местными сырыми материалами нужно было находить новые месторождения золота, железа, меди и др. Аносов ежегодно организовывал несколько разведочных партий и нередко руководил их работой.

В 1830 г. Аносов, осматривая поселок Артинского завода, обратил внимание на фундаменты отдельных домов — они были из песчаного камня, очень похожего на точильный. Аносов организовал поиски, в результате которых у подножия горы Кашкаташ были обнаружены значительные залежи точильного камня хорошего качества. Это открытие принесло ощутимую пользу заводам и Златоустовской оружейной фабрике [18].

Добыча этого камня освободила заводы округа от ввоза точил из-за границы. Златоустовские точила вполне заменяли выписываемые до этого из Англии. Теперь клинки послековки обтачивались круглыми точильными камнями, изготавливавшимися из собственного песчаника с равномерной твердостью.

Точка клинков производилась сухим и мокрым способами. Сухой способ точки особенно культивировали солингенские мастера. Аносов дал предписание «по возможности избегать точки на сухих точилах: ибо пыль от них вредна для здоровья рабочих» [2]. Мокрый способ

имел еще и то преимущество, что не было такой опасности переотпуска стали во время точки. При сухом способе точки клинки нередко теряли твердость режущей части и остроту лезвия.

Сначала точильный камень добывался, по-видимому, в малых количествах; но начиная с 1833 г. его промысел на дачах Артинского завода стал регулярным. В «Ведомости о выплавке и выделке металлов при Златоустовском округе, по железному производству» зафиксировано, что по Артинскому заводу точил в 1833 г. было 2187 пуд., в 1834 г.— 1864, в 1835 г.— 1816 пуд.

В 1832 г. Аносов лично провел крупные геологические исследования, результаты которых опубликовал в статье «Геогностические наблюдения в округе Златоустовских заводов и в местах, прилежащих к оным» [20]. Участок, обследованный Аносовым «в геогностическом и частию техническом отношениях», простирался от заводов Златоустовского и Миасского вдоль оси главного кряжа Уральских гор. В указанной статье, являющейся капитальным трудом, сначала Аносов дал краткие сведения о наружном виде гор и предметах, к нему относящихся, а затем рассмотрел их внутренний состав. Аносов подробно описал распространение минералов формации слюдяного сланца, гранитогнейса и глинистого сланца. Большое число минералов гранитогнейсовой формации имелось почти во всех участках обследуемого района. Аносов указывал на местонахождение магнитного железняка, медной сини и зелени, графита, титанистого железа, рутила, циркона, корунда и других ценнейших ископаемых.

Аносов подробно изучил распространение минералов в обследуемом районе и признал, что по средней цепи Уральского хребта и Ильменским горам господствуют две главные формации: слюдяного сланца и гранитогнейса. В глинистосланцевой формации переходного образования тесно сливаются зеленые камни обыкновенные и порфиридные, змеевики, тальковые породы и др.

Геологические исследования позволили найти месторождения важных полезных ископаемых, уточнить области простираения известных месторождений и составить общую картину распространения тех или иных минералов в районе златоустовских заводов.

В 1834 г. Аносов сделал выдающееся открытие месторождения золота, на котором в дальнейшем был создан известный Андреевский рудник. Это месторождение лежит особняком, вдали от других. Аносов обратил внимание на «сходство пород окрестных гор с породами, находимыми в россыпях других золотых рудников». Он снарядил туда особую партию для разведки, которая быстро нашла богатый золотосодержащий пласт. Разработка этого пласта в течение первых трех лет дала до 5 пудов золота [20, стр. 434].

В 1840 г. Аносов дал указание на разработку более высоколежащих пластов. Среднее содержание золота в песках оказалось исключительно высоким: со 100 пуд. песка было намыто в среднем 11 золотников 22 доли золота. Здесь были обнаружены три крупных золотых самородка весом от 2,5 до 6,5 фунт. Позднее был найден самородок-исполин золота весом 2 пуда 7 фунт. 92 золотника, т. е. 36,018 кг [21]. В 1840 г. по указаниям Аносова был найден в этом прииске новый чрезвычайно богатый пласт золотоносных песков [22].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П. П. Аносов. О приготовлении литой стали.— Горный журнал, 1837, № 1.
2. П. П. Аносов. О булатах. СПб., 1841.
3. Ведомость о выделанном оружии и изделий при Златоустовской оружейной фабрике.— Горный журнал, 1836, № 11, стр. 464.
4. О литой стали Златоустовских заводов.— Горный журнал, 1836, № 8, стр. 445.
5. Богословский. Дело сырцової стали.— Горный журнал, 1836, № 9, стр. 573.
6. Ведомость о количестве литой стали, приготовленной с начала производства при Златоустовской оружейной фабрике с февраля 1830 года по май месяц 1836 года.— Горный журнал, 1836, № 11, стр. 468.
7. Anosof. De la fabrication de l'acier fondu.— «Annuaire du Journal des mines de Russie», Année. 1837. S.-Petersbourg, 1840, S. 191—218.
8. Родкевич. Способы выделки литой стали г. Обухова в Златоустовском заводе.— Артиллерийский журнал, 1837, № 1.
9. Д. К. Чернов. Сталелитейное дело. Лекции, читанные в дополнительном курсе Михайловской артиллерийской академии. СПб., 1898, литогр.
10. Сообщение г. Чернова: «Критический обзор статей г.г. Лаврова и Калакуцкого о стали и стальных орудиях» и собственные его исследования по этому же предмету.— Записки РТО, 1868, вып. 7 стр. 517.

11. Сообщение г. Чернова «О приготовлении стальных бронепробивающих снарядов».— Записки РТО, 1885, вып. 6, стр. 83.
12. *F. T. Sisco*.— *Modern Metallurgy for Engineer N.—Y.—Chicago*.
13. *Ив. Шлатгер*. Обстоятельное описание рудного и плавильного дела. СПб., 1765.
14. *П. П. Аносов*. Описание нового способа закалки стали в сгущенном воздухе.— Горный журнал, 1827, № 3, стр. 85.
15. *П. П. Аносов*. Об опытах закалки в сгущенном воздухе, произведенных в 1828 и 1829 годах.— Горный журнал, 1829, № 10, стр. 127.
16. Описание Златоустовской оружейной фабрики.— ЦГВИА, ф. ВВА, д. 26124, л. 3.
17. Краткое описание Златоустовской оружейной фабрики.— Горный журнал, 1846, № 1, стр. 150.
18. Геогностическое описание девятого участка дач Златоустовских.— Горный журнал, 1840, № 10, стр. 27.
19. Ведомость о выплавке и выделке металлов при Златоустовском округе, по железному производству.— Горный журнал, 1836, № 11, стр. 460.
20. *П. П. Аносов*. Геогностические наблюдения в округе златоустовских заводов и в местах, прилежащих к оным.— Горный журнал, 1834, № 1 и № 2.
21. *Озерский*. Описание золотой самородки — исполина.— Горный журнал, 1843, № 8, стр. 232.
22. Мануфактурные и горнозаводские известия, 20 декабря 1840 г., стр. 401.
23. Атлас Златоустовской оружейной фабрики, 1827 г.

### Булат — дамаск — харалуг

#### 1. Булат и дамаск

«Под словом булат каждый россиянин привык понимать металл более твердый и острый, нежели обыкновенная сталь», — так охарактеризовал булат П. П. Аносов в своем классическом труде «О булатах» [1]. Здесь подчеркнуты не внешние признаки, а природные свойства стали, которым Аносов придавал первостепенное значение. Об этой особенности булатов он писал и в других местах.

Известно, что в конце XVIII в. и в первой четверти XIX в. появилось много трактатов о булатах. Но в этих трактатах основное внимание уделялось внешним признакам и мало изучались природные свойства металла. По этому поводу Аносов писал: «Европейских булатов высокого достоинства мне видать не случалось, и все, что было об этом предмете, не заключает в себе удовлетворительных сведений, ибо ни в одном из трактатов о булате нет истинного основания — достижения совершенства в стали» [1].

Здесь мы видим отчетливо сформулированное мнение Аносова о булатах. «Совершенство стали», т. е. высокое качество, является, по мнению Аносова, «истинным основанием булатов». Эта важнейшая сторона булатов упускалась из виду в многочисленных трактатах, поэтому и трактаты теряли свою ценность, из них нельзя было почерпнуть необходимых сведений. Вопрос о качестве металла, по мнению Аносова, является коренным, определяющим при рассмотрении булатов и изыскании способов их производства. Без совершенства стали не может



быть речи о булатах. Забвение этого положения неизбежно приводит к ложным представлениям о булатах.

Булатам свойственна еще одна характерная особенность — внешний вид, рисунок, получаемый на поверхности куска стали и стального изделия после травления. Этому внешнему признаку придавалось раньше большое значение, и он считался обязательным для сорта стали, относимого к булатам. Поскольку внешний вид стали дает первое впечатление о ней, то наличие рисунка воспринималось обычно как первая характеристика стали и служило основанием для отнесения ее к булатным сортам. Отсюда возникло второе определение булата: «Булатом называется всякая сталь, имеющая узорчатую поверхность; на некоторых булатах узор виден непосредственно после полировки, а на других не прежде, как поверхность ее подвергнется действию какой-либо слабой кислоты» [1]. Последнее определение Аносов принимал условно. Он не считал возможным согласиться с дилетантским отношением к узорам, зная, что они могут иметь различное отношение к самой стали — могут вытекать из природы самой стали, но могут быть получены и простым рисованием или искусственной выделкой. «Узоры на стали могут быть весьма различны; но не всякая сталь с узорами должна быть названа булатом», — писал Аносов [1]. Для оценки свойств булата имеют значение только такие узоры, которые отражают природные свойства стали, так как только по характеру именно таких узоров можно судить о достоинствах булатов. При отсутствии же совершенства в стали Аносов не считал возможным относить ее к булату, какой бы красивый рисунок ни был нанесен на нее искусственно.

Исходя из приведенных выше определений, Аносов рассматривал булат как сталь совершенную, т. е. высококачественную, с выдающимися механическими свойствами по твердости, упругости, вязкости и с красивой узорчатой поверхностью.

Слово «булат» происходит от «пулад», означающего на персидском и азербайджанском языках сталь вообще [2, 3]. На арабском языке оно пишется как «фулад» [4]. На русском языке этим словом обозначается не всякая сталь вообще, как это имеет место на персидском и азербайджанском языках, а только такая,

которая имеет определенные признаки. Эти признаки весьма ясно описаны Аносовым в указанном выше его сочинении, они суть высокие механические свойства и красивая узорчатая поверхность.

Судя по литературным данным, в западноевропейских странах больше привился другой термин — дамасская сталь. Это название происходит от города Дамаска в Сирии, где было сильно развито производство данного сорта стали. «Дамаск — дамасская или дамасская сталь — особая сталь восточных народов, узорчатая, струится, булат, цветной булат, травчатый» [2]. Дамасская сталь аналогично булату имеет узорчатую поверхность после травления. Иногда описывают ее сокращенно — дамаск. По существу в первоначальном своем виде эта сталь представляла собой то же, что и булат, т. е. натуральную литую сталь с узорчатой поверхностью.

В дальнейшем появилась имитация дамаска — искусственный булат. Стремление получить искусственным образом сталь, подобную дамасской, привело к созданию способов выработки дамаскированной, или дамасцированной, стали, под которой понималась вообще сталь с узорчатой поверхностью. К этой категории относятся главным образом искусственные сварочные булаты. На травленной поверхности такой стали выявляется сложный узор причудливого рисунка. Относительно приготовления такой стали принято говорить: «дамаскировать сталь».

В XVI и XVII вв. дамаскированная сталь, т. е. искусственный сварочный булат, часто называлась в России как «красное железо», «красный булат», «цветной булат», «струистое железо». Булат и дамасская сталь всегда славилась, особенно у восточных народов, исключительными свойствами и красотой поверхности. В них сочетались высокая твердость с хорошей упругостью и вязкостью. На режущем инструменте и оружии они давали необычайно острое и стойкое лезвие.

Слово «булат» появилось в русском лексиконе, по видимому, в начале XVI в. вместе с булатными изделиями, привезенными из Персии [6]. Это было почти полтора века спустя после покорения Тимурленгом Сирии и увода в рабство наиболее способных ремесленников Дамаска, где выделялась знаменитая узорчатая сталь.

Термины «дамаск», «дамасская сталь», кажется, начали употребляться в России позднее.

В XII—XV вв. в России была известна другая сталь, называвшаяся харалужной, указания о которой имеются в письменных документах древней Руси [7, 8].

Придавая булату как стали высшего качества особое значение, Аносов занялся изучением разных образцов булата с целью раскрыть их секрет и создать способы их производства. Ему была предоставлена возможность изучать коллекции азиатского оружия оренбургского военного губернатора Перовского, царскосельского арсенала, вел. кн. Александра Николаевича, вел. кн. Михаила Павловича, кн. П. Д. Салтыкова, начальника штаба корпуса горных инженеров К. В. Чевкина и др. Основываясь на изучении восточных булатов, Аносов указал важнейшие наружные признаки: узор, грунт и отлив металла при косвенном падении лучей света на поверхность стали. Эти признаки он рассматривал как следствие химического состава и физических условий формирования стали.

Узор булата или дамаска представляет собой рисунок, получаемый на стали специальными приемами обработки. Раньше этот узор нередко называли обьярью или обьярью [2]. Подобный термин имеется на персидском языке — «абдар», что означает «волнистый», «струнистый». Термин «обьярь», очевидно, употребляется по аналогии.

Согласно указанию Бируни, в XI в. узор на стали назывался на персидском языке «джаухердер», отсюда «пулад джаухердер», т. е. сталь с узорами [4]. По сведениям французского путешественника Шардена это название там сохранилось до последнего времени [5].

По природе узора Аносов разделил булаты на три рода: ложные, сварочные, литые. На поверхности обыкновенной стали, да и не только стали, но и железа, можно гравировкой и травлением навести очень сложные и красивые узоры или рисунки, или даже художественные произведения. В этом случае сталь служит только материалом, на котором художник создает свое произведение, рисунок не вытекает из природных особенностей, внутренней структуры металла, он наложен искусственно. Наведение таких рисунков на поверхность

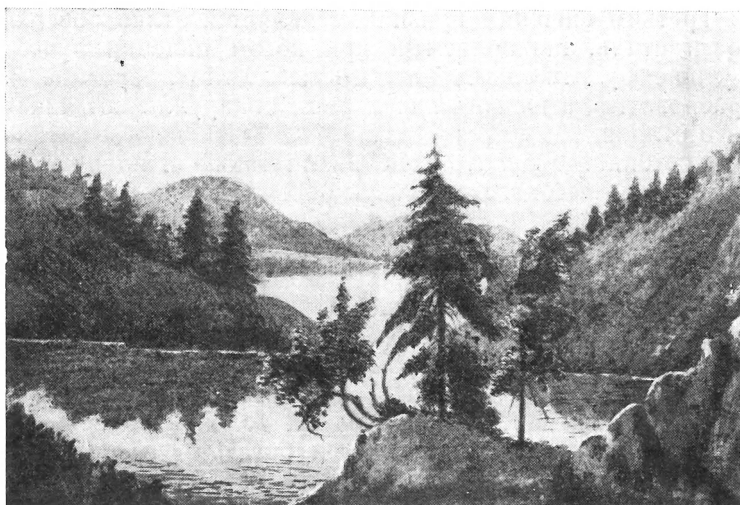
железа и стали было известно еще тысячу лет назад. И тогда знатоки железоделательного мастерства понимали отсутствие у художественно выполненных рисунков органической связи с внутренним строением металла и отличали такие рисунки от узоров, получавшихся естественным порядком, без рисовки, на определенных сортах стали. Об этом свидетельствует хорезмийский ученый XI в. Мухаммед ибн Ахмед Абу Рейхан Бируни [4].

Создание искусственных рисунков на стали и железе было весьма сильно развито на Златоустовской оружейной фабрике с самого начала ее деятельности. В отделении украшенного оружия фабрики в период деятельности Аносова работала замечательная плеяда художников Бушуевых, Бояршиновых и других, создававших на металле не только простые узоры, но и целые художественные произведения. В Златоусте до сих пор сохранились традиции художественной росписи по стали и железу.

По сообщению английского ученого Вилькинсона, в Англии в начале XIX в. целый ряд специалистов — Никольсон, Вильде и др. стремились получить булаты путем создания на поверхности стали рисунков, подобных булатным. Но их труды были безуспешными, так как они шли неправильным путем, создавая ложные, а не естественные булаты [10].

Другой вид узоров представляет собой узоры, органически связанные с природой металла, вытекающие из внутреннего строения металла. Такие узоры являются стойкими, и сколько бы раз ни повторялись шлифовка, полировка и травление, они всегда выявляются. Но и в этом случае Аносов считал необходимым различать два рода узоров, в соответствии со способами получения булатов, а именно сварочные и литые, или естественные.

Получаемый на естественных, или литых, булатах узор, как говорил Аносов, неподражаем для искусства, он не пропадает при переплавке, но при этом рисунок может измениться. Узор на литых булатах может иметь различную степень проявления и различную толщину волокон. У восточных народов было принято считать булат тем более высокого достоинства, чем более крупный и явственный узор он имел. Узор считался крупным,



*Рис. 13. Гравировка на стали. Работа художника Доброго. Златоуст, 1940 г.*

если толщина волокон его имела размеры нотных знаков; средним, когда толщина их была не более письма; мелким, когда можно было заметить его невооруженным глазом.

Вторым важным внешним признаком является грунт. Он составляет фон, над которым выступает узор. По цвету грунт бывает серый, бурый и черный с разными оттенками [1]. Обычно качество булата связывалось также и с цветом грунта. Как правило, булат считался тем более высокого качества, чем темнее был грунт. В этом случае, понятно, более явственно выступал светлый узор на черном фоне грунта. Более высокое содержание углерода обуславливало и более темный грунт. Но на это оказывали значительное влияние также и разные примеси. Аносов дает интересный разбор зависимости цвета грунта от состава шлаков и показывает наличие здесь связи и с точки зрения обогащения стали углеродом, и с точки зрения загрязнения металла посторонними примесями, ликвирующими при кристаллизации в междуосные объемы дендритов и т. д.

Третьим внешним признаком является отлив поверхности стали, наблюдаемый при косом падении лучей. Лучшие булаты имеют золотистый отлив, средние — красноватый, а низкого качества не обнаруживают никакого отлива.

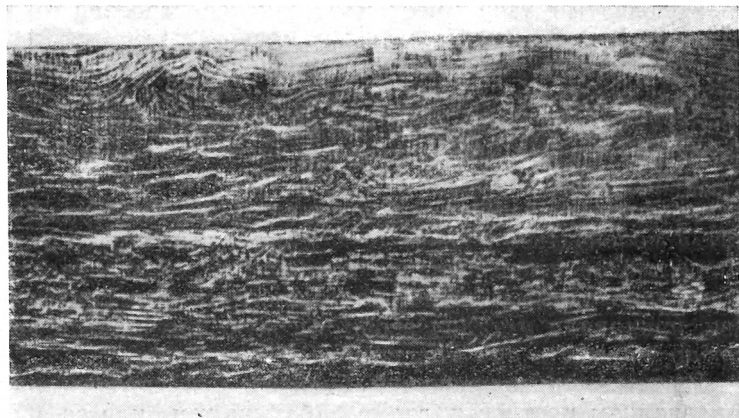
Достоинство булатов оценивали также и по их звуку. Чистый высокого тона звук рассматривался как свидетельство высокого качества булата. Этот признак продолжительное время использовали для оценки качества стали.

По характеру узора Аюсов подразделил булаты на пять видов: полосатый, струистый, волнистый, сетчатый и коленчатый. С характером узора он связывал достоинство булата. Полосатый узор состоит преимущественно из прямых, почти параллельных волокон с чередующимся расположением бедных и богатых углеродом и примесями участков. Он получается при большой степени вытяжки стали в одном направлении, вследствие чего образуется в литой стали чередующееся расположение осей и междоусных объемов дендридов в виде волокон.

Полосчатое строение имеют также сырцовая и рафинированная стали, получаемые кричным способом. В этом случае полосчатость вызывается неоднородностью массы стали и вытяжкой ее в одном направлении. Полосы имеют произвольную ширину, располагаются неравномерно: местами в виде тонких, тесно прижатых волокон, местами в виде широких полос. Следует заметить, что чем более загрязнен металл инородными включениями, тем более резкое выражение имеет полосчатость. Такая структура металла предрасполагает изделие к относительно более легкому раскалыванию вдоль волокон. К тому же и твердость после закалки получается неоднородной, пятнистой; наряду с твердыми участками встречаются очень мягкие, плохо сохраняющие остроту лезвия на режущем инструменте и оружии.

Струистый узор характеризуется короткими волокнами, местами переходящими в извилистые. Он свидетельствует о более высоком достоинстве булата.

Волнистый узор имеет преобладающими кривые линии, местами они прерываются. Некоторое перепутывание волокон, их искривление и уменьшение в размерах обеспечивают более прочную внутреннюю связь в ме-



*Рис. 14. Волнистый узор. Булатный клинок кинжала, приготовленного Д. К. Черновым*

талле и лучшие качества изготовленного из него изделия. К такого рода булатам относились индийские гынды и кум-гынды. Весьма интересен узор булатного клинка кинжала, приготовленного Д. К. Черновым в 1869 г. по технологии Аносова [11]. На клинке отчетливо виден волнистый рисунок местами перепутанных волокон литой стали, подвергнутой сложной ковке.

Сетчатый узор свидетельствует о сложной структуре стали. Если «ломанные линии становятся короче или переходят в точки и появляются во множестве, так что образуют на булате местами поперечные, сети подобные узоры, разделенные прядями, извивающимися по различным направлениям, которые служат как бы связью одной сети с другой, то в таком случае булат еще более приближается к совершенству» [1]. Короткие ломанные линии, образующие местами гроздевидные фигуры, местами извивающиеся в разные стороны в виде прядей, создают сеть плотно переплетенных волокон, обуславливающих высокую прочность во всех направлениях тела и высокую твердость наряду с высокой упругостью. Таким сочетанием механических свойств и характеризуются высокие сорта булата. Получение такого узора требовало искуснойковки сложными приемами.

Коленчатый узор имеет или сетчатое строение, разделенное на отдельные участки поперечными прядями волокон, или извивающиеся завихренные волокна, образующие отдельные клубки или гроздевидные скопления коротких линий и точек, омываемые завихренными волчками, и т. п. Для получения такого узора необходимо было вести сложную ковку. Прекрасный образец коленчатого узора был в коллекции Д. К. Чернова. Булат с коленчатым узором относится к высшим сортам. Причудливое перепутывание волокон, их завихренность, отсутствие прямых линий, благоприятных для скалывания, придавали металлу особо высокую прочность и высокую упругость при максимальной твердости.

Имеется много названий булатов, они связаны или с названием местности, где вырабатывались, или со способом производства, или со свойствами металла. Среди множества сортов Аносов отметил, как имевшие наибольшую известность, булаты под названиями: табан, кара-табан, хорасан, кара-хорасан, гынды, кум-гынды, вуц, нейрис и шам. Табан — персидский булат — имеет сетчатый рисунок узора, блестящий, фон его темный.

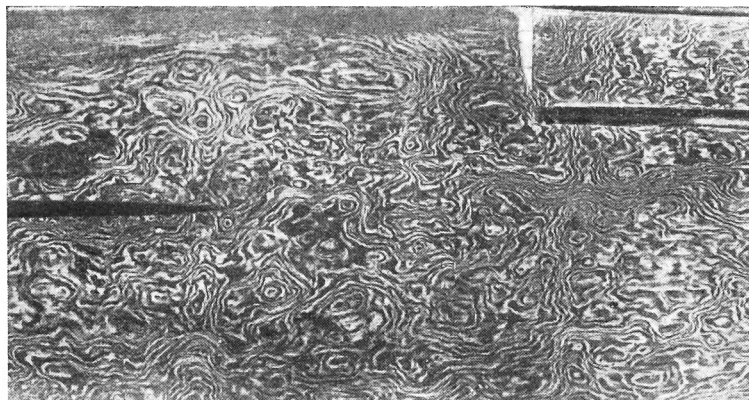
В 1837 г. Аносовым был получен булат с узором кара-табан, поступивший в дальнейшем в Государственный Эрмитаж. Имеется определенное сходство узора аносовского булата с узором персидского булата табан. У Аносова узор выражен более четко благодаря более темному грунту; такая контрастность резко вычерчивает рисунок и придает клинку красивый внешний вид.

Булаты хорасан и кара-хорасан относятся к лучшим и наиболее дорогим сортам. Эти названия связаны с провинцией Хорасан Ирана. Особо выделялся по своим качествам и красоте узора кара-хорасан, т. е. черный хорасанский.

Булаты гынды и кум-гынды — волнистые, индийские, занимали по качеству среднее место.

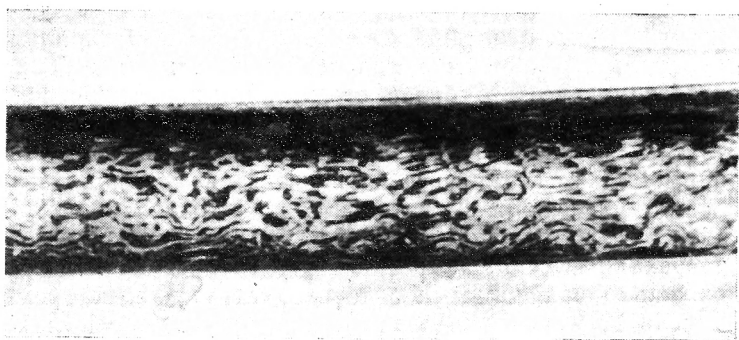
Индийский булат под названием вуц производился в XVIII — XIX вв. и вывозился из Индии в Иран, Турцию, Сирию и другие страны, где из него выделявали булатные изделия. Шам означает турецкое народное название Сирии, и этим названием именуется сирийский булат [1, 5]. Шам относится к наиболее низким сортам булата с простым узором в виде прямых параллельных





*Рис. 15. Коленчатый узор булатного клинка из коллекции Д. К. Чернова*

волокон. Совершенно очевидно, что сирийский булат шам очень далеко отошел от прославленного древнего сирийского булата дамаска. Весьма правдоподобно, что разгром Сирии Темурленгом в корне подорвал первоклассное производство металлических изделий в этой стране и привел к потере древних способов выделки дамасской стали.



*Рис. 16. Узор аносовского булата кара-табан*

## 2. Сталь харалужная

Аносов, хорошо знакомый с литературой, обратил внимание, как металлург, на замечательное литературное произведение древней Руси — «Слово о полку Игореве», в котором немало строк посвящено славе древнерусского металла.

«Наши поэты, и древние, и новейшие, нередко вооружают своих героев мечами булатными: в песне о полку Игореве, сочиненной еще в XII в., между прочим, видим, что воины Всеволода с булатными мечами поражали половцев; кому неизвестно также поэтическое сравнение золота с булатом Пушкина», — писал Аносов в первых строках своего классического труда «О булатах» [1].

Описание вооружения воинов князя Игоря и других русских князей в «Слове» дает ценнейшие сведения о применении железа и стали на изготовление оружия. Следует заметить, что термин «булат» в первоначальном тексте «Слова о полку Игореве» не употреблялся и там не говорилось ни о булатных мечах, ни о булатных копьях, а употреблялся другой термин — харалуг.

Сабли каленые и стрелы каленые автор «Слова о полку Игореве» не называет харалужными. Харалуг, как явствует из «Слова», не отождествляется автором поэмы с обычной сталью.

Описание харалуга встречается и в более поздних произведениях, относящихся к XIV—XV вв. О харалужном оружии говорится в «Слове о великом князе Дмитрие Ивановиче и о брате его Владимире Андреевиче, яко победили супостаты своего царя Мамаю».

В дальнейшем, после XV в., термин «харалуг», по-видимому, начал забываться и делаться малопонятным. На это указывает значительное искажение термина в списке XVII в., найденном В. Ундольским [13]: «...то ти наехали Русские Князи на силу Татарскую, и удариша копьё фарафужными о доспехи татарские, возгремели мечи булатные о шеломы Хиновские на поле Куликове, на речке Напряде». По-видимому, слово «харалуг» переписчику было уже непривычным и он вместо «харалужными» написал «фарафужными».

«Харалуг» — слово тюркского происхождения [15]. Перевод и расшифровка его даются различными исследователями неоднозначно и не всегда точно. Академик И. И. Срезневский [16] выводил «харалуг» из джагатайского «каралук» и приписал ему значения «сталь», «булат», а слово «харалужный» рассматривал как прилагательное от слова «харалуг» и давал ему значения «стальной», «булатный». Для понятия «сталь» на тюркском языке существует другой вполне определенный термин — «короч» или «курч» [3]. Нет достаточной последовательности в расшифровке, приведенной в «Толковом словаре» В. Даля [2, стр. 1167]. Здесь также указывается на происхождение слова «харалуг» из тюркского языка. Но прилагательное от харалуга В. Даль выводит, как и Срезневский, неточно, считая, что «харалужный» означает «стальной». Непоследовательность в толковании прилагательного не дает правильного и полного представления о харалужном оружии, которым были вооружены русские воины, а главное, затрудняет выяснение природы материала, называвшегося харалугом. Тюркское слово «каралык» означает «темный, чернота» [3, стр. 160]. В основе понятия здесь лежит внешний вид. Аналогично на татарском языке: «каралык — чернота» и «каралайма — черно» [18]. Другое созвучное приведенному тюркское слово «каралчык» означает предмет «черноватый или кажущийся вдали черным» [3]. Заслуживает внимания еще одно слово в тюркском языке, которое можно рассматривать как возможную основу для трансформации в «харалуг». В. В. Радлов описывает его в русской транскрипции как «куральч» и дает ему значения «украшенный, убранный» [3].

В XII в. Россия вела оживленную непосредственную торговлю с народами, населявшими области Средней Азии, где была сравнительно высоко поставлена металлургия железа. В это время через низовья Волги, Каспийское море, полуостров Мангышлак установился торговый путь из Руси в среднеазиатское государство Хорезм. Средняя Азия населялась тюркскими племенами, у которых было развито производство железа. Они имели связь с Индией, откуда могли получать индийский булат — литую сталь (называвшуюся в Индии в XVIII—XIX вв. вуц). Среди тюркских племен в рассматриваемый период было крупное племя каралуков, насе-

лявшее бассейны рек Чу и Сырдарьи. Название указанного племени созвучно с названием сорта стали. Смягчение «каралук» на «харалуг» говорит о большой вероятности восприятия этого слова от среднеазиатских тюркских племен. Такое смягчение «к» на «х» и «г» было характерно для чагатайского наречия тюркского языка [2].

Автор «Слова о полку Игореве» дает нам представление о некоторых свойствах харалуга: он применял прилагательное «харалужный» тогда, когда ему хотелось подчеркнуть высокие достоинства русского оружия. Следовательно, речь шла не только о внешней красоте, но и о качестве материала, из которого изготавливалось оружие. Вот обращение Святослава к воинам: «Ваю (т. е. ваши.— Д. П.) храбрая сердца в жестоцем харалуге скована, а в буести закалена» [7]. «Жестокий» или «жестький» означали в древнерусском языке «твердый», «крепкий» [20]. Несомненно, харалуг представлял собой особо твердый материал, обладавший исключительными свойствами, достойными поэтического сравнения.

### 3. Сварочные булаты

Булаты, называющиеся сварочными или искусственными, изготавливались путем многократной сварки уложенных попеременно различного рода стальных и железных полос или стальных полос с высоким и низким содержанием углерода. При этом применялась специальнаяковка особыми приемами с целью переплетения полос в сваренном куске металла и придания стали узорчатой поверхности.

Сварочные булаты изготавливались в восточных странах наряду с литыми, и качество их нередко было достаточно высоким. Хорошие мастера делали сварочные булаты с особой красоты тонким узором и хорошими свойствами. «Сварочные булаты, отличающиеся внутренним достоинством, готовятся преимущественно в Азии, например в Индии, Турции и Грузии, и в особенности теми из мастеров, которые знакомы с обработкою настоящих булатов» [1].

Как повествует выдающийся хорезмиец Бируни (1048), русские оружейники в XI в. прекрасно владели

искусством выделки сварочных булатов [4]. Бируни описал два способа изготовления сварочных мечей, применявшихся русскими ремесленниками. По одному способу «русы выделявали свои мечи из шапуркана, а доли посредине их из нармохана, чтобы придать им прочность при ударе, предотвратить их хрупкость», т. е. из полос твердой стали и мягкого железа. По другому способу основа мечей делалась из сваренной массы, состоявшей из сплетенных железных и стальных проволок. После травления на таких мечах выявлялся причудливый узор. Для твердости и остроты режущей части к основанию приваривались по краям меча стальные пластинки. Эти мечи были, по выражению Бируни, «удивительными и редкостными».

Описанный Бируни метод выделки сварочных булатов из плетенки стальной и железной проволок имел распространение и в более поздний период. В своих лекциях Д. К. Чернов указал, что для получения подобных булатов брались два материала различной твердости, железо и сталь, в виде, например, тонких проволок, которые скручивались или сплетались, затем сваривались и проковывались под молотом в пластинку или клинок. Варьируя способ сплетения проволок, мастер получал желаемый узор [11].

Сравнительно просто достигаются узоры при помощи штемпелей. Для этого попеременно сложенный из стальных и железных полосок пакет сваривается и проковывается, пока полоски не превратятся в тонкие чередующиеся слои. После этого штемпелем делаются соответствующие возвышения и углубления в направлении, перпендикулярном к слоям. Если теперь полученные выступы сточить и поверхность изделия протравить кислотой, то выявится желаемый рисунок. Круглый штемпель дает объезд, т. е. рисунок узора в виде концентрических кругов. Таким же образом делался известный узор на ятаганах в виде буквы «S».

Сварочные булаты известны в России в домонгольские времена. Их выделка не прекращалась и в последующее время. «Красный булат», «красное железо», «цветной булат» и т. п. встречаются в документах XVI—XVIII вв.— это сабли, кинжалы, ножи, панцири, шлемы и другие изделия, изготовленные из сварочного булата.

В XVI и XVII вв. Московская Оружейная палата имела мастеров булатного дела, выделявавших разные сорта булатов. Среди холодного офицерского оружия русских войск XVIII и XIX вв. встречается множество экземпляров сварочных булатов. Их выделкой занимались оружейные заводы.

На Урале в XVIII в. «дамаскинская сталь» приготавливалась путем сварки цементованных и нецементованных железных полос [21]. Железные полосы «шириной против рубленной монеты, толщиной осьюмой долей дюйма» подвергались цементации в твердом высокоактивном карбюризаторе. Затем цементованные железные полосы складывались с нецементованными железными полосами; собранный таким образом «пакет» нагревался в горне и сваривался под молотом, сгибался несколько раз и снова сваривался. Полученные полосы обнаруживали на изломе после закалки чередующиеся стальные и железные жилы, которые легко распознавались, так как железные жилы были «беловатее», а «стальные темнее и, так сказать, водяной цвет имеют». Таким оригинальным способом выделялась «дамаскинская славная сталь» на Урале [21].

В Западной Европе внимание мастеров было направлено на создание булатов искусственным образом, путем сварки. В конце XVIII и начале XIX в. было сделано много попыток имитировать булаты и дамаскую сталь в Англии, Франции, Италии, Германии и других странах. В числе первых, кому удалось в Западной Европе достигнуть хорошего подражания булатным клинкам, указывается французский ножовщик Перрет (1779). Он приготавливал клинки путем сваривания различных сортов железа и стали. В Клингентале также добились в конце XVIII в. приготовления холодного оружия с узорами, похожими на булатные, об этом сообщил в 1794 г. Вандерманд. Здесь также фабриковали узорчатые клинки путем сваривания различных сортов железа.

В технологическом отношении приготовление сварочных булатов проще, не требует плавильного агрегата, искусного плавильщика. Но получение красивого рисунка далеко не всегда сопровождается получением высоких свойств на сваренных кусках стали и железа. Часто в погоне за красивым рисунком вопрос о качестве и

свойствах дамасцированных изделий отходил на задний план. Указывая на этот недостаток, Аносов писал: «Европейские сварочные булаты не приобрели особенной известности, ибо внимание европейских мастеров обращено более на образование узоров, нежели на улучшение качества металла; оттого сварочные булаты, например солингенские и клингентальские, хотя имеют узоры, но лишены других признаков, определяющих достоинство булата».

Аносов очень хорошо был знаком с техникой выделки сварочных булатов в Солингене и Клингентале. Группа солингенских и клингентальских мастеров работала на Златоустовской оружейной фабрике, и некоторые из этих мастеров занимались выделкой сварочных булатов. Вступив в управление фабрикой, Аносов не прекратил производство, а продолжал совершенствовать его. На рис. 17 показан цех легкого инструмента и дела дамаска. На левой стороне рисунка — операция сборки в пакет стальных и железных полос. Один такой пакет сложен и перевязан проволокой, он лежит на верстаке за тисками. Справа от этого пакета на верстаке лежат другие пакеты, сложенные из брусков, уже прошедших сварку и подготовленных снова для вторичной сварки с прокладками. Рядом на верстаке лежат откованные клинки из сварочного булата. Нагретый пакет проковывался сильными частыми ударами под молотом, сваривался в единый кусок металла весьма неоднородного состава. После такой сварки и проковки кусок металла получался слоеным. Разрез поперек полосок или вдоль их показывает после травления параллельно идущие темные и светлые полосы. Такой узор прост и непривлекателен. Мастера булатного дела подвергают сваренный кусок специальной ковке, придавая узору сложный рисунок, при помощи множества вкладышей и оправок с разнообразными рисунками, позволявшими мастеру создавать красивые узоры.

В 20-х годах XIX в. рисунок узора на сварочных булатах Златоустовской оружейной фабрики носил восточный характер. В 30-х годах узор стал более строгим. Здесь сказалось всестороннее изучение Аносовым булатного дела вообще и способов выделки сварочных булатов в частности.

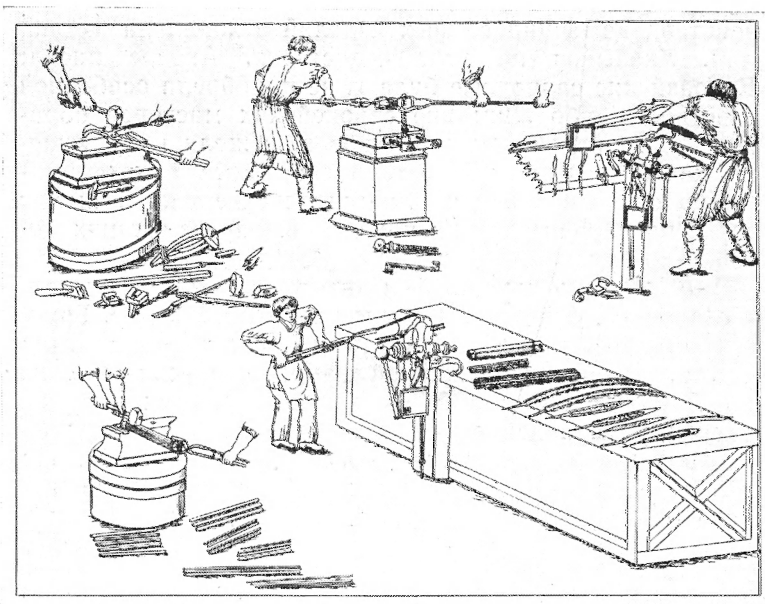


Рис. 17. Цех легкого инструмента и дамаска [22]

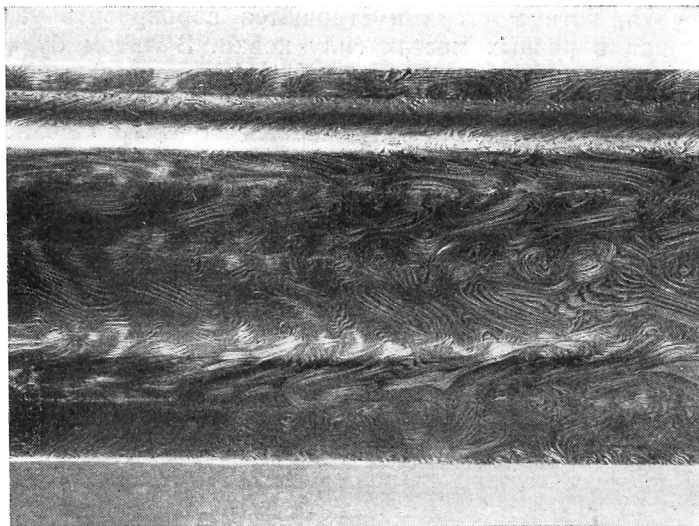
Сварочные булаты выделялись на Златоустовской оружейной фабрике и после разработки Аносовым способов приготовления литого булата.

На шпажном клинке 1860 г. видно, что сварка пачки сложенных вперемежку полос железа и стали произведена весьма тщательно, здесь совсем не видно каких-либо бросающихся в глаза дефектов. Узор имеет хотя и повторяющийся коленами, но оригинально выписанный рисунок. Это достигнуто сложной ковкой при помощи приспособлений.

Узор златоустовского клинка из сварочного булата, изготовленного в 1882 г., имеет волнистый, петлеобразный характер с ориентировкой вдоль клинка. Следует отметить тщательную и высокохудожественную отделку рисунка, напоминающего волнистое море.

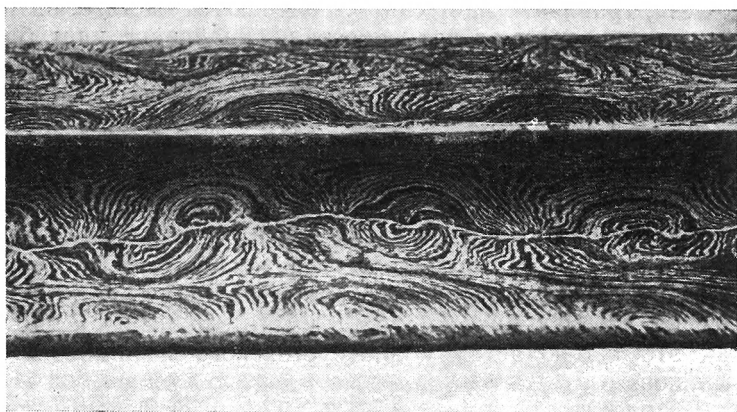
Д. К. Чернов указывает, что сварочный булат нетрудно отличить от литого по макроскопической структуре, т. е. по узору. Его можно узнать по повторению



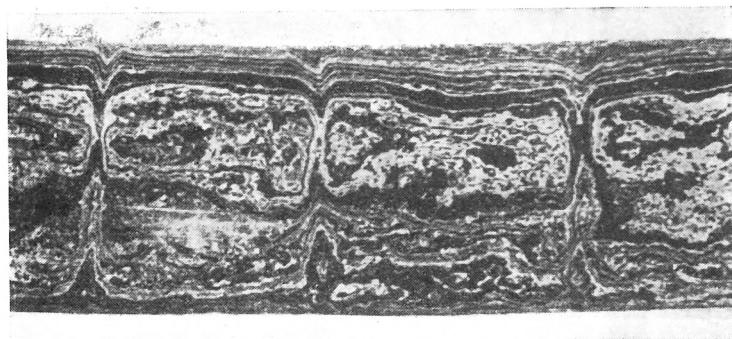


*Рис. 18. Узор сварочного булата Златоустовской оружейной фабрики, 1881 г. Государственный Эрмитаж*

*Рис. 19. Узор сварочного булата Шпажный клинок. Златоуст, 1880 г.*



рисунка, хотя мастера и стараются варьировать узор, изменяя в разных местах силуковки. В литом булате узор никогда не повторяется [11]. Сварочный металл характеризуется неоднородностью. Волокна после травления обычно имеют прямолинейный характер. Сложной



*Рис. 20. Узор сварочного булата. Индийская сабля. Государственный Эрмитаж*

ковкой можно им придать волнистость и даже сложный узор. Но этот узор обычно имеет повторяемость.

Узор выявляется путем травления полированной поверхности стали. В тех местах, где залегают полосы железа, травление идет слабо, получаются светлые нити, а там, где залегают полосы стали, травление идет более интенсивно.

Сваренный из железных и стальных пластинок кусок металла имеет неоднородный состав и неоднородную структуру. Узор, выявляемый после такой сварки, выглядит в виде чередующихся темных и светлых полос. Но можно специальной ковкой перепутать железные и стальные полосы, изогнуть их, округить, надрубить или сделать штампами вмятины, а затем срезать получившиеся выступы, и тогда узор будет выглядеть не в виде прямых чередующихся полос, а иметь сложный рисунок, как это наблюдается у златоустовского и индийского клинков.

Возможность сравнительно дешевыми средствами по-

лучить стальные изделия с красивым внешним оформлением благоприятствовала сохранению производства сварочных булатов и после открытия Аносовым способов приготовления натуральных булатов. На самой Златоустовской оружейной фабрике при Аносове и после него, во второй половине XIX столетия и в XX столетии были весьма искусные мастера сварочного булата. Среди холодного оружия выделки XVIII и XIX вв. имеется много клинков, изготовленных из сварочного булата и являющихся шедевром искусства русских кузнецов.

Сварочные булаты занимали значительное место в производстве высококачественного холодного и огнестрельного оружия во второй половине XIX и в начале XX в. Они привлекали к себе внимание мастеров простотой изготовления, так как производство литых булатов требовало выполнения сложных металлургических процессов при высоких температурах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П. П. Аносов. О булатах. СПб., 1841.
2. В. Даль. Толковый словарь живого великорусского языка, 1904, т. I.
3. В. В. Радлов. Опыт словаря тюркских наречий, т. 2. СПб., 1899.
4. А. М. Беленицкий. Глава «О железе» минералогического трактата Бируни.—Кратк. сообщ. Ин-та истории материальной культуры, 1950, вып. 33, стр. 139.
5. Н. Т. Беляев. О булатах. СПб., 1906, стр. 20.
6. Ф. В. Железнов. Исторические сведения о булате в России.— В кн.: Н. Т. Беляев. О булатах. СПб., 1906.
7. «Историческая песнь о походе на половцев удельного князя Новгород-Северского Игоря Святославича, писанная старинным русским языком в исходе XII столетия с переложением на употребляемое ныне наречие. Москва. В Сенатской типографии, 1800». М.—Л., Изд-во АН СССР, 1950.
8. Слово Даниила Заточника по редакциям XII и XIII вв. и их переделкам. Изд-во АН СССР, 1932.
9. И. И. Срезневский. Материалы для словаря древнерусского языка по письменным памятникам, т. II. СПб., Изд-во АН СССР, 1902.
10. Г. Улькинсон. О причине образования струй на булатных или дамасских клинках.— Горный журнал, 1841, № 6.
11. Д. К. Чернов. Сталелитейное дело. Лекции, читанные в Артиллерийской академии.— ЖРМО, 1914, № 3, стр. 311.
12. Ипатьевская летопись, 1185 г.— Татищев. История, ч. III.
13. Библиографические разыскания В. Ундольского, М., 1846, стр. 4.
14. Задонщина великого князя господина Дмитрия Ивановича и

- брата его Владимира Андреевича. СПб., Изд-во АН СССР, 1858.
15. *В. В. Вельяминов-Зернов*. Словарь джагатайско-турецкий. СПб., 1968, стр. 41.
  16. *И. И. Срезневский*. Материалы для словаря древнерусского языка по письменным памятникам, т. III. СПб., 1912, стр. 1361.
  17. *В. Даль*. Толковый словарь живого великорусского языка, 1909, т. 4, стр. 1167.
  18. *И. Тиганов*. Российско-татарский словарь. СПб., 1804.
  19. История СССР, т. 1. ОГИЗ, 1947.
  20. *И. И. Срезневский*. Материалы для словаря древнерусского языка по письменным памятникам, т. I. СПб., 1893, стр. 863.
  21. *Ив. Шлаттер*. обстоятельное описание рудного и плавильского дела. СПб., 1765, стр. 128.
  22. Атлас Златоустовской оружейной фабрики, 1827 г.

### Аносовские булаты

#### 1. Златоустовские мастера на Кавказе

Русско-персидская война 1826—1828 гг. и русско-турецкая война 1828—1829 гг. со всей остротой поставили вопрос о качестве холодного оружия русской регулярной конницы и других родов войск. Воины азиатских стран имели очень прочные и острые клинки, несравненно более высокого достоинства, нежели у русских кавалеристов. Снаряжая армию против Персии и Турции, правительство Николая I не проявило особой заботы ни о достаточном снабжении воинов провиантом, ни об обеспечении хорошим конем, ни о хорошем вооружении.

Рассматривая состояние вооружения русской кавалерии 30-х годов прошлого столетия, В. Потто писал: «Не касаясь шашек последнего образца, еще не опробованных в деле и потому не подлежащих правильной оценке, нужно сознаться, что прежние шашки для боя не годились. Кому приходилось участвовать в кавалерийских схватках, тот подтвердит, что наша кавалерия рубить не умела и что причина этого крылась прежде всего в неудовлетворительности наших клинков» [1]. В богатырских ударах русских кавалеристов не было недостатка, но сила воина глушилась тупым и непрочным клинком. Правительство Николая I не могло дать лучшего оружия, так как военное производство основывалось на крепостном труде. Корень зла был именно в отсталости производства, развитие которого тормозилось крепостнической системой России при Николае I.

«Ничто так не зависит от экономических условий, как

именно армия и флот. Вооружение, состав, организация, тактика и стратегия зависят прежде всего от достигнутой в данный момент ступени производства и от средств сообщений» \*. Это положение Энгельса во всей полноте подтверждалось экономикой России периода Николая I.

Передовые деятели русской техники создавали невиданные образцы технических средств производства, но использование их упиралось в твердыню крепостнической системы, которая глушила все передовое, все прогрессивное. Напряженная борьба за новую технику в это время шла на Златоустовской оружейной фабрике. Здесь решались коренные вопросы техники производства важнейшего материала — стали. Трехлетние исследования Аносова (1828—1830) позволили разработать способы приготовления вполне доброкачественной литой стали. Но секрет булата оставался нераскрытым, способ производства его найден не был. Высказывание известного английского химика Фарадея о том, что булат есть сталь с примесью алюминия, оказалось несостоятельным. После многочисленных исследований специальных сортов литой стали сприсадкой различных элементов отвергнута была идея получения булата этим путем.

Министр Канкрин решил заполучить сведения о способах выделки булатного оружия на Кавказе у известных мастеров. В это время на Кавказе русскими войсками командовал Паскевич, сменивший в 1827 г. талантливого генерала Ермолова, находившегося в связях с декабристами.

Канкрин просил Паскевича узнать у грузинских мастеров секрет стали клинков, способ ее приготовления и термической обработки. Паскевич обратился к лучшему в Тифлисе булатному мастеру Караману Елиярову (В. Потто называет его Кахраманом Елизаровым I), который перенял искусство изготовления клинков от своего отца Георга Карамана. По заказу Паскевича он сделал четыре изделия: саблю и кинжал из настоящего булата, стальную шпагу, только с виду похожую на булатную, и, наконец, шашку с волнообразным рисунком по середине клинка. За указанные четыре изделия Караману было уплачено 160 червонцев. Эта сумма на первый взгляд кажется огромной, но не из ряда вон

\* К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 171.

выходящей. Уилькинсон сообщает, что две булатные сабли, подаренные шахом персидским английскому магнату Кампбеллю, оценивались по 200 червонцев каждая. Был еще более потрясающий случай: синдский эмир отказался взять за свою булатную саблю 2250 червонцев [2].

Изготовленные Караманом изделия были, по-видимому, добротными, и Паскевич получил указание купить у него секрет производства булата. Переговоры шли долго, пока, наконец, Елияров не согласился продать свой секрет и обучить нескольких русских мастеров булатному делу. При этом он потребовал, чтобы ему дали «индийского железа, турецкой стали и турецкого чугуна в порошке», так как, по заявлению Карамана, булат можно было сделать только из индийского железа. Что собой представляет это «индийское железо», он не знал, а получал его из Персии и Индии.

Считая, что из множества сортов железа, стали и чугуна, выделявавшихся на заводах России, можно подобрать нечто сходное с «индийским железом», на разных российских заводах были отобраны образцы стали и отправлены кавказскому мастеру.

В 1830 г. на обучение булатному делу к Елиярову отправились четыре мастера стального дела. Это были златоустовские мастера Иван Бушуев, В. Шафф, Южиков и Пурусузьянец. Выбор пал на мастеров Златоустовской оружейной фабрики не случайно. Здесь работала творческая мысль новатора металлургии П. П. Аносова, который создал замечательную школу высокого класса мастеров стального дела.

Обучение сразу натолкнулось на серьезные препятствия: не было «индийского железа». Материалы, привезенные из России, оказались иного свойства и качества, нежели «индийское железо». Наиболее пригодной Караман признал двувыварную сталь Златоустовского завода, затем литую сталь, наконец, железо, имевшее белый излом и представлявшее собой, по-видимому, чугун. Из них можно было, по Караману, приготовить отличные дамаскированные клинки, но булатные не получались. Хорошие клинки были выделаны из стали известного мастера Воткинского завода С. И. Бадаева, но они получились без узора. Металл других русских заводов был признан негодным.

При этих условиях трехлетнее обучение златоустовских мастеров у Карамана Елиярова по существу не принесло особой пользы для Златоустовской оружейной фабрики. В 1833 г. златоустовские мастера возвратились из Тифлиса на Урал. Оказать какую-либо помощь Аносову в решении проблемы получения булата ученики кавказского мастера не могли, так как они не знали, как делается булат. Иван Бушуев, Южаков и Пурусюзиянц по приезду с Кавказа изготовили клинки из сварочных булатов [3]. Форма клинков и украшения на них имеют азиатский характер. Эти клинки хранятся в Государственном Эрмитаже в Ленинграде. Пурусюзиянц в дальнейшем перешел на работу в Петербургский технологический институт, Бушуев остался в Златоусте, а Шафф вскоре уехал из Златоуста и организовал свою мастерскую.

Следует отметить, что в 30-х годах прошлого века заметно изменился узор на клинках из искусственного булата Златоустовской оружейной фабрики, он стал более строгим. Здесь, видимо, сказалось влияние Карамана Елиярова на мастеров, побывавших у него в обучении. Это тем более вероятно, что Елияров изготовлял сварочные булаты высокого достоинства.

Таково было состояние дел дамаска и булата до открытия Аносовым собственных способов приготовления естественного или литого булата.

## **2. Опыты выплавки стали по восточным рецептам**

2 апреля 1833 г. П. П. Аносов был утверждён в должности горного начальника златоустовских заводов с одновременным присвоением ему чина берггауптмана 6-го класса. Пятнадцатилетняя деятельность на Златоустовском заводе была отмечена 22 августа 1833 г. знаком беспорочной службы.

В 1833 г. Аносов получил возможность возвратиться к любимому делу — изысканиям способов приготовления булата. За предыдущие годы был накоплен богатый опыт приготовления литой стали. Златоустовская тигельная сталь обладала высокими достоинствами. Но тогда она еще не достигла совершенства и тех качеств, которые были присущи восточным булатам.



В описаниях путешественников неоднократно встречались указания на приготовление булатов с присадкой в тигель твердых пород дерева, древесного угля и листьев. Указывались даже отдельные породы деревьев, предпочитавшихся восточными сталеварами. Известны были Аносову исследования Реомюра и Ринмана по цементации железа в карбюризаторе из различного рода растений. Аносов решил провести специальные опыты выплавки стали с присадкой различных растений и животных веществ, чтобы внести в этот вопрос ясность. В качестве присадки в шихту он использовал: клен, как наиболее твердое дерево данной местности, цветы, как наиболее мягкое растение, бакаутовое дерево, березу, голландскую сажу, ржаную муку, пшено, рог, слоновую кость.

Плавки сначала проводились в 5-фунтовых, а затем и в 20-фунтовых тиглях без флюса. Исходным материалом служило наиболее чистое златоустовское навивное железо, полученное кричным способом и обработанное в кричном горне для возможно большей очистки от вредных примесей. Поскольку плавки велись без флюса, цементация железа, очевидно, происходила и за счет печных газов, и за счет растений или животных веществ.

Для поставленной цели Аносов находил наиболее подходящим деревом клен, как относящийся к твердым породам. С присадкой клена в количествах от 1 до 5% к весу металла было сделано значительное число плавок. Введение в шихту с навивным железом 1% кленового дерева давало мягкую сталь почти без узоров или с чрезвычайно мелкими узорами. Увеличение присадки кленового дерева до 2% дало более твердую сталь, но узоры иногда оказывались слабыми, а иногда достаточно явственными, похожими то на персидский булат хорасан, то на сирийский шам. Присадка 4% кленового дерева давала сталь, трудно поддающуюся ковке; без постоянства и ясности узоров. При 5% клена сплавков терял ковкость, не приобретая особых преимуществ в отношении узора. Один из сплавков (20 фунт.), выплавленный из навивного железа с присадкой 2,5% сырого кленового дерева, дал явственные узоры, похожие на хорасан, грунт был светло-серый и чистый. Откованные из этого сплава два булатных клинка были направлены в департамент горных и соляных дел.

Несмотря на некоторый успех в получении желаемых узоров, Аносов не был удовлетворен ими, так как изготовленные булаты «не имели всех качеств булатов настоящих»; хотя они и имели лучшую вязкость и ковкость, но уступали в твердости даже литой стали, полученной ранее разработанным способом.

Далее были испытаны в качестве углеродсодержащих веществ березовое дерево, показавшее аналогичные с кленом результаты, а также бакаутное дерево, сажа голландская, мука ржаная, сорочинское пшено, цветы. Последние были взяты как наиболее мягкие, в противовес твердому клену. На основании своих исследований Аносов пришел к заключению, что «успех в получении булатов не зависит ни от степени твердости растений, ни от количества их, но более от образа соединения углерода с железом и от наименьшей примеси».

Применение животных веществ — рога и слоновой кости также не увенчалось особыми успехами. Плавки велись в 10-фунтовых тиглях. Сталь получалась с узорами, но они не могли равняться с настоящими булатными, причем Аносов обратил внимание на то, что «сырой рог лучше пожженного для проявления узоров». Здесь, по-видимому, сказывалось влияние азота, имеющегося в необожженном роге в значительно больших количествах, нежели в обожженном.

После четырехлетних исследований, накопив богатый производственный опыт, Аносов и его помощники-сталевары начали, по-видимому, приближаться «к достижению совершенства стали». Поэтому опытная сталь 1833 г. Аносовым нередко называется булатом. Это не случайно. Сталь начала получаться качественной и высококачественной. И дело здесь не в применении растительных и животных веществ как науглероживающих сред, а в общей высокой культуре производства стали, достигнутой к этому времени на Златоустовской фабрике. Но высшего достоинства сталь пока еще не получалась, по крайней мере с точки зрения Аносова. Два клинка из стали, приготовленной с присадкой сырого клена, были отправлены в департамент горных и соляных дел как образцы с узорами хорасана, хотя Аносов находил их невысокого достоинства и не считал вопрос о приготовлении булата решенным. Поэтому он предпринял исследования новых способов приготовления булата.

### 3. Создание скрап-рудного процесса выплавки стали

В современной металлургии стали имеют важнейшее значение процессы выплавки стали на твердой закатке чугуна и железа, чугуна, железа и руды. Разработка физико-химической сущности этих процессов была произведена еще задолго до появления способа выплавки стали, известного в настоящее время под названием мартеновского.

В числе пионеров разработки данного процесса был П. П. Аносов. Исследования его заключались в сплавлении твердого чугуна, железа и руды в тиглях. Он решил произвести «сплавление чугуна с железом без доступа воздуха, смешивая их в такой пропорции, чтобы составить сталь [5]. Судя по записям в «Журнале опытам», первые плавки стали с присадкой чугуна в шихту были сделаны Аносовым в 1833 г. Перед этим он исследовал влияние растений на качество стали.

Когда же Аносов поставил опыты с присадкой чугуна, то в тигель начал вновь вводить флюс, и шихта состояла из железа, чугуна и флюса с окалиной. В 20-фунтовый (8 кг) тигель загружался скрап в виде обрезков железа (16 фунт.) и кусков чугуна (4 фунт.); таким образом, металлическая часть шихты составляла 20 фунт., в том числе чугуна было 20%. В шихту также был введен флюс с окалиной (4 фунт. на один 20-фунтовый тигель). Опытная плавка с указанной шихтой длилась 3 час. 35 мин. Полученная сталь, как указывает Аносов, была вылита в форму, т. е. изложницу. Сталь имела хорошую ковкость, в горячем состоянии она «ковалась удобно», но в холодном оказалась ломкой. Изготовленные из нее зубила выкрашивались во время работы.

Следующая плавка имела большую продолжительность, чем предыдущая, она длилась 4 час. 30 мин., и металл в этом случае получился нехрупким. Шихта была составлена в той же пропорции, как и в предыдущей плавке. Полученная сталь в виде слитка «ковалась удобно», как и вышеописанная, но не имела хрупкости, изготовленные из нее зубила оказались «довольно стойки». Улучшение свойств, в частности устра-

нение хрупкости, Аносов приписывал большей продолжительности плавки.

С точки зрения поставленной Аносовым задачи получения высокосортного булата опыты не дали желаемых результатов. Тем не менее они имели исключительное значение для дальнейшего развития процесса переплавки чугуна в сталь, так как показали возможность получения стали при завалке в шихту чугуна и флюса с окалиной.

Через четыре года, в 1837 г., Аносов снова возвратился к переделу чугуна в сталь путем переплавки его в тигле. На сей раз в качестве исходного материала он взял только чугун, без железа. Сначала из железа был получен синтетический чугун, для чего 10 фунт. навивного железа было сплавлено в тигле без крыши и флюса.

«Сплавок этот, как и предполагать было должно, не сковался, и узоров не обнаружил; он составлял очищенный чугун» [5]. Полученный сплавок чугуна Аносов положил в тигель, присадил туда еще полфунта окалины и переплавил, при этом накрыл тигель крышкой, чтобы защитить металл от действия печных газов. По остывании тигля королек металла оказался покрытым ноздреватым зеленым шлаком. Нижняя часть королька проковалась, и после шлифовки и травления на ней оказались крупные узоры булата кара-хорасан.

Приведенные опыты особенно ценны в том отношении, что показали возможность передела чугуна в литую сталь без присадки железа.

Весьма важен также второй момент, правильно решенный Аносовым: для ускорения процесса обезуглероживания чугуна необходима присадка окисла железа. Аносов исследовал действие различных окислов железа и указал, что «закись железа другое влияние имеет на сталь, нежели окись» [5]. Аносов повторил опыт, взяв чугун, полученный из обыкновенного железа. В тигель было загружено 15 фунт. нековкого металла и 0,75 фунт. окалины, в результате переплавки получено 12 фунт. ковкого металла. На откованных брусках стали были выявлены узоры булата высокого класса — кара-хорасана.

Эти опыты Аносова имеют выдающееся значение для современной металлургии стали. До Аносова были по-

пытки переплавки чугуна и железа в сталь в тиглях, но это была именно только переплавка. Аносов ввел новое средство для ускорения обезуглероживания чугуна при переплавке — присадку в расплавленный металл окислов железа. Таким образом был разработан новый процесс, называемый в современной металлургии скрап-рудным процессом.

В это время, т. е. в 1837 г., начальник штаба корпуса горных инженеров Чевкин предписал Аносову повторить опыты французского металлурга Бреана, который сообщил, что им разработаны способы приготовления булата путем сплавления сажи с железом и мягкого чугуна с сырым чугуном. Аносов провел ряд опытов по рекомендациям Бреана. В результате сплавления навивного железа с сажой в закрытом тигле емкостью 5 фунт. металла были получены сплавы, обладавшие хорошей ковкостью, но после закалки не имевшие особо высокой твердости. Узоры были аналогичны тем, какие получались при сплавлении железа с растительными веществами, но лишь весьма отдаленно напоминали узоры настоящего булата.

Другой способ Бреана заключался в переплавке разных сортов чугуна в сталь. Способ приготовления стали путем сплавления серого и белого чугуна с добавкой стальных или железных образцов известен был и раньше. Таким способом получалась, в частности, сталь, имевшая хождение под названием стали Маршала или стали Гунстмана.

Поскольку Бреан считал, что узоры булата определяются избытком углерода, шихта составлялась им из высокоуглеродистых сплавов железа — чугунов [6]. Для получения избыточного содержания углерода Аносов взял мягкий и сырой чугун. В опытной плавке было взято 2,5 фунт. мягкого чугуна и 2,5 фунт. сырого, без флюса. Плавка велась в закрытом тигле емкостью 5 фунт. металла; длилась она 1 час. 30 мин. Металл «сплавился хорошо, но при первых ударах молотка получил трещины» [5]. Переплавка чугуна в тигле дала нековкий чугун.

О результатах проведенных опытов по способу Бреана было послано донесение в штаб корпуса горных инженеров. Но извещение Аносова о том, что способ Бреана дает только обычную сталь, не имеющую вы-

дающихся достоинств булатов, не удовлетворило начальство. Начальник штаба Чевкин послал 14 мая 1838 г. Аносову новое предписание представить подробное описание произведенных опытов «над выделкою булатов по способу Бреана». В своем ответном письме Чевкину в июне 1838 г. Аносов писал, что при проведении опытов по проверке способа Бреана им «употреблены были все осторожности, наблюдаемые при получении булатов, как упомянуто было и в первом донесении» [7]. В этом письме с твердой уверенностью и речительством за свои опыты Аносов заявил: «Кто бы ни повторял опыты Бреана, не получит других результатов в сравнении с образчиками, которые мною представлены были в штаб корпуса горных инженеров».

Бреан считался авторитетным металлургом во Франции, служил директором Парижского монетного двора, к его мнению прислушивались европейские металлурги. Он выдвинул свою теорию строения булатов, которая многими принималась как научно обоснованная трактовка природы булатов. Однако Аносов не находил представления Бреана обоснованными. Повторив его опыты, Аносов заключил, что по рекомендованному им способу нельзя получить совершенного булата: «Эти опыты убедили меня, что г. Бреан не близок еще к цели, особенно потому, что и самые понятия его о булатах, как я имел случай заметить выше, не вполне объясняют явления, встреченные мною при опытах» [5]. После множества опытов он сделал важное заключение, что отчетливые узоры могут быть получены и на мягкой стали, содержащей мало углерода и не воспринимающей практически закалку. «Итак, понятие г. Бреана о причинах появления узоров в стали, основанное на одном излишестве углерода и кристаллизации стали, не может быть признано достаточным», — писал Аносов. В доказательство своего заключения он привел результаты многочисленных тонких наблюдений при исследовании узоров на образцах стали с разным содержанием углерода. «Это подтверждается и тем еще, что явственные узоры могут быть на булате и в таком случае, когда он столь мягок, что по закалке не приобретает приметно большей твердости и хрупкости, а остается мягким, подобно железу». Критика взглядов Бреана Аносовым имела под собой серьезную основу и получила в дальнейшем пол-

ное подтверждение. Узоры в стали наблюдаются не только при сверхвысоком содержании углерода, но при малом его содержании. Замечательно в связи с этим первое указание Аносова о наличии узоров в малоуглеродистой стали.

Опыты Аносова по переделу чугуна в сталь плавлением в тигле завершились разработкой нового способа приготовления стали. В отличие от ранее делавшихся попыток получения литой стали из чугуна Аносов добавил в шихту наряду с чугуном окислы железа — окалину или железную руду. Это принципиально изменило металлургический процесс в тигле — появились сложные окислительные и восстановительные реакции, протекающие в тигле одновременно, параллельно.

В этом способе передела чугуна заложены основы современного скрап-рудного процесса, играющего важнейшую роль в производстве стали. Аносов с полным основанием указывает на этот открытый им процесс как на особый способ производства стали, позволяющий приготавливать булаты, в числе четырех открытых им способов данный способ он отмечает как первый.

На основании исследования пластичности булатов, полученных при переделе чугуна, Аносов сделал важное наблюдение о влиянии углерода на ковкость стали: «Прокровка сих булатов тем затруднительнее, чем более заключается углерода в стали». Конечно, для современных представлений такое заключение элементарно, но наши заключения имеют первоисточником наблюдения Аносова и других металлургов, закладывавших научные основы познания стали как сплава железа с углеродом.

#### 4. Первые аносовские булаты

Не получив желаемых результатов при помощи растительных и животных веществ, Аносов решил испытать углерод ископаемых тел — графита и алмаза.

Графит был найден в 1825 г. в округе златоустовских заводов, на берегу озера Большой Еланчик, расположенного в 16 км от Миасского завода [8]. Собранный здесь графит оказался хорошего качества и не уступал лучшему английскому. Само месторождение

тогда еще не было открыто. Удалось отобрать 2 фунт. хорошего графита, с использованием которого, подобно флюсу, были проведены четыре опытные плавки. В небольшой тигель заложили 5 фунт. чистого навивного железа, а на него насыпали 0,5 фунт. графита. Плавка велась в открытом тигле «на довольно сильном духу», без флюса и продолжалась два часа. По окончании плавки тигель был оставлен в печи и охлаждался вместе с ней, тем самым были созданы благоприятные условия для получения крупнокристаллического строения. «По проковке сплавка в полосу на нижнем конце ее обнаруживались узоры настоящего булата, а по мере приближения кверху они становились реже и неправильнее. Из нижнего конца этой полосы приготовлен первый булатный клинок, называемый хорасаном, которого узоры к концу становились хуже» [5].

Первые опыты приготовления литой стали Аносов начал в 1828 г. В течение пяти лет он сделал ряд выдающихся открытий в области металлургии, разработал ряд новых оригинальных способов получения литой стали. Наконец, в результате упорных творческих исканий в 1833 г. был получен первый образец настоящего булата. Вековая тайна открылась. Талант и упорный труд Аносова воскресили вершину древнейшей техники.

Аносов провел еще несколько плавок с тем же графитом, удлинив время плавки до 2 час. 25 мин. и 2 час. 45 мин. Выплавка производилась в малых тиглях, емкостью до 5—6 фунт. металла. С каждым разом получались лучшие результаты, узоры имели вид булата хорасан, становились ровнее, а грунт темнее. Из сплавков были выделаны булатные клинки с красивыми узорами, «при ковке было употреблено старание к сохранению узора» [5].

Но отобранный из миасского месторождения чистый графит кончился, пришлось прибегать к посредственному, загрязненному различными примесями. Плавки, проведенные с этими сортами графита, давали весьма неоднородные результаты: «Или металл не плавился, или не ковался, или, наконец, терялись в нем узоры». В некоторых опытах был введен в шихту кварцевый песок, наряду с графитом, но это не дало желаемых результатов, узоры появлялись или слабые или почти не обнаруживались. Плавка без крыши также не исправила положение



ния, узоры получились неровные и слабые. «Одним словом, отыскание потерянного продолжалось два года»,— писал Аносов об этом периоде.

Так наступил 1834 год. В этом году была проведена реорганизация горного ведомства на военный лад и учрежден корпус горных инженеров. Чиновникам горного ведомства присвоили военные звания, и 26 января 1834 г. Аносов стал полковником корпуса горных инженеров [4].

Аносов вновь организовал поиски и разведки графита в районе озера Еланчик. Разведки не дали положительных результатов. Тем не менее Аносов высказал предположение, что пласт графита залегает в районе озера, в глубинных слоях его берегов. Это предположение Аносова подтвердилось позже, в 1840 г., когда засуха сильно понизила уровень воды в озере, обнажила глубинные породы берегов, где и найдено было значительное месторождение графита. В 1840 г. было собрано до 2 пуд. графита [5].

А пока что, в 1834 г., Аносову пришлось удовольствоваться 2 фунт. графита, собранного по берегу озера Еланчик. С этим графитом был сделан ряд плавок также в тиглях малого размера, емкостью 5—6 фунт. металла, при продолжительности плавки до 2 час. 30 мин. Исходным материалом служило навивное железо. Сначала булат получился с продольными узорами типа сирийского шама, затем более высокого достоинства — типа персидского хорасана и, наконец, близкий к карахорасану. «Нож из сего булата оказался лучше литой стали и по остроте и по прочности лезвия». Следующая плавка с миасским графитом дала булат с узорами хорасана, темным грунтом и синеватым отливом. Он оказался «в закалке крепче литой стали» [5].

Из приведенных опытов выплавки стали из железа и графита Аносов сделал вывод, что для получения булата высокого достоинства исключительно большое значение имеет чистота исходных материалов и что «совершенство булата, при одинаковых прочих обстоятельствах, зависит от совершенства графита и от чистоты углерода».

## 5. Получение литой стали прямым восстановлением руд

Исследования 1835 г. ознаменовались новым крупнейшим открытием. Аносов провел опыты получения стали непосредственно из руд путем плавления их в тиглях с добавкой графита и угля.

Железная руда (0,5 фунт.), предварительно обожженная, была загружена в тигель вместе с графитом (0,5 фунт.). Плавка длилась 1 час 40 мин., при этом часть шлака выбежала. На дно тигля осело восстановленное и насыщенное в известной мере углеродом железо. Полученный сплавок «оказался ковким продольным булатом» [5]. Повторный опыт дал такие же результаты. От переплавки обоих указанных сплавков «получен ковкий металл; сделанный из него нож оказался с продольными узорами». Таким образом, первые опыты выплавки стали из руды в тигле оказались вполне успешными. Полученный булат имел узоры типа сирийского шама.

Убедившись в возможности приготовления булата из обожженной руды, Аносов провел также опыты с необожженной рудой. Для этого он использовал чистую магнитную руду из рудников Кусинского завода. Без предварительного обжига руда (0,5 фунт.) была загружена в тигель, вместе с 0,5 фунт. миасского графита. Плавка длилась 1 час. 20 мин. Выход металла оказался очень высоким: из 46 золотников руды получен королек металла в 32 золотника, что составляет 70% от веса руды. Таким образом была бесспорно установлена возможность выплавки стали в тигле из железной руды в смеси с графитом.

Аносов пытался также выяснить действие флюсов и древесного угля на восстановление руд в присутствии графита. Но при введении в шихту флюсов и угля был получен нековкий металл. Происходило восстановление руды и насыщение углеродом до состава чугуна.

Несмотря на хороший выход металла из руд, ставить этот процесс в тигельных горнах было нерентабельно, так как объем руды значительно превосходит объем металла, следовательно, нужно было заводить крупные тигли и соответствующие печи. Введение данного способа в имевшихся тиглях и печах было невыгодно, слиш-

ком малыми получались сплавы. Поэтому Аносов не стал его дальше разрабатывать: «Сколь ни заманчив этот способ, но как он убыточен, то и оставлен, тем более что требует высокого качества руд», — заметил он в «Журнале опытам».

Но Аносов хорошо понимал значение своего открытия, и поэтому он писал: «Эти опыты заключают в себе открытие в металлургии железа, открытие важное по многим отношениям...» До Аносова получали из руд ковкий металл, однако это достигалось в других агрегатах. На основании изучения истории развития техники производства стали, а также результатов собственных опытов Аносов сделал весьма интересное предположение о том, что «древний и потерянный более 600 лет способ приготовления булата, известного под названием табан, едва ли не состоял в сплавлении графита с железною рудою» [5].

Предположение Аносова несомненно имеет под собой серьезную основу. По всей вероятности, древним способом получения стали была выплавка из руд в сыродутных печах. Причем первоначально этот процесс совершался независимо от желания, а может быть, даже против желания железодельцев, не имевших еще достаточных средств для обработки такого твердого материала. Этот способ просуществовал многие века и в начале XIX столетия закончил свой исторический путь, уступив новым, более совершенным и производительным способам. В России, на заводе Баташева, в 1820 г. получалась литая сталь непосредственно из руд в небольших доменках.

Указанный способ приготовления стали из руд в доменках отличается от способа Аносова, поэтому он мог отметить: «До сих пор из руд в тигле никто еще не получал ковкого металла, в полном смысле этого слова». Аносов впервые получил этот металл в тиглях из руд. При этом он подчеркнул большие возможности данного способа для некоторых определенных условий производства, одно из которых — высокое качество исходных материалов.

Аносов придавал важное значение своему открытию с точки зрения перспектив развития металлургии. Прямое получение железа и стали предвещало огромную экономию в рабочей силе, горючем, капитальных затра-

тах на металлургические агрегаты для передела сначала руды в чугун, а затем чугуна в сталь и железо. Эти идеи Аносова и по сей день являются идеями будущего металлургии. В наши дни они нашли лишь частичное применение.

## 6. Булаты высшего качества

Из множества разработанных способов получения литых булатов Аносов нашел наиболее приемлемым по условиям производства способ сплавления железа с графитом. Он был более доступен, прост и экономичен. Поэтому в 1836 г. Аносов снова возвратился к этому способу. В поисках необходимой присадки Аносов обратил внимание на графитовые пассауские тигли. Опробование этого материала дало обнадеживающие результаты, и поэтому с использованием его было проведено несколько плавок. При этом оказалось, что в плавку целесообразно давать до 0,25 фунт. кварца, пережженного горнового камня, на 1 фунт графита. В тигель загружалась по 12 фунт. железа, до 1,25 фунт. графита и соответственное количество кварца; плавка велась в накрытом крышкой тигле с удлинением процесса до 4—5 час. Таким способом были получены булаты шам и хорасан невысокого качества. Аносова они не удовлетворили, и после нескольких опытов исследования были прерваны до подыскания лучшего графита.

В это время Аносов усиленно занимался развитием производства и усовершенствованием техники на заводах Златоустовского округа. Он разработал предложения по техническому переоборудованию заводов округа и представил их на рассмотрение начальства, в 1836 г. организовал химическую лабораторию на Златоустовском заводе [9].

Результаты исследований и заводского опыта выделки стали по способу, изобретенному Аносовым, были им обобщены, и на этот способ Аносов получил в 1836 г. привилегию. Подлинник привилегии, хранившийся в ЦГИАЛ, исчез, однако о самом способе можно получить достаточно полное представление по описанию его в капитальном труде Аносова [10].

Высоким благородным чувством руководствовался Аносов при опубликовании своего труда. Он считал не-

обходимым дать «краткое и верное описание всех существенных правил и приемов, наблюдаемых при деле литой стали в Златоустье», «чтобы всякий, хотя несколько знакомый с железным производством, мог иметь в нем руководство», пользуясь которым, множил бы и распространял опыт производства литой стали. Чтобы обеспечить систематическую выплавку тигельной стали, Аносов построил необходимые плавильные устройства и подготовил себе помощников.

В 1836 г. были проведены достаточно удачные плавки булатов [4, 12].

В 1837 г. Аносов снова возвратился к исследованиям по булату и завершил их выдающимися достижениями. Первоначально им были проведены плавки с применением карандашей, следовательно, в шихту вводились графит и дерево. Этим путем был получен булат с узорами хорасана. Затем Аносов обратил внимание на различное действие железной руды и окалины, присаживаемых в шихту. «Прибавление руды, вместо кварцу, не имело успеха»,— писал Аносов по поводу сплавления железа с графитом в присутствии обожженной железной руды [5]. Сплавление тагильского железа с графитом в присутствии небольшого количества кварца дало булат индийского типа — куш-гынды.

Получив новый графит хорошего качества, Аносов провел несколько плавов, добавляя в шихту 1 фунт окалины на 10 фунт. тагильского железа и 1,25 фунт. графита. Несмотря на длительную плавку, продолжавшуюся в течение 4,5—5 часов, добиться полного расплавления шихты не удавалось. Аносов объяснил это отсутствием флюса и решил повторить опыты с флюсом.

Он решил испытать в качестве флюса доломит. Опыты с присадкой доломита дали блестящий успех. Первые же плавки дали булат с узором табана. Сплавив 12 фунтов сварочного тагильского железа с 1 фунтом графита в присутствии окалины (0,4 ф.) и доломита (0,4 ф.), Аносов получил металл «не мягкий, но совершенный в ковке. В остатке  $\frac{1}{2}$  ф. графита. Шлаку немного. По узору хорасан хорошего качества».

Вся огромная исследовательская работа Аносовым велась наряду с выполнением прямых служебных функций горного начальника заводов, которые он выполнял

со всей преданностью делу развития отечественной промышленности.

Аносов продолжал поиски лучших составов шихты и режимов плавки стали. Дальнейшие опыты проходили все с большими успехами. Были получены известные лучшие сорта булатов — кара-табан и кара-хорасан. Менялся графит, но с учетом особенностей графита менялся и флюс. При сплавлении тагильского железа со старым графитом Аносов дал присадку только окалины, без каких-либо других флюсов. «После плавки в течение 5 час. 30 мин. получил хороший булат кара-табан с крупными узорами, выше всех бывших». Следующая плавка дала еще лучшие результаты. Шихта ее состояла из (в фунтах): тагильского железа — 12, старого графита от пассауских тиглей — 0,5, миасского графита — 0,75, окалины — 0,37; кварцевого флюса — 0,5. Полученный булат «ковался довольно медленно», узоры оказались явственными и крупными, какие бывают на хорошем кара-табанае. Весьма ценными являются наблюдения Аносова в отношении очистки металла от примесей во время плавки. Чем длительнее плавка, тем больше выделяется из металла шлака и тем выше качество металла. Это находит свое отражение также на грунте и отливе узоров. У чистого металла отлив достигает золотистого оттенка.

Таким образом, Аносов добился получения лучших сортов восточных булатов. Особенно много образцов булатного оружия им было изготовлено в 1837 г. Записи опытов в «Журнале опытам» закончены в 1837 г., со времени начала их прошло 10 лет.

Аносов добился управления процессом выплавки стали в тиглях. Он разработал ряд способов получения лучших булатов, которые когда-либо знал мир. Он не только открыл способы производства, но подвел под них научную базу и сам приготовил большое количество булатов. Это было весьма большим достижением металлургии первой половины XIX в.

В результате множества опытов, поставленных «к отысканию тайны приготовления булатов», Аносов открыл четыре способа.

Первый способ имеет в своей основе «сплавление железных руд с графитом, или восстановление и соединение железа с углеродом». Аносов считал, что этот

способ применялся в древние времена для получения стали. Для массового тигельного производства, заметил Аносов, этот способ затруднителен, ибо нужны в большом количестве чистые руды и графит, нужно в несколько раз больше плавильных агрегатов из-за меньшего содержания металла в садке в силу малого удельного веса руды. Открытие Аносовым данного способа имеет выдающееся значение для современной металлургии.

Второй способ — «сплавление железа при доступе углей, или соединение его предварительно с углеродом и восстановление его посредством закиси железа». Сущность этого способа заключается в переплавке высокоуглеродистого сплава с окислами железа. Взятое первоначально железо насыщается углеродом при плавке до состава чугуна, а затем присадкой окислов железа производится понижение содержания углерода в металле до состава стали. Получившиеся при этом булаты оказались весьма твердыми, трудно поддающимися ковке, особенно при слабых технических средствах. Этот способ в дальнейшем был разработан П. М. Обуховым и А. А. Износковым. Первый из них использовал его для массового производства качественной стали в тиглях, а второй — для выплавки стали в регенеративных печах Сименса, построенных им на Сормовском заводе в 1869 г. Передел чугуна и железа в сталь с введением окислов железа в виде скрап-рудного процесса занимает в современной металлургии стали важнейшее место.

Третий способ заключается в получении высокоуглеродистой литой стали при «продолжительном отжигании без доступа воздуха». Высокоуглеродистая литая сталь трудна в ковке, и при несовершенных технических средствах, имевшихся у Аносова, возникали большие практические трудности в ее обработке. Длительным отжигом Аносов вызывал изменение строения стали и повышение ковкости. Таким способом получался булат невысокого качества, но он был дешевым и пригодным для массового производства. На этот способ Аносов возлагал большие надежды из-за его доступности и относительной дешевизны.

Четвертый способ представляет собой «сплавление железа непосредственно с графитом или соединение его прямо с углеродом». По условиям производства на Златоустовской оружейной фабрике наиболее удобным ока-

зался четвертый способ. Он был доступен по простоте и ровности результатов. В тигель загружались железные обрезки, графит, флюс и железная окалина. Наиболее успешно шел процесс при употреблении в качестве флюса доломита. Плавка длилась до 5,5 час., металл остывал в тигле с печью, получался сплавок в виде хлебца. Сплавок нагревался до светло-красного каления, проковывался сначала в диск, затем рассекался на три части, и каждая часть проковывалась в брусок, а потом в полосу. Этим способом были приготовлены Аносовым высшие сорта булатов.

Значение открытий Аносова в области металлургии стали исключительно велико для освоения производства и обработки литой стали. Тайна булата была раскрыта Аносовым не случайно. Это был результат глубокого изучения многовекового опыта металлургии, открытия Аносовым фундаментальной реакции металлургических процессов, открытия им многих физических и химических явлений, протекающих при производстве железа и его сплавов, разработки технологии производства литой стали высшего качества.

В течение десяти лет, с 1828 по 1837 г., Аносов провел огромные по масштабам исследования способов приготовления литой стали. За это время в «Журнале опытам» было зарегистрировано 185 опытных плавок с самыми разнообразными составами и, наверно, столько же было, если не больше, незарегистрированных. Что же касается производственных плавок, то они исчислялись несколькими тысячами. Приготовление литой стали начиная от первых опытов Аносова в 1828 г. возрастало, хотя и неравномерно: 1830 г.—7 пуд., 1831 г.—143, 1832 г.—120, 1833 г.—1659, 1834 г.—976, 1835 г.—1439 пуд.; за 1830—1835 гг. выплавлено 4595 пуд. [13]. Приготовление литой стали по способу Аносова в «большом виде» велось в тиглях емкостью по одному пуду металла, следовательно, для производства 4595 пуд. стали, учитывая неизбежный брак, на Оружейной фабрике должно было быть проведено до 5000 производственных плавок, не считая опытных. Этот огромный экспериментальный материал находился под постоянным наблюдением Аносова и подвергался тщательному исследованию.

Осенью 1837 г. строительство нового каменного корпуса для Оружейной фабрики было закончено. В начале



1838 г. цехи были переведены в новые помещения фабрики, в них установлено новое оборудование, более производительное.

Дальнейшее усовершенствование способов приготовления булатов Аносов продолжал и в 1838 г. В июне 1838 г. он писал начальнику штаба корпуса горных инженеров Чевкину: «Опыты по усовершенствованию булатов постоянно мною продолжаются... в настоящее время я имею образцы булата несколько высшего достоинства против тех, которые были представлены ранее» [14].

При проведении опытных плавов Аносов варьировал не только металлическую часть шихты, но разносторонне исследовал влияние разнообразных флюсов. В течение первых двух лет исследований Аносов изучил более десяти составов флюсов. Подводя итоги первой серии опытов с флюсами разного состава, Аносов вывел в 1829 г. закономерное влияние количества флюса на степень насыщения стали при плавке в тигле. Аносов установил также закономерную связь между жидкотекучестью флюса и быстротой плавления стали и отметил, что жидкотекучий флюс сильно реагирует со стенками тигля — плавильного сосуда. За весь период исследований Аносов изучил более двадцати составов флюсов. В первые годы он исследовал флюсы, дающие по расплавлению кислые шлаки. В дальнейшем он остановил свое внимание на основных шлаках. Таким образом, исследованиями Аносова охвачены и кислые и основные шлаки, являющиеся важнейшими материалами современной металлургии стали. Химический анализ шлаков был произведен в Петербурге, в химической лаборатории Петербургского горного института Илимовым, куда были доставлены образцы от плавов двух лучших сортов булатов: волнистого и коленчатого [15]. Состав шлака в обоих случаях оказался практически одинаковым. Получение различного узора булатов обуславливалось не составом шлака, а другими факторами.

Один из лучших образцов аносовского булата был подвергнут химическому анализу в лаборатории Горного института [15]. При этом был установлен следующий химический состав (в %): 98,0 Fe; 1,131 C; 0,50 Si; 0,055 Al; 0,30 Cu; 0,014; S; Ag — следы.

Химический анализ показал хорошо раскисленную чистую углеродистую сталь. Содержание серы составля-

ло лишь 0,014%, по-видимому, шихта была отборной. Обращает на себя внимание повышенное содержание кремния. Очевидно, плавка велась под кислым шлаком продолжительное время, благодаря чему произошло значительное восстановление кремния и растворение его в стали. В свою очередь это свидетельствует о хорошем раскислении стали.

Каких-либо специальных элементов в составе аносовского булата Илимов не нашел. Количество примесей было небольшим, «а потому насчет присутствия в стали и булате посторонних тел можно, кажется, допустить, что незначительное количество их, не превышающее процента, не имеет приметного влияния на булат», — отметил Илимов. Булат Аносова представлял собой чистую углеродистую сталь. Илимов обратил внимание на замечательные качества образца аносовского булата, переданного ему для химического анализа в виде пластинки. «Отполированный и закаленный конец ее крошил лучшие английские зубила, тогда как отпущенный конец легко принимал впечатления и отсекался чисто и ровно».

Английская литая сталь изготавливалась из весьма чистых сортов шведского железа и относилась в те времена к лучшим в мире сортам. Поэтому нередким было сравнение с ней других сортов стали по качеству и свойствам. Аносов отметил, что самое большее, что ему удавалось достигнуть клинком из английской стали, это нарезать шелковую материю, но перерезать газовый платок таким клинком не удавалось, он не обладал необходимой остротой. Между тем клинок из восточного булата легко перерезает в воздухе газовый платок. Такой изумительной остротой обладали и клинки из аносовского булата. «Итак, если коленчатым или сетчатым булатом с крупными узорами и золотистым отливом перерезывают легко на воздухе газовый платок, то тут ничего нет преувеличенного: моими булатами я мог делать то же самое» [5].

С другой стороны, острое лезвие на аносовском булате имело исключительно высокую прочность, оно сохранялось даже при ударе о жесткие тела. «Если булатами перерубают кости, гвозди, не повреждая лезвия, то и в этом случае есть истина; но необходимо, чтоб сабля была из хорошего булата чтоб она была закалена и отпущена соответственно пробе» [5]. Лезвие клинка

из хорошего булата всегда прочнее, чем клинка из обычной стали, и поэтому булатный клинок всегда надрубит обычный стальной клинок, одинаково с ним закаленный и отпущенный.

Высокая твердость и прочность сочетались в аносовских булатах с исключительной упругостью. Это свойство особенно ценилось в шпажных клинках, приготовлению которых, как личному оружию, уделялось особое внимание. «Шпажный клинок, из хорошего булата приготовленный, правильно выточенный и соответственно закаленный, как оказалось по моим опытам, не может быть при гнутье ни сломан, ни согнут до такой степени, чтоб потерял упругость: при обыкновенном гнутье он выскакивает и сохраняет прежний вид. А при усиленном, например наступив на конец ногою и загибая его под прямым углом, он не сломается, а будучи выправлен, не потеряет прежней упругости; при этой связи в частях булатный клинок может быть тверже всякого клинка, приготовленного из стали» [5].

Несмотря на высокое содержание углерода, аносовские булаты обладали прекрасной ковкостью. Лучшие из них проковывались из бруска в полосу с двух нагревов. При этом следует учесть сравнительно невысокую температуру нагрева под ковку и несовершенство хвостовых молотов, действовавших от водяного привода. Вес молота был около 2,4 пуд., т. е. почти 40 кг. Чтобы проковать под таким молотом булатный сплавок в брусок, его приходилось нагревать от 3 до 9 раз. Благодаря чистоте булаты выдерживали ковку даже в холодном состоянии. «Я пробовал ковать некоторые без нагрева, и они тянулись, не получая трещин, и во времяковки нагревались докрасна», — пишет Аносов [5]. Такой ковкостью обычная литая высокоуглеродистая сталь может обладать только будучи тщательно приготовлена и обработана, т. е. высшего качества.

Для достижения такого сочетания твердости, упругости и пластичности необходимо было особенно тщательно провести выплавку стали, ковку и термическую обработку, строго соблюдая технологию производства, свойственную металлургии высшего класса. А какова должна быть эта технология, какие технические условия должны соблюдаться на каждой стадии производства, на этот вопрос дали ответ исследования П. П. Аносова.

Открытие Аносовым секрета производства булатов было оценено передовой технической интеллигенцией России как крупнейший вклад в науку и технику. «Открытие способа приготовления булата, не уступающего качествами лучшим булатам азиатским, принадлежит, бесспорно, к числу важнейших открытий, которыми обогатилась наша промышленность в последние годы, и мы этим обязаны трудам корпуса горных инженеров генерал-майора Аносова. Превосходные качества изделий, приготовленных из златоустовского булата, при необыкновенной дешевизне их, ручаются за прочность открытия и водворения его у нас», — писал Илимов, исследовавший химический состав образца златоустовского булата, шлаков от булатных плавок и отдельные свойства образца булата [5].

Вскоре после появления в печати классического труда Аносова «О булатах» газета «Мануфактурные и горнозаводские известия» писала, что «Сочинение Аносова «О булатах» возбудило общее внимание» [16].

Златоустовские булатные изделия были представлены на третьей Московской мануфактурной выставке в 1843 г. Они получили прекрасный отзыв: «Теперь Россия представляет единственный в целом мире источник нового булата лучших качеств. Булаты наши ценятся между азиатцами по крайней мере в десять раз дороже против здешней цены их. Сталь златоустовских заводов известна по отличному качеству вырабатываемого из нее белого оружия...

Должно отдать справедливость их булатным кинжалам, которые оказались отличнейшего достоинства» [17].

Газета юсочла необходимым сказать несколько теплых слов по адресу первооткрывателя секрета булатов П. П. Аносова: «Было бы несправедливо не воздать должной почести и хвалы усердию, энергии и знаниям того ученого корпуса инженеров, на который возложено великое призвание распространять ремесленность и промышленность... в глубине лесов Урала и Алтая» [17].

Златоустовские булаты были представлены на Лондонской выставке 1851 г. Газета «Морнинг пост» в обзоре русского отделения выставки обратила особое внимание на златоустовские булаты, заметив, что «замечательный успех этой отрасли русской промышленности,

без сомнения, относить можно высокому качеству употребляемой стали» [18].

Ученые Казанского и Харьковского университетов и других научных учреждений живо интересовались исследованиями Аносова. После выхода в свет труда Аносова «О булатах» профессор химии Харьковского университета П. П. Эйnbrодт написал личное письмо Аносову, выражая свое восхищение богатством содержания указанного сочинения. Эйnbrодт подчеркнул, что открытие Аносовым секрета булата и разработка способов получения его могут составлять заслуженную гордость автора [19].

Многолетние свои исследования Аносов обобщил и опубликовал в классическом труде «О булатах». Этот труд был напечатан во 2-й книжке «Горного журнала» за 1841 г., а также отдельно в виде книги «О булатах», составленной из двух частей. Вскоре этот труд Аносова был переведен на французский и немецкий языки и издан на этих языках в 1843 г. Таким образом, в 1841—1843 гг. выдающиеся открытия Аносова стали достоянием мировой науки и техники, они явились крупнейшим вкладом в металлургию, послужив фундаментом для развития высококачественной металлургии.

Аносков сам характеризовал булат как высококачественную сталь, и вся его творческая работа в области металлургии была направлена на получение совершенной, высококачественной стали. Выдающийся ученый и инженер, истый патриот, Аносков видел огромные потенциальные возможности своей Родины, но вместе с тем хорошо сознавал вопиющее отставание в развитии производства важнейшего материала — стали. Аносков оценивал булат, как сталь совершенную, т. е. высококачественную.

Во всех случаях, когда заходила речь о природе булата, Аносков говорил о «достижении совершенства в стали», о совершенном, т. е. высококачественном, металле. Именно Аносков своими исследованиями, научной разработкой проблемы и внедрением в производство своих выдающихся открытий по приготовлению литой стали создал фундаментальные основы производства высококачественного металла. Решая задачу получения булатов, Аносков последовательно находил фундаментальное решение технических вопросов по отдельным важней-

шим стадиям производства и создавал в комплексе технологический процесс производства высококачественной стали. Исследования Аносова ясно показали, что производство высококачественной стали требует строгого соблюдения определенных технических условий во всех стадиях производства, начиная от подбора шихты для плавки и кончая термической обработкой готового изделия. Ни один момент приготовления стали, «ни один нагрев не должен быть оставлен без внимания» при проковке и дальнейшей обработке, указывал Аносов. Так были решены коренные вопросы технологии высококачественной металлургии стали.

Литая тигельная сталь получалась и до Аносова, но это было обычно сплавление или заранее приготовленной стали, например сварочной и цементованной, или смеси разной степени науглероженных сплавов — чугуна и железа. Аносов же разработал совершенно новые процессы выплавки стали, в основе которых лежат сложнейшие металлургические реакции восстановления, окисления и науглероживания железа.

Важнейшие указания по технологии производства литой стали, сделанные Аносовым вошли прочно в современную технологию производства качественной и высококачественной стали. Поэтому с полным основанием можно говорить о трудах Аносова как положивших начало современной высококачественной металлургии.

России «недоставало только совершенства в общепотребительном материале — в стали», — писал Аносов. Он был полон надежд, что отечественная промышленность и сельское хозяйство используют на общее благо его выдающийся вклад.

Он закончил свой классический труд «О булатах» так: «Оканчиваю сочинение надеждою, что скоро наши воины вооружатся булатными мечами, наши земледельцы будут обрабатывать землю булатными орудиями, наши ремесленники выделывать свои изделия булатными инструментами; одним словом, я убежден, что с распространением способов приготовления и обработки булатов они вытеснят из употребления всякого рода сталь, употребляемую ныне на приготовление изделий, требующих особенной остроты и стойкости» [5].

Но помещичье-крепостная система в России, господствовавшая еще продолжительное время и после Аносо-

ва, всемерно сдерживала развитие промышленности и применение техники в сельском хозяйстве. Не только производство качественной стали, но и выработка обычных сортов чугуна, железа и стали развивались чрезвычайно слабо. Так что об осуществлении надежд Аносова в этот период совершенно не приходится говорить. Очень небольшое увеличение выработки качественной стали, да и то почти исключительно на военные нужды, произошло начиная с 70-х годов прошлого столетия, когда были пущены Обуховский сталепушечный, Пермский сталепушечный и некоторые другие заводы. Что же касается надежд Аносова на организацию массового выпуска качественной стали для нужд промышленности и сельского хозяйства, то они оставались неосуществленными.

Известный металлург Н. Т. Беляев в своем труде «О булатах», изданном в 1906 г., с горечью констатировал: «Пожеланиям Аносова не суждено было сбыться... по крайней мере до сих пор» [3].

Надежды Аносова оправдались лишь после Великой Октябрьской социалистической революции. Советский народ под руководством Коммунистической партии создал новый общественный и государственный строй и коренным образом изменил экономику нашей страны. Социалистическая промышленность имеет мощную металлургию, обеспечивающую промышленность и сельское хозяйство всеми необходимыми сортами стали. Следуя традициям великого русского металлурга П. П. Аносова, советские ученые-металлурги в творческом содружестве с работниками промышленности создают новые прогрессивные способы производства металла, непрерывно совершенствуют технику металлургии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В. Потто. Кавказская война, т. 4. СПб., 1889, стр. 677.
2. Г. Уилькинсон. О причине образования струй на булатных или дамасских клинках.— Горный журнал, 1841, № 6, стр. 427.
3. Н. Т. Беляев. О булатах. 1906, стр. 24.
4. Формулярный список П. П. Аносова, 1847 — Томский обл. архив.
5. П. П. Аносов. О булатах. СПб., 1841.
6. V e n. Bullet. de la Soc., 1823, p. 223.
7. Рапорт П. П. Аносова Начальнику штаба корпуса горных инженеров Чевкину, июнь 1838, Златоуст.

8. Об открытии графита в округе Златоустовских заводов.— Горный журнал, 1826, № 6, стр. 149—153.
9. *Богословский*. Дело старцовой стали.— Горный журнал, 1836, № 9, стр. 573.
10. *П. П. Аносов*. О приготовлении литой стали.— Горный журнал, 1837, № 1.
11. О изобретенном г. полковником Аносовым способе обрабатывать золотосодержащие пески плавкою.— Горный журнал, 1837, № 7, стр. 28.
12. О косах г-на Аносова.— Земледельческий журнал, 1837, № 1, стр. 160.
13. Ведомость о выделенном оружии и изделий при Златоустовской оружейной фабрике.— Горный журнал, 1836, № 11, стр. 463.
14. Рапорт Аносова Начальнику штаба корпуса горных инженеров Чевкину июнь 1838, Златоуст.
15. *И. Илимов*. Разложение златоустовского булата и двух шлаков, полученных при булатном деле.— Горный журнал, 1841, № 10, стр. 17.
16. Ман фактурные и горнозаводские известия, 25 июля 1841 г., стр. 225.
17. Мануфактурные и горнозаводские известия, 3 сентября 1843 г., стр. 285; 19 января 1845 г., стр. 18; 23 марта 1845 г., стр. 83.
18. Мануфактурные и горнозаводские известия, 6 июля 1851 г., стр. 215.
19. Заметка на приготовление булата, адресованная П. П. Аносову покойным профессором химии при Харьковском университете П. П. Эйбродтом.— Горный журнал, 1874, т. II, стр. 362.



### Внедрение прогрессивной техники в разные области производства

#### 1. Совершенствование техники производства

На протяжении всей своей деятельности в Златоустовском горном округе Аносов лично руководил буквально всеми сторонами производственной жизни сначала Оружейной фабрики, а затем и всех заводов округа.

Развивающееся производство не укладывалось в существующих помещениях заводов. Аносов добивался разрешения на постройку новых зданий и руководил строительством. В 1836 г. он поставил вопрос перед главным горным начальником Уральского хребта о реконструкции ряда фабрик, расширении их, строительстве новых фабрик и новых помещений взамен обветшавших на Златоустовском, Саткинском, Кусинском и других заводах округа.

Для выполнения исследований по приготовлению булата и для повышения технического уровня производства Аносов организовал в 1836 г. при Златоустовском заводе химическую лабораторию. В 1837 г. он добился поручения главному механику Уральского горного правления произвести технический осмотр всех механических устройств златоустовских заводов.

В сентябре было закончено строительство каменного здания Оружейной фабрики. Начали готовиться к переезду в новое помещение. Однако производственная жизнь фабрики не останавливалась. Осенью же 1837 г. проверил состояние Оружейной фабрики генерал-адъютант Сухозанет, который нашел фабрику в хорошем состоянии [1].

Значительное усовершенствование было внесено Ано-

совым в производство кричной стали, в результате чего заметно улучшилось качество выварной, или рафинированной, стали.

Расширился ассортимент железоделательного производства на всех заводах округа, особенно на Кусинском и Артинском. На Златоустовском заводе выпускалось железо кричное и разноплющильное; на Саткинском — кричное, разноплющильное, передельное, сортовое, листовое, ножневое круглое и проволочное; на Артинском — передельное по заказам Тульского Ижорского, Сестрорецкого, Луганского заводов, а также кричное, выварное для других заводов. На Артинском заводе выделывались косы из выварной, а с 1833 г. преимущественно из литой стали, получавшейся по способу Аносова. В продукции 1835 г. указаны разносортные гвозди общим весом 699 пуд. [2].

На долю Саткинского, Кусинского и Артинского заводов приходилась тяжелая задача изготовления в 1833—1835 гг. десятков тысяч штук наручников, цепей, замков к цепям для этапов.

К 1837 г. при выплавке чугуна на златоустовских заводах использовались лучшие достижения техники того времени. Это позволило Аносову войти с ходатайством о разрешении поставить на Златоустовском заводе отливку чугунных пушек. Производство их намечал Аносов поставить на самой современной технике.

Закончив в 1837 г. исследования по разработке способов приготовления булатов, Аносов фактически продолжал совершенствовать способы приготовления стали. Постепенно расширялся ассортимент изделий из литой стали. Вслед за холодным оружием из литой стали начали успешно выделывать высококачественные косы. До этого страна вынуждена была затрачивать огромные суммы на приобретение кос за границей.

В 1839 г. Аносов послал на выставку отечественных мануфактурных изделий образцы производства златоустовских заводов. Они привлекали внимание высоким качеством, тщательностью отделки [3].

В 1839 г. была открыта Екатеринбургская механическая фабрика. Одним из основных заказчиков на изготовление различных механизмов и деталей был Златоустовский заводской округ. Здесь для Златоуста делались паровая машина, детали и механизмы разных устройств.

Побывавший на заводе в Златоусте и познакомившийся непосредственно с производством известный английский геолог Мурчисон отметил: «Златоустовский завод назвать можно Шеффилдом и Бирмингамом хребта Уральского; находящаяся в нем фабрика холодного оружия стоит на высокой степени совершенства» [4]. В значительной мере это было достигнуто благодаря деятельности Аносова.

Конец 1840 г. Аносов проработал на Златоустовском заводе со времени приезда в качестве практиканта в 1817 г. свыше 23 лет; последние девять с половиной лет он выполнял функции горного начальника златоустовских заводов, восьмой год состоял в чине берггауптмана 6-го класса и полковника. За это время он сделал огромный вклад в разнообразные отрасли техники; златоустовские заводы получили известность по всему миру как производители высших сортов стали и высшего качества стальных изделий и в целом как заводы высокой культуры. Недаром сюда шли ответственнейшие поручения по проверке заграничных способов приготовления стали, разработке способа производства панцирей, производства сельскохозяйственных орудий и т. п.

27 декабря 1840 г. П. П. Аносов был произведен в чин генерал-майора и оставлен горным начальником златоустовских заводов.

Аносов продолжал совершенствовать технику производства. Оружейная фабрика с 1818 по 1841 г. удвоила выпуск продукции. Успех определялся, кроме всего прочего, тем, что Аносов создавал благоприятную обстановку для творческой инициативы сотрудников, обеспечивал внедрение технических достижений в производство. Он был несравненно выше по научным и техническим знаниям всех окружавших его сотрудников, но это превосходство не делало Аносова техническим диктатором, как это нередко бывало в те времена, а служило притягательной силой для всех инициативных и творческих работников.

В 1839—1840 гг. на Артинском заводе горный инженер Иосса провел весьма интересные опыты передела чугуна в железо в закрытых кричных горнах с использованием тепла отходящих газов для подогрева чугуна, воздуха, кричных кусков и пр. [5]. В литературе [6] имеются ошибочные указания, будто этот способ был введен

на Златоустовском заводе в 1841 г. кричными мастерами братьями Гранмонтани. Фактически первые опыты по внедрению данного способа были проведены инженером Юосса на Артинском заводе в 1839 г., и тогда же были получены весьма хорошие результаты, несмотря на большие недостатки в воздухометалургическом аппарате. В закрытом горне наряду с вывариванием крицы производился нагрев кусков от предыдущей крицы для проковки в полосу. Опыты передела чугуна в кричное железо в закрытых горнах показали на Артинском заводе высокую рентабельность нового способа.

В 1841 г. на Златоустовском заводе был внедрен способ передела чугуна в железо малыми крицами. Выделка малых криц весьма удобна при работе в закрытых горнах, и есть основания связывать эти опыты на Златоустовском заводе с устройством закрытых горнов на Артинском заводе в 1839 г. Опыты с выковкой малых криц проводил на Златоустовском заводе инженер Лисенко [7]. Выделка железа в закрытых горнах малыми крицами была освоена на златоустовских заводах успешно и широко внедрена в производство. Этот способ имел преимущества по сравнению с обычным не только меньшей затратой угля и сокращением длительности передела чугуна, но и повышением качества продукта. Последнему обстоятельству Аносов придавал не меньшее значение, чем первому. Кроме того, при работе малыми крицами значительно облегчалась физическая работа кричного мастера и его подмастерьев.

Богатый опыт усовершенствования техники и внедрения новой техники в производство Аносов передавал для всеобщего использования или через «Горный журнал», или путем составления «отчетов» и рассылки этих отчетов по заводам через корпус горных инженеров или через комитет по составлению заводских штатов. С 8 октября 1840 г. по 20 февраля 1841 г. он находился в Петербурге и принимал деятельное участие в комитете по составлению заводских штатов [1].

Крупным техническим усовершенствованием на Златоустовском заводе явилось устройство кричного молота, сконструированного Аносовым в 1845 г. Этот молот был более мощным, весил 18—20 пуд., в минуту делал 120—140 ударов вместо 80 и обеспечивал успешную работу при контуазском способе приготовления железа.

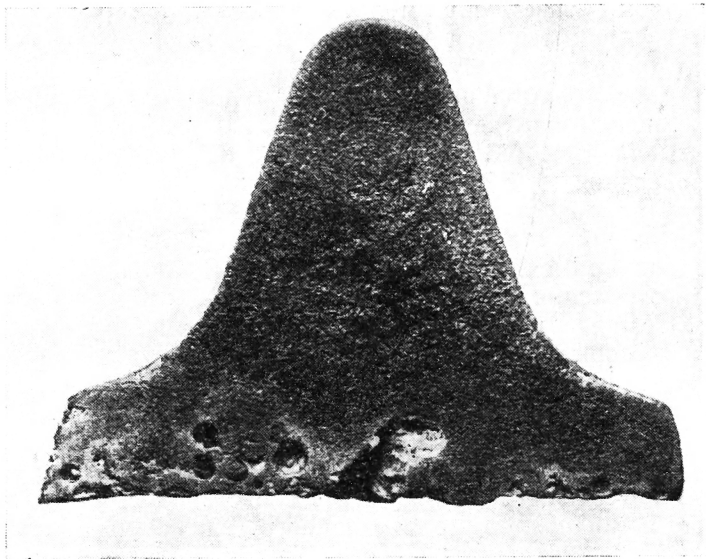
Опытный экземпляр молота Аносова, построенный в 1846 г., испытывался в течение десяти месяцев и показал прекрасные результаты.

Аносов настойчиво проводил линию на максимальное использование местных сырьевых ресурсов, разрабатывая способы обработки местных материалов для приведения их в состояние, годное для использования в промышленности, сельском хозяйстве, быту. Характерный штрих: миасский графит с озера Еланчик первоначально применялся Аносовым для выплавки булатов и приготовления жаростойких тиглей. В 1842 г. из этого же графита начали выделять в Златоусте карандаши, которые, по заключению Горного института и горной технической школы, были хорошего качества и для рисования и для черчения.

Огромный труд, вложенный Аносовым в раскрытие природных богатств Южного Урала, имел обильные плоды. Им открыто много богатых месторождений металлов и минералов промышленного значения. Большое внимание продолжал уделять Аносов геологическим исследованиям Южного Урала. Каждое лето посылались несколько разведочных партий для изыскания месторождений золота, железных руд, медных руд, драгоценных камней и т. д. [8].

Характерным для технической деятельности Аносова было стремление механизировать производственные процессы. И там, где это ему удавалось осуществить, он использовал новейшую технику. Так было с механизацией золотопромывального дела, где он не только создал новую высокопроизводительную машину, но ввел — пожалуй, впервые на Урале — паровую машину для приведения в движение золотопромывального устройства. Так было и с усовершенствованием транспорта тяжелых массовых грузов — золотоносных песков и железных руд.

Еще в XVIII в. талантливые русские техники изобрели новые пути сообщения. Выдающийся русский изобретатель К. Д. Фролов построил в 1763—1765 гг. рельсовые пути для перевозки по ним грузов на конной тяге. В 1788 г. рельсовый путь построен на Александровском пушечном заводе. Рельсы отливались из чугуна в виде брусков определенного сечения, поэтому первые рельсовые дороги назывались «чугунками». Это назва-



*Рис. 21. Макрошлиф рельса златоустовского чугунного колесопровода*

ние в дальнейшем было распространено и на железнодорожные пути. В 1806—1810 гг. известный изобретатель и строитель крупнейших гидротехнических сооружений на Алтае П. К. Фролов проложил чугунную рельсовую дорогу длиной около 2 км на Змеиногородском руднике.

В 1836—1837 гг. на Златоустовском заводе Аносов построил колесопровод — железную дорогу, обслуживавшуюся конной тягой. Рельсы колесопровода были отлиты из чугуна. На рис. 21 приводится фотография темплета, вырезанного из рельса колесопровода. Колесопроводы были построены для перевозки железной руды сначала к Златоустовскому и Саткинскому заводам, а затем к Кусинскому заводу (85 м); к Златоустовскому заводу от Черновского (150 м) и от Тесминского (107 м) рудников.

## 2. Создание отечественного производства высококачественных кос

Аносов внес крупный вклад в создание отечественного производства высококачественных кос. Коса являлась одним из важнейших сельскохозяйственных орудий, употреблявшихся в огромном количестве. Отечественные заводы выделяли их из кричной стали и удовлетворяли лишь незначительную долю их потребности. Огромное количество кос привозилось из-за границы. Штейермаркские, штирийские, шафгаузенские, английские и другие косы господствовали на российских полях и превосходили своим качеством отечественные косы. Вопрос об организации массового производства этого изделия в России имел государственное значение.

Участие Аносова в этом деле было чрезвычайно плодотворным. Оно имело следствием, во-первых, изменение способа термической обработки кос и, во-вторых, изменение сорта и качества металла, употребляемого на их выделку. До 1833 г. как в России, так и за границей косы изготовлялись из выварной стали и достоинство их зависело от чистоты исходных материалов, тщательности приготовления металла, тщательностиковки и термической обработки.

После того как коса была откована, обрезана в меру и принимала надлежащую форму, она подвергалась закалке и отпуску. Эти операции имели весьма несовершенную технологию. При нагреве под закалку на поверхности кос образовывалась окалина, к которой приваривалось сало во время закалки (в говяжьем сале с примесью мела и нашатыря). Очистка поверхности производилась скоблением долотообразными чисталками. Отпуск в горячем песке требовал большой опытности, чтобы придать равномерную твердость по всей длине изделия [9].

В 1827 г. Аносов применил на Артинском заводе для закалки кос новый способ, который был разработан им самим и заключался в охлаждении нагретых кос под струей воздуха [10]. Для закалки кос был сделан специальный аппарат, в котором струя воздуха равномерно направлялась на нагретую до красного цвета косу и производила закалку. Охлаждение продолжалось до

двух минут, закалка получалась мягкой, но вполне обеспечивающей необходимую рабочую твердость и упругость. Технологическое испытание кос (кошение сухой травы на открытых местах) показало очень хорошие результаты. «Некоторые косы, взятые на пробу, действовали с такой легкостью, какой только ожидать можно было, несмотря на сухость травы; даже небольшие березовые кусты не могли противостоять остроте лезвия их» [11].

Аносов был рад не только успехам производства, но и тому, что труженики земли — крепостные крестьяне получают облегчение в своей тяжелой физической работе, что найден способ термической обработки кос, который «принесет косному производству весьма важную пользу, а земледельцам облегчение работы» [11].

В следующем, 1828 г. Аносов продолжил опыты закалки под струей воздуха при различных температурных условиях. Было закалено 18 кос, из них 6 кос при температуре воздуха минус  $18^{\circ}$  R, 6 кос при минус  $5^{\circ}$  R и 6 кос при плюс  $12^{\circ}$  R. Лучшими оказались закаленные под струей холодного воздуха при минус  $18^{\circ}$  R. Это, кажется, является первым в литературе указанием закалки при отрицательных температурах. В 1829 г. по способу Аносова было закалено до 50 кос-литовок, приготовленных на Артинском заводе. Испытания их в сенокос 1829 г. снова подтвердили высокие качества. Преимуществом закалки под струей воздуха оказалось отсутствие трещин, часто встречающихся на обычно закаленных косах у пят.

В 1833 г. Аносов ввел на Артинском заводе выделку кос из литой стали. Вместо прежней неоднородной выварной стали Аносов начал применять сталь более высокого качества — литую тигельную, поставив, таким образом, косное производство на новый технический уровень [2].

Значительное улучшение качества артинских кос привлекло внимание Московского общества сельского хозяйства к работам П. П. Аносова, и 3 января 1834 г. он был избран действительным членом этого общества.

В 1836 г. литая сталь была пущена Аносовым на массовое производство кос. Их было изготовлено в этом году и отправлено на продажу до 15 тыс. Популярность аносовских кос возрастала.



В 1836 г. по распоряжению министра финансов было организовано сравнительное испытание златоустовских кос из литой стали и иностранных — шафгаузенских завода Фишера из литой стали, штирийских из сырой стали и английских из сырой стали. Испытания были поручены удельному земледельческому училищу и показали определенные преимущества кос из литой стали над косами из сырой стали [12]. Шафгаузенские косы из литой стали были закалены неоднородно и по качеству оказались хуже златоустовских. Златоустовские косы оказались хуже острее и удобнее штирийских, имевших до этого широкое распространение в России. Таким образом, златоустовские косы из литой стали с честью выдержали соревнование по остроте и стойкости в работе с лучшими иностранными образцами. Осенью 1836 г. Аносов выезжал в Артинск на завод и сам лично руководил устранением производственных недостатков, уточнил технологический процесс, наладил контроль за качеством выпускаемой продукции, установил пробу кос [13]. Наладив производство, организовав косную фабрику на Артинском заводе, Аносов надеялся на успех отечественного производства и освобождение России от импорта. Он был уверен, что «Россия будет иметь свои косы лучше привозных». Аносов принял меры к тому, чтобы широко осведомить о добротных качествах отечественных златоустовских кос. Он сообщил 5 марта 1837 г. в Московское общество сельского хозяйства, что отправил новую партию кос в общество, а также партию кос в Симбирскую губернию для испытаний. В апреле 1837 г. полученные в Москве косы были освидетельствованы и признаны не уступающими лучшим иностранным [14].

Семиручные штирийские, или венгерские, косы ввозились в Россию по цене от 130 до 190 коп. за штуку, а златоустовские косы продавались в соответствии с предписанием министра финансов по 175 коп. и поэтому вытесняли иностранные. Артинская фабрика начала выпускать ежегодно до 30 тыс. высококачественных кос.

18 января 1839 г. Московское общество сельского хозяйства наградило П. П. Аносова золотой медалью «в изъявление признательности своей за усовершенствование косного производства на златоустовских заводах».

На Московской промышленной выставке 1843 г. отечественное производство кос выступало уже со значительными достижениями. Здесь были представлены косы тагильских заводов с прекрасной наружной отделкой, косы шепелевских заводов, заслужившие хорошую репутацию, и, наконец, прославленная продукция златоустовских заводов.

Таким образом труды Аносова увенчались блестящими результатами: отечественная промышленность получила не только разработанный способ производства кос высокого качества, но и смогла освободиться от иностранной зависимости.

### 3. Плавка золотоносных песков

В Златоустовском горном округе разрабатывалось богатейшее месторождение золота, расположенное в районе Миасского завода. Это месторождение было открыто в 1823 г. и вскоре заняло важное место в производственной жизни округа. С момента назначения Аносова на должность горного начальника златоустовских заводов в круг его обязанностей входило также и развитие золотодобычи на приисках округа.

Благодаря проведенным им геологическим исследованиям, открытию богатых золотоносных месторождений и созданию высокопроизводительных золотопромывальных машин добыча золота в Златоустовском округе получила первостепенное значение. С 1823 по 1836 г. на приисках округа было добыто 614 пуд. шлихового золота. Это составляло шестую часть всего добывавшегося на Урале золота [5]. При таких масштабах добычи горному начальнику округа нужно было заботиться об организации производства в крупном плане, применении наиболее совершенных способов добычи, сообразуясь с естественными условиями месторождений.

В начале XIX в. способов добычи золота существовало много, но они носили преимущественно кустарный характер и требовали большого количества рабочей силы. Недостаточное совершенство способов добычи золота, приводивших к значительным потерям его, вызвало необходимость проведения сравнительных исследований различных способов. Эти исследования были выпол-

нены Аносовым в 1836 г. Сравнивались шесть способов в одинаковых условиях действия. Соответственными способами добычи в ста пудах песков найдено золота: 1) промывкой на обыкновенных грохотах с корытами —  $31\frac{5}{8}$  доли; 2) промывкой на ручном вашгерде — 42 доли; 3) промывкой с амальгамацией —  $28\frac{8}{98}$  золотника; 4) амальгамацией откидных песков —  $42\frac{2}{3}$  доли; 5) мокрым толчением и амальгамацией галек и валунов — 36 долей; 6) растворением в царской водке, осаждением железным купоросом и сплавлением осажденного порошка —  $47\frac{22}{96}$  золотника. Последний способ дал выдающиеся результаты.

Аносов решил, что при таком высоком содержании золота в песке самой выгодной обработкой их должна быть плавка. При этом предполагалось, что имеющееся в песках окисленное железо будет восстанавливаться и насыщаться углеродом до состава чугуна. Последний должен собрать в себе золото. Извлечение золота из чугуна намечалось путем обработки серной кислотой.

Переплавленные 10 фунт. (4 кг) цельных песков в тиглях с угольным порошком и флюсом дали золотистый чугун, содержащий  $10\frac{3}{4}$  доли золота, а это означало 37,5 золотника на 100 пуд. песка. Аносов перешел на плавку в доменной печи и за шесть дней проплавил в доменной печи 2818 пуд. песка, получив 50 пуд. золотистого чугуна, содержащего  $11\frac{4}{96}$  золотника золота на пуд чугуна, что соответствовало 21 золотнику золота на 100 пуд. песка [16]. Третий опыт плавки был проведен в шахтной медеплавильной печи Миасского завода. Полученный золотистый чугун содержал  $32\frac{7}{9}$ — $22\frac{1}{2}$  золотника золота на пуд чугуна. Для извлечения золота он обрабатывался серной кислотой.

Предложение Аносова вызвало дискуссию среди специалистов [17, 18]. Но независимо от результатов оно является примером дерзновенной инженерной мысли.

#### 4. Золотопромышленные машины Аносова

Во второй половине XVIII в. техника золотопромышленного дела в России значительно продвинулась по сравнению с границей. Большой вклад в это дело внес

знаменитый механик, конструктор, создатель мощной техники на водной энергии Кузьма Дмитриевич Фролов. Его можно считать предшественником П. П. Аносова по механизации золотопромывального дела. На березовских золотых промыслах он достиг больших успехов в усовершенствовании золотопромывальных машин. «В 1760 г. построил, по собственному изобретению, промывальную машину, на которой вымывка золота производилась гораздо успешнее, с уменьшением противу прежнего более двух третей рабочих и сбережением расходов до 3400 рублей» [19]. Заслуживает особого внимания резкое сокращение физического труда, достигнутое Фроловым.

В начале XIX в. в России применялись разнообразные способы добычи золота. Из них шесть способов Аносов подверг сравнительному исследованию и при этом установил значительную разницу в выходе золота при разных способах добычи [16]. Многие старые способы уже тогда отпадали за малой производительностью [20]. Ушел из массового производства ручной вашгерд, уступили свое место также венгерские станки. Они были заменены на Урале грохотом с наклонным корытом и граблями.

Считавшиеся на Урале лучшими устройствами для промывки песков бочка и чаша требовали движителя значительной силы, так как нужно было вращать бочку со всей массой песков и производить «кругообращательное движение граблей с песками в чаше» [21]. Аносов видел крупные недостатки применявшихся тогда золотопромывальных устройств и занялся их усовершенствованием. Он внес коренное изменение в конструкцию промывального устройства, заменив бочку и чашу корытом на той здоровой основе, что круговое движение бочки со всей массой песков и круговое движение граблей с песками в чаше требует несравненно больше силы, нежели колебательное движение граблей по пескам в корыте. Таким образом был создан золотопромывальный станок с новой кинематикой [21, 22].

Для приведения в движение станка Аносов использовал паровую машину в 8 л. с. Распространение паровой машины в горном деле только начиналось, и Аносов был здесь в числе пионеров. Наряду с паровой машиной обслуживали станок два конных ворота.

Новые золотопромывальные машины были поставлены в производство на двух рудниках — Атлянском и Верхнемиасском, по четыре машины на каждом. Они показали значительно более высокую производительность по сравнению со всеми существовавшими в то время. В смену один человек промывал 800—1200 пуд. песка. После внесения конструктивных изменений машина была улучшена.

На Каскиновском руднике к 1841 г. было шесть аносовских машин, на которых шесть рабочих за смену промывали 7200 пуд. песка. Для выполнения этой работы на ручных станках потребовалось бы до 24 рабочих. Следовательно, на 14 машинах Аносова, установленных на миасских рудниках, высвобождалось 56 рабочих.

Несмотря на это Аносов не был удовлетворен своим детищем. В ходе эксплуатации станка выявился ряд недостатков, подлежащих устранению; к тому же и промывка не была достаточно совершенной. Аносов решил усовершенствовать машину в целом. Как это было и в других случаях, когда Аносов брался за какой-либо важный технический вопрос, он стремился найти коренное решение и создать новый агрегат или новую технологию, дающие принципиально новое решение.

Глубоко изучив дело, Аносов выработал важнейшие принципы, на которых, по его мнению, должно быть построено золотопромывальное дело [20]. На этих принципах была создана оригинальная золотопромывальная машина высокой производительности. Она состояла из трех узлов: паровой машины, двух батарей чугунных чаш и отсадочных корыт с граблями.

Паровая машина среднего давления в 8 л. с. при 35 оборотах в минуту сообщала вращение чашам от 10 до 13 оборотов в минуту и через систему зубчатых колес, кривошипа и тяг двигала валы с граблями. Новую свою машину Аносов назвал золотопромывальной мельницей. Она могла действовать безостановочно по 10—12 час. и промывать в сутки 16 тыс.—18 тыс. пуд. песка (в течение года до 7 500 тыс. пуд.). Для того времени машина была исключительно высокой производительности. Выдающиеся качества ее заключались в том еще, что она в 2 раза сократила потребное число рабочих. В процессе работы при ней задалживалось 55 че-

ловек, а для промывки такого же количества песков на грохотах с приводом для граблей требовалось 104 человека, да еще конная тяга в 16 лошадей. Следовательно, мельница Аносова сберегала в сутки рабочую силу в 49 человек и конную тягу в 16 лошадей. Машина Аносова была замечательна и тем, что она обеспечивала более тщательную промывку песков и соответственно более высокий выход золота из песков. В откидных песках оставалось только от 1 до 3 долей золота на 100 пуд.

Золотопромывальные машины Аносова были поставлены также и в Екатеринбургском округе.

Начиная с момента назначения Аносова исправляющим должность горного начальника златоустовских заводов, т. е. с 26 июня 1836 г., и до назначения его главным начальником алтайских заводов 27 февраля 1847 г., т. е. за 15 лет и 8 месяцев, в Златоустовском округе было добыто 863 пуд. 18 фунт. 42 зол. 72 дол. лигатурного золота [23]. Средняя добыча в год составляла 53 пуд. 38 фунт. 62 зол. Этот успех объясняется широким применением механизации как в деле промывки золотоносных песков, так и в транспортировке их. Высокопроизводительные золотопромывальные машины конструкции П. П. Аносова и его колесопроводные железные дороги совершили в то время переворот в технике добычи золота и обеспечили миасским промыслом в течение долгого времени ведущее место на Урале.

## 5. Признание университетами

В 1842 г. Академия наук проводила очередное (одиннадцатое) присуждение демидовских премий за отличнейшие сочинения, коими обогатилась русская литература в течение предшествовавшего года.

Работа Аносова «О булатах», опубликованная в 1841 г., рассматривалась в качестве претендента на премию в 1842 г. Разбор этого сочинения был поручен двум академикам — Купферу и Якоби [24]. В отзыве Купфера и Якоби было сказано: «Аносову удалось открыть способ приготовления стали, которая имеет все свойства столь высоко ценимого азиатского булата, превосходит своею добротой все изготовляемые в Европе сорта ста-

ли» [25]. И далее: «Мы имели под рукой образцы, которые незакаленными были мягки и гибки, а закаленными превосходили по твердости лучшую английскую сталь». Казалось бы, академикам Купферу и Якоби по логике вещей следовало бы порекомендовать Академии принять и надлежащее решение, отвечающее значимости открытия. Это тем более было бы правильно, что они прекрасно понимали выдающееся значение открытия секрета булата. Вместо этого Купфер и Якоби начали совершенно необоснованно умалять, не булаты Аносова, нет, этого невозможно было сделать, а сочинение «О булатах», в котором, по их мнению, якобы мало сказано о способе приготовления булата. Поэтому они не сочли возможным присудить Аносову награду.

Чтобы несколько сгладить неуклюжесть своего решения и отвести упреки, непременный секретарь Академии в своем докладе общему собранию Академии заявил: «Однако в предупреждение упрека в том, что столь важное отечественное открытие могло ускользнуть от внимания Академии, она, на основании свидетельства двух своих членов, видевших образцы булата г. Аносова, положила удостоить открытие его в нынешнем демидовском отчете почетного отзыва...» Таким образом, внешнее приличие было соблюдено, сделано несколько реверансов перед Аносовым как изобретателем и... отказано в признании классического труда.

Не лишним здесь будет отметить, что Купфер подвергал образцы булата Аносова специальному исследованию на магнитные свойства. При этом он установил: «Златоустовская булатная сталь оказывает юбочное свойство к принятию магнитной силы, и в сем отношении далеко превосходит другие роды сталей: цилиндр 4-дюймовой длины и около 3-х линий толщины, был закален без отпуска и потом намагничен до насыщения, удержал груз, превосходящий в двадцать раз собственный его вес» [26]. Купфер тогда сообщил, что в магнитной обсерватории Горного института будут продолжаться исследования «вообще превосходства булата златоустовского на дело полос магнитометров, особенно двунитных». Несомненно, Купфер должен был быть знаком и с образцами булата, исследовавшимися тогда в химической лаборатории Горного института у академика Гесса.

Но эти материалы также не были приняты во внимание при разборе работы Аносова.

Что касается заявления Купфера и Якоби о том, что в сочинении «О булатах» недостаточно сказано о способе приготовления булата и нет гарантии получения однозначных результатов при руководстве этим сочинением, то это является совершенно необоснованным. Через 25 лет Д. К. Чернов повторил некоторые опыты Аносова и, руководствуясь его сочинением «О булатах», приготовил прекрасные образцы булата, аналогичного восточному [27].

Совершенно по-другому оценили труды Аносова старейшие университеты — Казанский и Харьковский, которые имели связь с важнейшими центрами промышленности страны. Труды Аносова не могли не привлечь внимания научной общественности. Сам Аносов всячески содействовал распространению естественных наук и оказывал всемерную помощь развитию технических наук: горных, геологических, металлургических, механических и др.

Высоко оценил труды Аносова Казанский университет, которым руководил в то время современник Аносова великий русский математик Николай Иванович Лобачевский. Известно, что Лобачевский как ректор Казанского университета заботился о развитии химической науки в университете. Благодаря ему была построена новая химическая лаборатория. В 1840 г. был утвержден экстраординарным профессором университета выдающийся химик Николай Николаевич Зинин. Имея таких ученых, Казанский университет держал тесную связь с уральской промышленностью и получал от Аносова ценные экспонаты и сведения о техническом прогрессе.

Совет Казанского университета на своем заседании 6 ноября 1843 г. рассмотрел представление второго отделения философского факультета к почетному званию П. П. Аносова и, признавая отличное усердие к распространению естественных наук и важные услуги, «в пользу Казанского университета оказанные», единогласно избрал П. П. Аносова членом-корреспондентом университета.

Высокая оценка работам Аносова дана учеными и другого крупного учебного заведения — Харьковского университета. Ученые Харьковского университета так-



же хорошо знали о работах Аносова. Об этом свидетельствует глубокое по научному содержанию письмо Аносову профессора университета Павла Эйбродта, который, ознакомившись с сочинением «О булатах», писал: «Хотя и чуждый металлургии, я читал его с величайшим интересом и с тем большим вниманием, что предмет прикосновенен преподаваемой мною науке». Серьезные научные вопросы, поставленные в письме Эйбродта, свидетельствуют о живом интересе к исследованиям Аносова и желании получить научное решение проблем производства литой стали и ее пластической и термической обработки, опираясь на исследования Аносова.

Эйбродт подчеркнул важность и оригинальность ряда открытий Аносова, в частности третьего и четвертого способов приготовления булатов. Эйбродт писал Аносову, что он может справедливо гордиться четвертым способом, в котором удачно использовано для регулирования кристаллического строения медленное охлаждение сплавков в тигле. Не менее важен и третий способ, основанный на термической обработке литой стали. «Вы приобрели себе право на благодарность более важными заслугами. Вы точнее различили узоры в сварочном и настоящем булате и нашли способы для превращения стали в булат» [28].

Очевидно, не только Эйбродт, но и другие ученые Харьковского университета отнеслись со всей серьезностью к выдающимся исследованиям и открытиям Аносова. В 1846 г. Совет университета избрал Аносова почетным членом. В отчете о состоянии Харьковского университета за 1845/46 академический год, составленном по поручению Совета университета ординарным профессором, доктором прав Иваном Платоновым, сказано: «Иstekший год замечателен в истории университета приобретением и внешних ревнителей его пользы и чести в лице почетных его членов... ..Избраны почетными членами и утверждены в сем звании господином министром народного просвещения: Павел Петрович Аносов...» [29].

## 6. Отъезд П. П. Аносова из Златоуста в Сибирь

Летом 1846 г. Павел Петрович получил отпуск на 28 дней. 16 июня он отправился в Петербург, куда прибыл 3 июля. Но вместо положенного отдыха Аносову пришлось принять участие в работе Комитета по составлению заводских штатов. Его разносторонние знания в области техники производства, богатый опыт организации и управления производством, широкая эрудиция нужны были для такой важной работы, как составление штатов. На это было затрачено два летних месяца, а осенью Аносов возвратился в Златоуст. Но проработать здесь ему пришлось уже немного. 28 февраля 1847 г. он был назначен главным начальником алтайских горных заводов и томским пражданским губернатором.

В летний день 1847 г. Павел Петрович покинул Златоуст, которому он отдал почти 30 лет своей жизни и который прославил выдающимися творениями мирового значения. Необычным для тех времен было прощание Аносова с тружениками Златоуста. Оно вылилось в демонстрацию горячей благодарности населения Павлу Петровичу за процветание родного города, за «простоту, доступность всякому и сердечное отношение к массе народной».

Горные начальники уральских заводов в мрачные времена Николая I имели чрезвычайно большую власть. Они ведали гражданским управлением, полицией, судом, в их распоряжении был и военный суд. Они бесконтрольно распоряжались не только служебным положением заводских работников, но и их жизнью. Заводские рабочие числились на военном положении. Бесправие, жестокая эксплуатация и нищенское существование характеризовали их общественное и имущественное положение. Наказание палками, розгами, шомполами было узаконено. Этому жестокому наказанию подвергались даже кадеты — учащиеся кадетских корпусов. Для горного начальника ничего не стоило сослать или запороть любого рабочего.

Но на счастье златоустовцев более 15 лет горным начальником их оказался высокообразованный и большой культуры человек — П. П. Аносов. Он прославился не только своими научными открытиями и техническими

достижениями, но и своим человеколюбием. Аносов привлекал к себе всех приветливостью обращения и мягким гуманным отношением к рабочим, которые обожали своего начальника, называли его отцом и святым человеком.

Известие о том, что Аносов назначен на службу в Сибирь и скоро покинет Урал, потрясло все население Златоуста. Стало страшно завтрашнего дня, бесправия, беззащитности. Не придет ли на место гуманного, честного человека самодур! А встречались и такие...

В день отъезда Павла Петровича на площадь перед домом горного начальника собралось все население Златоуста. Павел Петрович вышел к народу. Послышались всхлипывания и рыдания провожающих. Растроган был и Павел Петрович. Рабочие подхватили его на руки и, передавая друг другу, усадили в экипаж. Затем они распрягли лошадей и собственноручно отвезли экипаж за селение, провожая своего учителя, друга и защитника в далекий путь.

История заводов не знает другого деятеля, которого удостоили бы рабочие такой почести. Беспрецедентный почет, выказанный рабочими, Павел Петрович Аносов заслужил своим патриотизмом, любовью к народу, беззаветным трудом на благо Родины.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Формулярный список П. П. Аносова, 1849 г., Томский обл. архив.
2. Ведомость о выплавке и выделке металлов при Златоустовском округе по железному производству.— Горный журнал, 1836, № 11, стр. 458.
3. Приказ по корпусу горных инженеров от 20 октября 1839 г. за № 38.
4. *Р. И. Мурчисон*. Геологическое описание Европейской России и Хребта Уральского.— Горный журнал, 1848, № 4, стр. 16.
5. *Иосса*. Об опытах над кричной работой в закрытых горнах в Артинском заводе.— Горный журнал, 1840, № 12.
6. *В. Липин*. Металлургия чугуна, железа и стали, т. 2, стр. III.
7. *И. Лисенко*. Краткий отчет об опытах, произведенных в Златоустовском заводе над выковкою железа малыми крицами.— Горный журнал, 1841, № 11—12, стр. 225.
8. О действии разведочных партий в округе Миасского завода.— Горный журнал, 1838, № 5.
9. *Бутенев*. Косное производство Нейво-Алапаевского завода.— Горный журнал, 1836, № 8, стр. 338.

10. *П. П. Аносов*. Описание нового способа закалки стали в сгушенном воздухе.— Горный журнал, 1827, № 8, стр. 85.
11. Об опытах закалки стальных вещей в сгушенном воздухе, произведенных в 1828 и 1829 годах.— Горный журнал, 1829, № 10, стр. 127—130.
12. О сравнительном испытании иностранных и златоустовских кос.— Горный журнал, 1838, № 3, стр. 462.
13. О косах г-на Аносова.— Земледельческий журнал, 1837, № 1, стр. 159.
14. Освидетельствование кос г. Аносова.— Земледельческий журнал, 1837, № 2, стр. 305.
15. Практические замечания о золотоносных россыпях.— Горный журнал, 1839, № 5, стр. 214.
16. О изобретенном г. полковником Аносовым способе обрабатывать золотодержащие пески плавкою.— Горный журнал, 1836, № 7, стр. 28.
17. *С. А. Венгеров*. Критико-биографический словарь русских писателей и ученых, 1836, т. I, стр. 619.
18. *И. Полежика* и *Э. Гофман*. Энциклопедический словарь русских ученых и литераторов, т. IV. СПб., 1862, стр. 494.
19. *А. Карпинский*. Биографическое известие о жизни К. Д. Фролова.— Горный журнал, 1827, № 7, стр. 159.
20. Описание золотопромывальной машины г. генерал-майора Аносова.— Горный журнал, 1846, № 9, стр. 257.
21. О золотопромывальных машинах, устроенных на Мияских промыслах.— Горный журнал, 1841, № 3, стр. 357.
22. Описание золотопромывальной машины генерал-майора Аносова.— Горный журнал, 1846, № 9, стр. 257.
23. *Н. Я. Нестеровский*. Материалы к биографии П. П. Аносова.— Горный журнал, 1918, т. I—II, стр. 142.
24. Одиннадцатое присуждение учрежденных П. Н. Демидовым наград. 17 апреля 1842 г., СПб., 1842, стр. 1—36.
25. Разбор сочинения корп. горн. инженеров генерал-майора Аносова под заглавием: «О булатах», составленный академиком А. Купфером и Б. Якоби.— Одиннадцатое присуждение учрежденных П. Н. Демидовым наград, СПб., 1842, стр. 231.
26. Академик *Купфер*. Дополнение.— Горный журнал, 1841, № 2, стр. 319.
27. *Д. К. Чернов*. Сталелитейное дело. Лекции, читанные в дополнительном курсе Михайловской артиллерийской академии. 1906.
28. Заметка на приготовление булата, адресованная П. П. Аносову покойным профессором химии в Харьковском университете П. П. Эйбродтом.— Горный журнал, 1874, № 6, стр. 362.
29. Акт в Имп. Харьковском университете 30 августа 1846 года, Харьков, 1846, стр. 17—18.

### Деятельность П. П. Аносова в Сибири

#### 1. Многогранная деятельность по развитию промышленности Сибири \*

Высочайшим приказом по Корпусу горных инженеров 28 февраля 1847 г. Аносов был назначен главным начальником алтайских заводов и томским гражданским губернатором. Началась длительная подготовка к переезду, сдача дел по Златоустовскому горному округу.

Готовилась к переезду в Сибирь и большая семья Аносова. Старшие дети, Марья, Александр и Николай, учились в столичных учебных заведениях, а шестеро младших, Петр, Павел, Лариса, Алексей, Анна и Наталья, ехали с родителями в Барнаул [1]. Барнаул был тогда центром Алтайского горного округа.

Летом 1847 г. Аносов вместе с семьей прибыл на новое место жительства и немедленно приступил к своим обязанностям. Обе должности были объединены в одном лице впервые в 1822 г., когда был назначен на их исполнение выдающийся гидротехник и механик Петр Кузьмич Фролов. Томскому губернатору и главному начальнику алтайских горных заводов приходилось вести управление из двух центров — Барнаула, где была резиденция главного начальника заводов, и Томска — центра губернии.

Предшественник Аносова с 1840 по 1846 г. Степан Петрович Татарин был некоторое время его предшественником в должности горного начальника златоустовских заводов и директора Оружейной фабрики. От него Аносов принял управление алтайскими заводами.

\* Автор приносит благодарность З. А. Шагееву за предоставление некоторых материалов.

Прибыв в Сибирь, Павел Петрович поставил первой своей задачей непосредственное ознакомление с заводами, рудниками и приисками Алтайского края, а после этого выезд в губернский центр — город Томск.

Ознакомившись с состоянием производства и жизнью губернии, Аносов развернул кипучую деятельность по развитию промышленности и поднятию культуры края. Надо сказать, что характерным для деятельности Аносова была постоянная связь с руководимыми им предприятиями и учреждениями. Его можно было видеть то в Томске, то в Барнауле, то в Омске, то на каком-нибудь заводе или руднике. Кроме эпизодических выездов Павел Петрович ежегодно в летние месяцы делал объезд всех предприятий. Он прекрасно знал состояние производства на каждом из них, а также людей, управлявших техникой и производством.

В качестве главного начальника алтайских заводов и гражданского губернатора Аносову приходилось заниматься самыми разнообразными вопросами — производством чугуна, железа и стали, реконструкцией заводов, заменой старой технологии и старого оборудования, проектированием, изготовлением и установкой нового оборудования, благоустройством городов и заводских поселков, озеленением Барнаула, устройством водосточной системы, сохранением за заводскими крестьянами земельных наделов, расширением сети школ и т. д.

Чрезвычайное разнообразие и многочисленность дел не породили формального к ним отношения. Аносов тщательно изучал каждый вопрос и давал решение в интересах развития производства или в интересах защиты прав человека, если это касалось рассмотрения гражданских дел по должности губернатора и главного начальника.

Среди многообразия дел, как это было и в Златоусте, Павел Петрович находил время для занятия своим излюбленным делом — приготовлением литой стали и булатов. Здесь, в центре сибирской промышленности, он продолжал дальше совершенствовать способы приготовления литой стали и насаждать культуру этого производства.

Во время деятельности П. П. Аносова в Сибири в качестве главного начальника алтайских заводов и томского гражданского губернатора ему приходилось неред-

ко исполнять обязанности генерал-губернатора Западной Сибири и председателя совета Главного управления Западной Сибири.

В феврале 1849 г. Аносову пришлось председательствовать в совете Главного управления Западной Сибири, и под его руководством был вынесен ряд решений по вопросам дальнейшего развития промышленности Западной Сибири. Находясь в Омске, Павел Петрович проанализировал результаты опытов внедрения производства литой стали на Томском заводе за 1848 г. и 7 февраля 1849 г. дал указание о проведении дальнейших опытов с использованием наиболее надежных составов шихты из местных материалов.

В апреле 1849 г. Павел Петрович снова был в Омске. 15 апреля он распорядился об испытании каменного угля на колывановоскресенских заводах.

В 1850 г. генерал-губернатором Западной Сибири был назначен член государственного совета Анненков, который жил в Петербурге и лишь изредка появлялся в Омске, в Главном управлении Западной Сибири. Буквально через несколько месяцев после назначения и приезда в Омск Анненков выехал в Петербург и предложил Аносову заняться делами Главного управления. 27 ноября 1850 г. Аносов послал из Томска рапорт на имя министра финансов, что он намерен на другой день, т. е. 28 ноября, выехать в Омск, чтобы председательствовать в совете Главного управления согласно поручению Анненкова.

Исполнять обязанности генерал-губернатора и председательствовать в совете Главного управления Западной Сибири приходилось Аносову неоднократно. Таким образом, в период с 1847 по 1851 г. развитие промышленности этого края самым непосредственным образом связано с техническим и административным руководством выдающегося ученого и инженера П. П. Аносова.

## **2. На заводах, рудниках и промыслах**

Приняв дела по должности главного начальника алтайских горных заводов, Аносов отправился в августе 1847 г. на заводы, рудники и золотые прииски. Во время объезда Аносов осмотрел: Барнаульский, Локтевский, Змеевский и Гавриловский сереброплавильные

заводы, рудники серебряные и свинцовые — Змеиногорский, Черепановский, Ридерский, Ильинский, Сокольский; Царевониколаевский золотой промысел, являвшийся в то время главной частью золотого производства на Алтае; железоделательные заводы Томский и Гурьевский [2].

Аносов хорошо понимал, какое значение имеют для производства основные производители — заводские крестьяне. Посещая заводы, рудники и прииски, он заезжал в селения заводских крестьян, где знакомился с бытом и условиями их жизни, выяснял нужды и принимал необходимые меры по улучшению их положения.

При осмотре сереброплавильных заводов и рудников Аносов нашел, что серебряное производство поставлено в очень трудное положение, так как, по данным разведок, запасы руд в эксплуатировавшихся рудниках были небогатыми. Бесперспективность серебряного производства объяснялась недобросовестностью руководства. Аносов нашел, что и в хозяйственном отношении рудники и сереброплавильные заводы нуждаются в улучшении. Наиболее слабым местом была контрольная часть, из-за недостаточности которой допускались злоупотребления по должности и хищение казенного добра. По-видимому, предшественники Аносова скрывали фактическое состояние серебряных рудников от министерства финансов, так как донесение Аносова о тяжелом положении серебряного производства вызвало сильную тревогу в министерстве. Министр финансов в письме от 25 октября 1847 г. просил Аносова «поставить себе одну из главнейших обязанностей неослабно стараться возвысить и упрочить на дальнейшее время состояние серебряных и свинцовых рудников новыми приобретениями в них руд и открытием новых благонадежных приисков» [3]. Аносову удалось выправить положение и сохранить выплавку серебра на прежнем уровне, давая ежегодно по 1000 пуд. [4].

Золотые промыслы Алтайского края были отсталыми, с весьма примитивной техникой и превалированием ручного труда. Аносов непосредственно на месте распорядился немедленно заменить ручной труд конной тягой, изъять носилки как основной вид транспорта золотоносных песков. Затем он начал разрабатывать мероприятия для коренного улучшения производства на золотых



промыслах. Эти мероприятия в значительной мере им проведены при утверждении штатов на 1849 г.

Ознакомившись с состоянием производства на заводах, рудниках и приисках Алтая и наметив меры их подъема, Аносов прибыл в центр губернии. Томск был основан в 1604 г. Борисом Годуновым как оборонительный пункт против туземного населения. Город располагался на большой дороге и играл значительную роль в качестве торгового пункта, богатого европейскими, китайскими и бухарскими товарами. Иногородние российские купцы покупали в Томске сибирские продукты. В 1772 г. в этом городе не было ни одного каменного здания, но в последние два десятилетия появились каменные церкви и дома. К 1804 г. Томск стал губернским городом и начал быстро застраиваться каменными зданиями. Во второй четверти XIX в. были открыты вблизи Томска золотые россыпи.

Аносов застал Томск в пору кипучей жизни под влиянием «золотой горячки». На глазах сказочно богатели золотопромышленники и купцы, в беспросветной нищете и несправии оставались обездоленные труженики, оказавшиеся в тисках безжалостной эксплуатации зарождавшегося капитализма.

Аносов разместился в губернаторском доме на набережной реки Ушайки у Благовещенского переулкa, ныне переименованного в память декабриста-сибиряка Г. С. Батенкова. Это здание сохранилось и по сие время. Оформленное плоскими пилястрами и мелкими лепными украшениями, оно производит приятное впечатление простотой и цельностью архитектурных форм.

Здесь Павел Петрович встретился с Гавриилом Степановичем Батенковым, отсидевшим в Петропавловской крепости 20 лет и приехавшим в Томск в начале марта 1846 г. [5]. Глубокий ум, высокие нравственные качества, благородство и патриотизм, наконец, простота и сердечность Батенкова понравились Аносову. Они стали друзьями и часто встречались. Их объединяла общность взглядов на архаизм крепостного права и губительность его для развития общественной и экономической жизни страны. Аносов был ярым поборником вольнонаемного труда и открыто высказывался против крепостного труда.

В течение всего управления Алтайским горным округом Аносов уделял много внимания Томскому заводу.

Попытка построить железоделательный завод в Томске была сделана еще в середине 20-х годов XVII в. Томский кузнец Федор Еремеев нашел в 1623 г. вблизи города железную руду. Вместе с Пятункой Кызыл, Ивашкой Баршен, Вихорко Ивановым он приготовил из томской руды железо, из которого в 1625 г. была изготовлена пушка [6]. В связи с этим был издан царский указ о строительстве железоделательного завода в Томске. Но воеводы не справились со строительством, так как в их распоряжении не было крепостных металлов, а наем рабочих по вольным ценам оказался им не под силу [7].

Только через 150 лет, в 1770—1772 гг., на реке Том-Чулыш вырос доменный и молотовый железоделательный завод в 85 верстах от будущего Гавриловского завода и в 165 верстах от Барнаула [4, 8]. Завод имел рудники в Кузнечном районе, лежавшие в 100 верстах от завода, был богат лесом и водной энергией. Продолжительное время это был единственный железоделательный завод, снабжавший алтайские заводы и рудники железом, сталью и чугуном. Полностью обеспечивая потребность заводов и рудников Сибири, Томский завод выделывал дополнительно для продажи на рынке чугунные, стальные и железные изделия на сумму до 10 тыс. руб. в год и долгое время содержался на эти средства.

Состояние Томского металлического завода не удовлетворило Аносова. Этот завод, как и Гурьевский, значительно отставал от уральских и по технике, и по организации производства. Здесь пользовались старыми способами выделки железа и стали, так же несовершенно велось и чугунное литье. Технический персонал заводов и мастера не были знакомы с успехами железоделательного производства, достигнутыми к концу первой половины XIX в. на уральских заводах. Аносов признал необходимым оказать немедленную техническую помощь Томскому и Гурьевскому заводам прежде всего путем обучения новым способам производства мастеровых этих заводов. У него созрел план приглашения искусных мастеров златоустовских заводов для передачи опыта алтайским мастерам. За осуществление этой идеи он принялся немедленно по возвращении в Барнаул из поездки по губернии.

На алтайских заводах, рудниках и промыслах рабочая сила состояла из обязательных мастеровых и рабочих людей, а также из приписных крестьян. По указу Елизаветы Петровны в 1761 г. население Алтайского округа было закрепощено полностью. В начале XIX в. обязательных мастеровых и рабочих людей вместе с горными чиновниками было более 10 тыс., а приписных крестьян — около 63 тыс. Кроме того, в охране состояло пять рот горной команды [8, 9].

Обязательные мастеровые и рабочие люди комплектовались из рекрутов и ссыльных. Местные приписные крестьяне также участвовали в комплектовании обязательных мастеровых и рабочих людей, поставляя ежегодно отряд рекрутов по одному человеку от ста душ населения. Приписные крестьяне выполняли все вспомогательные работы: заготавливали и доставляли на заводы дрова и древесный уголь, возили руду, лес, продовольствие, обязаны были также возить волостных чиновников, священнослужителей, горную администрацию, почту, строили и исправляли дороги, тушили лесные пожары и пр. Крестьянам приходилось выполнять до 30 видов повинностей. К отбыванию этих повинностей привлекалось население с семилетнего возраста. В 1849 г. Аносову удалось добиться повышения приписного возраста на один год, и с этого времени крестьян начали приписывать с восьмилетнего возраста вместо семилетнего [4].

Труд приписных крестьян на алтайских заводах был подневольным, крепостным, как правило неоплачиваемым казенными заводами. Крестьяне жили только за счет приусадебного сельского хозяйства.

Знакомясь с положением заводских крестьян, Аносов установил тяжелую их перспективу в связи с намеченными правительством мероприятиями по улучшению материальных условий казаков за счет крестьян. В своем рапорте министру финансов он писал, что «в настоящее время предположенная нарезка земель из заводских дач казакам неизбежно повлечет за собою расстройство селений, лежащих вблизи от казаков, и притом таких, которые наиболее снабжают заводы провиантом». Это мероприятие подрывало хозяйственную основу крестьянского благополучия, лишало крестьян элементарных условий жизни и, как указал Аносов министру, «предви-

деть можно, что оно нанесет важный вред заводам», так как крестьяне лишатся возможности выполнять заводские работы, не говоря о лишении их средств выплачивать казне подати.

В этом деле ярко проявились замечательные качества Павла Петровича и как рачительного хозяина введенных ему заводов, и как человека. Он видел в заводских крестьянах тружеников, от успешной работы которых зависит и успешное развитие производства. Еще в первые годы пребывания на Златоустовском заводе Аносов составил и высказал твердое мнение о том, что не принудительная система труда является двигателем прогресса, а свободный вольный труд (см. главу II). С такой позиции он продолжал видеть заводских работников и во все последующие годы. И это являлось одной из причин крупных успехов в деятельности самого Аносова.

### **3. Златоустовские мастера на алтайских заводах**

Осмотрев в августе 1847 г. Томский и Гурьевский железодельные заводы, Аносов нашел, что производство железа, чугуна и стали отсталое по сравнению с уральским. Он решил усовершенствовать технологический процесс и повысить в целом технику производства металла на алтайских заводах, призвав к этому делу испытанных своих помощников, златоустовских мастеров, выученных и воспитанных им же самим в духе прогрессивной техники и владевших высокой культурой производства металла.

Аносов обратился к министру финансов с просьбой командировать златоустовских мастеров на алтайские заводы по выбору Аносова [4]. Министр финансов в ответном письме от 25 октября 1847 г. обещал сделать соответствующее распоряжение. В тот же день из штаба корпуса горных инженеров было послано предписание начальнику уральских заводов Глинке о командировании на время из златоустовских заводов в колывановоскресенские нескольких мастеров «для улучшения железного производства на Алтае с отнесением всех расходов по этой командировке на счет сих последних заводов». Об этом было послано также письмо Аносову.

11 декабря 1847 г. Аносов направил Глинке список мастеров. В числе их были указаны кричные мастера Ванин и Тютев с их подмастерьями; Аносов хотел ввести на Гурьевском и Томском заводах приготовление железа в закрытых малых кричных горнах. Кроме того, Аносову понадобились мастер дела литой стали Тихон Андреев или его подмастерье Леонтий, расковочный мастер Казьма Залазаев. Испрашивались также подмастерья по делу плавильных тиглей, кузнечный мастер Тиунов, точильный мастер Сергей Пахомов, литейный мастер Златоустовского завода и с ним формовщик.

Назначенный после Аносова горным начальником златоустовских заводов Бекман выполнил просьбу Аносова лишь частично, завел переписку по поводу посылки мастеров и согласился отпустить только некоторых из тех, кого просил Аносов, а остальных отказался послать, мотивируя тем, что они нужны Златоустовскому заводу. Он сообщил Аносову, что вместо просимых Аносовым мастеров Тиунова и Пахомова он может послать двух мастеров-иностранцев; а мастера Тютева совсем отказался отпустить, не предложив вместо него замены. Ввиду того, что переписка слишком затягивалась, Аносов решил не настаивать на названных им кандидатах и просил лишь ускорить отправку выделенных мастеров зимним путем прямо в Барнаул, чтобы выиграть время. От услуг иностранных мастеров он отказался [4].

Мастера из златоустовских заводов прибыли в Барнаул только в апреле 1848 г. Начальнику Колывановскресенских заводов Аносов дал указание распределить златоустовских мастеров в соответствии с их специальностью и нуждами заводов.

Кричный мастер Михайло Ванин со своим подмастерьем Даниилом Мурзиным получил направление на Гурьевский завод для введения контуазского способа и вообще для улучшения кричного производства. Вместо мастера литой стали Тихона Андреева и его подмастерья Леонтия был прислан подмастерье Капитон Борисов. Но, по-видимому, Аносов хорошо знал Борисова, поэтому поручил ему ответственное дело — устройство воздушных печей для плавки стали на Сузунском заводе. Туда же, на Сузунский завод, был направлен подмастерье литейного цеха Федор Ласьков с формовщиком Виктором Головановым для улучшения отливки и фор-

мовки чугунных вещей. Мастер Василий Южаков и при нем расковочный мастер Казьма Залазаев были оставлены на первое время в Барнауле.

Плавильный подмастерье Гаврила Галкин, специалист по огнеупорным тиглям, получил задание изготовить в Барнауле станок для формовки сталеплавильных тиглей для плавки булатов емкостью до 10 фунт. металла и для плавки стали емкостью до одного пуда.

Вскоре литейного дела мастер Федор Ласьков и формовщик Виктор Голованов были направлены на Томский завод, чтобы оказать помощь в улучшении процесса переплавки чугуна и приготовления литейных форм для чугунных отливок. Ласьков и Голованов с успехом справились с поставленной задачей и научили своему искусству томских литейщиков. Успешно выполнив задание по Сузунскому и Томскому заводам, Ласьков и Голованов получили разрешение выехать обратно в Златоуст. Аносов весьма внимательно и заботливо относился к прибывшим из Златоуста мастерам. Он предложил 14 декабря 1848 г. начальнику Колывановоскресенских заводов выдать Ласькову 25 руб., Голованову — 15 руб. серебром, выдать подорожные и прогонные каждому на одну лошадь до Златоуста и предоставить им возможность отправиться из Барнаула в Златоуст при караване с серебром. Остальные златоустовские мастера продолжали в 1849 г. работать на алтайских заводах: в Барнауле, Гурьеве и Томске.

При помощи златоустовских кричных мастеров Ванина и Мурзина в 1848 г. был введен на Гурьевском заводе способ приготовления железа в закрытых кричных горнах малого размера (контуазский). По этому способу передел протекал быстро, на выделку крицы затрачивалось от двух до трех часов. Многократная обработка полукрицы в горне обеспечивала получение более чистого железа, нежели при ранее применявшемся способе приготовления крупных криц в открытых горнах. Внедрение нового, более прогрессивного способа приготовления железа на Гурьевском заводе прошло весьма успешно. Опытные златоустовские мастера справились с заданием хорошо и научили своему искусству местных мастеров.

Аносов, поставивший опыты выплавки стали на Томском заводе, предложил 5 ноября 1848 г. отправить из

Гурьевского завода на Томский до 50 пуд. железа, приготовленного контуазским способом. Это железо было сравнительно высокой чистоты, и Аносов находил его наиболее подходящим для приготовления из него литой стали. В дальнейшем, в 1849 г., при помощи златоустовских мастеров был внедрен контуазский способ на Томском металлическом заводе.

При помощи златоустовских мастеров было улучшено также получение цементной стали сначала на Гурьевском, а затем на Томском заводах.

Прекрасно справились с поставленной задачей внедрения на алтайских заводах передовой технологии златоустовские мастера Василий Южаков, Даниил Мурзин и Гаврила Галкин. В конце лета 1849 г. Аносов счел возможным отпустить их обратно в Златоуст и выдал им наградные, в 2—3 раза превышавшие размеры денежного жалованья рабочих металлических заводов.

#### **4. Опыты приготовления литой стали на Томском заводе**

Используя помощь златоустовских мастеров стального дела, Аносов решил организовать выплавку стали в Томском железном заводе. Для этого в мае 1848 г. из Барнаула в Томск прибыли златоустовский подмастерье стального дела Капитон Борисов, расковочный мастер Казьма Залазаев и плавильный подмастерье Галкин — специалист по делу плавильных тиглей. Перед отъездом в Томск Борисов, Залазаев и Галкин получили непосредственно от Аносова подробные указания по всем основным вопросам приготовления литой стали; по составу шихты, технологии выплавки стали, приготовлению тиглей, устройству печей и пр. Кроме того, Аносов составил письменную инструкцию по проведению опытов приготовления литой стали.

Аносов позаботился о передаче опыта златоустовских сталеваров местным рабочим, поэтому поставил перед златоустовцами задачу не только организовать выплавку стали на Томском заводе, но и обучить томских мастеров сталеварению. К каждому златоустовскому мастеру были приставлены с самого начала по два ученика из томских рабочих.

После необходимых подготовительных работ 14 декабря 1848 г. на Томском заводе началась выплавка тигельной стали; с 14 по 28 декабря производились приготовления и просушка тиглей. Шихта была составлена из следующих материалов (в фунтах): гурьевского железа — 12, гурьевского чугуна — 22, графита — 0,5 и речного песка (с р. Томи) — 0,25.

В данном случае Аносов использовал способ приготовления стали путем сплавления чугуна и железа, который был им исследован еще в 1833 и 1837 гг. В металлической части шихты превалировал чугун, следовательно, он рассчитывал получить твердую сталь. Этому благоприятствовал также и графит.

28 декабря были загружены шихтой два тигля емкостью по 1 пуду металла каждый и произведена опытная плавка стали. После 4-часового прокаливания в горне один тигель лопнул. Второй тигель прокаливался с шихтой в течение 6 час., в результате чего был получен слиток довольно хорошей стали. На следующий день была проведена плавка также в двух тиглях емкостью около одного пуда металла каждый, но тигли лопнули в процессе плавки. Таким образом, из первых четырех тиглей выдержал плавку только один. Начало было тяжелым. Очевидно, местный материал тигля был неудовлетворительным и не выдерживал такого интенсивного прокаливания, какое допускалось при плавлении стали.

Третья плавка была проведена 7 января в двух 40-фунтовых тиглях. Шихта первого тигля состояла из (в фунтах): томского чугуна — 16, томского железа — 16. После проковки слитка получено 30 фунт. полосовой стали, она оказалась «грубой» и была отнесена ко второму сорту. Во второй тигель было загружено 39 фунт. гурьевского железа, плавка велась по бесфлюсовому способу. По этому способу был получен слиток стали весом в 39 фунт., он оказался хрупким и при проковке развалился. На другой день, 8 января, была проведена плавка в двух тиглях, причем в шихту использовались железо и чугун Гурьевского завода. Оба слитка оказались хрупкими и при ковке рассыпались на куски. Следующие четыре плавки проводились 10 и 11 января. Во все тигли были загружены железные обрезки Томского завода. Все четыре плавки оказались неудовлетворительными из-за нестойкости тиглей или



недостаточно высокой температуры в горне. 12 января плавка с шихтой, составленной из железа Гурьевского завода (20 фунт.) и чугуна Томского завода (12 фунт.), оказалась также неудачной — после 7-часового прокаливания шихта пришла «в тестообразное состояние, и горшки развалились в горну».

Таким образом, с начала выплавки стали на Томском заводе получено 3 пуд. 14 фунт. литой стали. Из них выковано прутков 1-го сорта 1 пуд и 2-го сорта 1 пуд 3 фунт., всего 2 пуд. 3 фунт. Получение литой стали на Томском заводе на первых порах оказалось весьма скромным из-за низкого качества тиглей и низкой температуры печи.

Аносова в это время в Томске не было, и поэтому мастера продолжали плавки, сообразуясь со своим опытом, и в ряде случаев допускали отклонения от указаний Аносова. С 14 по 27 января продолжались плавки в том же плане, как и в первый период, и также с переменным успехом.

Ознакомившись с отчетом о выплавке стали на Томском заводе с 28 декабря 1848 г. по 27 января 1849 г., Аносов отметил, что мастера литой стали в Томске уклонились от его указаний. Он дал распоряжение, чтобы сталевары руководствовались его инструкцией.

На нужды алтайских заводов и рудников требовалась не мягкая, а твердая сталь, предназначавшаяся на изготовление режущих инструментов и для наварки горных буров. Многолетний опыт убедил Аносова, что высокоуглеродистую сталь легче получать путем сплавления чугуна и железа или путем переплавки цементной стали. Во всех случаях он предусматривал присадку в шихту графита и флюса. Распоряжение Аносова было немедленно передано в Томск подмастерью Капитону Борисову. Однако проведение следующих плавок задержалось по техническим причинам. В заводском пруду оказалось мало воды, в силу чего слабо действовали воздуходувные машины, и дутье оказалось недостаточным для обслуживания плавильных печей.

По этой причине с 28 января 1849 г. плавки стали были прекращены.

Выплавку стали оказалось возможным возобновить только 2 марта. Придерживаясь инструкции Аносова,

Капитон Борисов последовательно провел серию плавок, употребляя шихту двух составов. Один состав был (в фунтах): цементной стали — 32, графита — 0,5, флюса — 0,25. Этот состав шихты являлся одним из основных, предписанных Аносовым, он повторялся много раз. Второй состав состоял из 20 фунт. железа Гурьевского завода и 12 фунт. чугуна Томского завода. С 2 по 10 марта ежедневно действовали два тигля. Как правило, в один тигель загружалась шихта первого состава, а в другой — второго. С 11 марта 1849 г. начали плавку вести одновременно в четырех тиглях. При этом, как правило, два тигля загружались шихтой первого, а два других второго состава. С 11 по 17 марта было проведено шесть плавок в 24 тиглях. Качество тиглей должно было оставаться низким, из 24 тиглей 8 лопнули при прогреве и прокаливании. Хотя и не весь металл этих тиглей вышел в брак, потери были большими. К тому же каждая авария с тиглем имела весьма серьезные последствия для плавильного горна.

Подмастерью Капитону Борисову на первых порах не удалось достаточно хорошо отработать технологию плавки, результаты были весьма неустойчивыми: то получались слишком хрупкие слитки, разваливавшиеся под молотом, то не происходило полного расплавления, то плавка длилась пять часов, то затягивалась до семи. Условия работы Борисова были исключительно тяжелыми. Во-первых, качество тиглей было невысоким и требовало большого напряжения в работе, чтобы не допустить форсированного нагрева, и вместе с тем нельзя было слишком затягивать плавку. Во-вторых, дутье поступало в плавильный горн весьма неравномерно, этим обуславливались неравномерный нагрев металла и различное протекание металлургических процессов в разных тиглях по их скоростям и степени развития.

Литая сталь, полученная с 2 по 19 марта, была прокована, получено годных поковок 9 пуд. 20 фунт.

Рассмотрев эти опыты, Аносов дал указание о необходимости изменить состав шихты с увеличением в ней количества цементной стали за счет уменьшения железных обрезков.

Летом 1849 г. опыты выплавки стали были возобновлены, и с 17 по 28 июня было проведено 18 плавок. При этом шихта составлялась из железных обрезков и

чугуна в разных соотношениях. Опыты прошли значительно успешнее. Тем не менее проблема стойкости тиглей оставалась нерешенной. Из 18 применявшихся для плавок тиглей 7 лопнули, как правило, к концу плавок. Всего в июне было проковано литой стали 5 пуд. 25 фунт.

В августе 1849 г. была сделана серия плавок, целью которых являлось уточнение шихты на базе цементной стали; шихта во всех случаях имела одинаковый состав. Всего было проковано литой стали 5 пуд. 5 фунт.

Большая серия опытов выплавки стали была проведена с 21 октября по 5 ноября 1849 г. Шихта во всех случаях состояла из смеси цементной стали (20 фунт.) и железа контуазского (10 фунт.). От этого состава только иногда допускались небольшие отклонения. Было проведено 24 плавки, при этом из 24 тиглей лопнуло во время плавки 5 штук. Можно отметить значительное улучшение качества тиглей, хотя их нельзя было еще признать вполне удовлетворительными. Несмотря на успешное решение многих вопросов, возникших при организации на Томском заводе приготовления литой стали, осталось слабым одно звено в цепи производственного процесса — это плавильные тигли. В общей сумме до конца плавки выдержали только 60% тиглей, остальные лопнули или во время прогрева, или при плавлении.

Тигли изготавливались из местной глины анжинского месторождения, черенков старых тиглей и угольного мусора. В дальнейшем по указанию Аносова начали добавлять в смесь до двух фунтов графита на каждый тигель. Это значительно улучшило качество тиглей, но не устранило полностью растрескивания их при плавлении. Нужно было подыскать другую глину.

Изменение состава шихты сказалось весьма благоприятно на всем процессе выплавки стали. Заметно сократилась длительность плавок, значительно увеличился выход годного металла. Слитки, полученные из смеси контуазского железа и цементной стали, хорошо ковались, и было получено по указанным 24 плавкам 12 пуд. 10 фунт. стали.

Проанализировав результаты описанных выше плавок, 15 декабря 1849 г. Аносов сделал заключение, что на Томском заводе приготовление литой стали получило

прочное основание, тигли начали выделяться достаточно жаростойкие, сталь получалась ковкой и с хорошим выходом годного. Аносов предложил Алтайскому горному правлению проверить подготовленность учеников из Томской команды, прикрепленных к златоустовским мастерам. Для этого ученикам было велено сделать опытные плавки, полученную сталь проковать на инструменты и образцы их вместе с описанием результатов испытания представить в Горное правление.

Далее Аносов предложил сделать опыт наварки горных буров литой стали двумя способами: с помощью обыкновенного флюсового песка и с помощью буры и стальных опилок. Следовало испытать по 20 буров каждого сорта и определить, какого сорта сталь окажется наиболее пригодной на дело буров и какой способ сварки предпочтительней. Серьезность экзамена обуславливалась тем еще, что Аносов предложил сообщить, могут ли быть отпущены обратно в Златоуст прибывшие отсюда мастера литой стали.

В январе и феврале 1849 г. на заводе шла напряженная работа по выполнению задания Аносова. Ученики златоустовских мастеров с успехом выдержали ответственный экзамен. 24 февраля 1849 г. управляющий Томским заводом капитан Филев доложил Алтайскому горному правлению о том, что ученики давно уже начали самостоятельно выполнять операции при выплавке стали, получили прочные знания по делу литой стали. Ученики сами выделявали плавильные тигли, составляли шихту, проводили плавку, проковывали слитки литой стали. Из этой стали были изготовлены инструменты, которые оказались столь же хорошими, как и у златоустовских мастеров. Литая сталь томских учеников наваривалась на различные инструменты с помощью буры и стальных опилок, т. е. по второму рецепту Аносова.

Аносов предложил 28 марта 1850 г. послать пробные буры Томского завода для дальнейшего испытания на Салаирский рудник. Образцы литой стали, присланные с Томского завода, он передал Барнаульскому заводу для использования при обучении местных кузнецов златоустовскими мастерами наварке инструментов литой сталью.

## 5. Томский булат

В марте 1849 г. златоустовские мастера на Томском металлическом заводе приготовили сплавков, названный ими булатом. Кованец из этого булата послали Аносову в Барнаул 24 марта 1849 г. Это, по-видимому, был первый булат, изготовленный на сибирских заводах. Его приготовили в Томске из местных материалов златоустовские мастера — ученики Аносова.

В 1850 г. Аносов посетил Томский завод и подробно ознакомился с усовершенствованием производства, достигнутым на заводе по его указаниям при помощи златоустовских мастеров, а также с постановкой дела литой стали. Он предложил управляющему заводом переплавить неудавшиеся слитки от предыдущих плавков; дал новые составы шихты для приготовления литой стали; наконец, предложил приготовить несколько образцов булата. В соответствии с указаниями Аносова были получены сплавы булата, из которых в октябре 1850 г. были изготовлены на Томском же заводе булатные изделия. Дальнейшее продолжение работ встретило большие трудности в ковочных средствах из-за убыли воды в заводском пруду. В октябре 1850 г. вода начала замерзать и ее не хватало даже «на колесо одной воздуховой доменной машины». Это ограничивало возможность применения молотов для расковки слитков литой стали и булатных сплавков.

Высокое качество полученной на Томском заводе литой стали послужило Аносову основанием для участия в Лондонской выставке. Замечательные образцы литой стали и булатов Томского завода были посланы 24 августа 1850 г. из далекой Сибири в Лондон. Только через месяц, т. е. 25 сентября, они были доставлены в Петербург в департамент горных и соляных дел. Одновременно Аносов возбудил ходатайство о награждении замечательных златоустовских мастеров Ванина, Залазаева и Борисова, поставивших производство литой стали в глубокой Сибири и изготовивших там же прекрасные изделия из булата. Аносов обещал дополнительно еще доставить образцы литой стали и булата с Томского завода. Однако Томский завод продолжал испытывать исключительные трудности из-за отсталости своих технических средств. Завод не имел паровых машин, он

пользовался водной энергией и находился в полной зависимости от климатических колебаний, определявших запасы воды в заводском пруду. В зимнее время запасы воды иссякали, механизмы приостанавливались, продолжали действовать только такие из них, остановка которых не допускалась ни при каких условиях. При наличии доменной печи, естественно, на Томском заводе прежде всего думали о бесперебойном обеспечении дутьем домны, а ковочные, передельные и плавильные устройства получали только то, что оставалось после удовлетворения потребности домны.

Тем не менее из Алтайского горного правления шли в Томск настойчивые предписания приготовить требуемые образцы булата и литой стали «в возможной скорости».

Вскоре пришло письмо начальника штаба корпуса горных инженеров от 28 февраля 1851 г., который потребовал прислать новые образцы булата и литой стали, приготовленные на Томском заводе. Следовало выполнить обещание, данное в письме, посланном в штаб корпуса с образцами булата и литой стали, предназначенными на Лондонскую выставку. Это нужно было сделать тем более, что возбуждалось ходатайство перед правительством о награждении златоустовских мастеров. В письме от 30 апреля 1852 г. Аносов предложил управляющему Томским заводом немедленно приступить к приготовлению образцов, при этом он, будучи уже тяжелобольным, составил специальные наставления, согласно которым надлежало приготовить литую сталь и булат.

Итоги опытов выплавки стали на Томском заводе в течение 1848 и 1849 гг. показали полную возможность организации на этом заводе постоянного производства литой стали. Посещение завода еще более убедило Аносова в возможности практического осуществления данного мероприятия. Томский завод обязали приготовить 100 пуд. литой стали в порядке валового производства. 13 июля 1850 г. управляющий заводом получил указание тщательно подготовить предложения по осуществлению этого задания.

В донесении от 23 октября 1850 г. Аносову сообщили, что посланные на Лондонскую выставку образцы Томского завода стоят по 6 руб. за пуд стали и по

18 руб. за пуд булата. Но эти цифры не были подкреплены расчетами, поэтому затребовали представить смету. 26 января 1851 г. такая смета цеховых расходов по приготовлению 100 пуд. литой стали с учетом персональных ставок златоустовским мастерам по назначению Аносова была представлена. Смета интересна тем, что выявляет основные статьи расходов, определяющие цену литой стали, производство которой только что осваивалось. Был дан полный расчет необходимого числа мастеровых, количества провианта, шихтовых материалов и прочих припасов. Себестоимость литой стали оказалась высокой, но не из ряда вон выходящей. Литая сталь на Урале обходилась не дешевле.

Более сложным делом явилась организация массового производства литой стали при слабых энергетических средствах завода. До 1 декабря 1850 г. плавки проводились весьма нерегулярно, а с 1 декабря до весны 1851 г., как сообщил 26 января 1851 г. управляющий заводом, плавильный горн вынужден был бездействовать из-за недостатка воды в заводском пруду. По этой причине задание на выплавку 100 пуд. стали не было выполнено до 10 мая 1851 г. Аносов в это время был тяжело болен.

## **6. Улучшение техники производства на алтайских заводах**

Развитие производства на алтайских заводах достигалось Аносовым разными путями. При помощи опытных златоустовских мастеров были усовершенствованы методы производства в чугунолитейной фабрике, кричной фабрике и других важных цехах Гурьевского, Томского и Сузунского заводов.

Аносов организовал расширение и реконструкцию заводов, произвел частичную замену старого оборудования новым, более производительным. При этом он лично давал указания о том, какие агрегаты, в каком количестве и в каком месте следует установить. Он тщательно рассматривал проекты, исправлял их, внося везде культуру передовой техники. В ряде случаев устраивались на заводах агрегаты, спроектированные им самим.

Аносов занимался многими вопросами из самых различных областей техники. Он детально ознакомился с техникой производства на всех заводах, рудниках и промыслах и, заметив ошибки в устройстве оборудования, приспособления или в технологии производства, не медленно предлагал внести необходимые изменения. Нередко эти изменения он вносил в чертежи собственноручно. Такого характера исправления, сделанные рукой Павла Петровича, видны на чертеже кузнечного горна с девятью наковальнями. Здесь черной тушью показаны рациональные и совершенно необходимые исправления в расположение мехов, подающих дутье в горн, и колпака, улавливающего газы над горном. Внизу Павлом Петровичем написано: «Примечание: Должно исправить по сделанным поправкам. Главный начальник Алтайских заводов генерал-майор Аносов» [10].

Аносов непосредственно руководил реконструкцией Гурьевского завода. В 1848 г. было запроектировано строительство на этом заводе двух доменных печей и двух вагранок. Проект был утвержден министром финансов 16 октября 1848 г. Но при осмотре Гурьевского завода в 1850 г. Аносов признал целесообразным переместить две вагранки на то место, где намечалось поставить доменную печь № 2. Надобность во второй доменной печи миновала, так как годовую программу завода по выплавке чугуна в 42 500 пуд. с успехом обеспечивала одна домна за 106 суток и 6 час., выплавляя в сутки 400 пуд. чугуна.

Было также принято решение устроить для прокатки и резки железа не два отдельных стана, а один с переменными валками.

Отливка чугунных деталей для прокатного стана начата была на самом Гурьевском заводе в 1849 г. В номенклатуре чугунных вещей, подлежащих отливке в 1849 г. для листокатальной фабрики завода, значились: листопрокатный стан с устройством для нажима винтов в двух частях, оси для колес, подшипники, части для двух маховых колес, приборы для водоспусков, валки, клинья для распушки валков и др. При Аносове же началось строительство новой кричной фабрики для выделки железа по способу, который был внедрен здесь златоустовскими мастерами. Кричные горны было решено устроить «по чертежу, составленному самим г. глав-



ным начальником». На этом же заводе начали отливаться чугунные изделия для новой кричной фабрики: фурменные коробки, доски для кричных горнов, трубы малые чугунные, трубы с пасынками, муфты для соединения труб и др. Строились новые кричные молота более совершенной конструкции, для многих деталей использовалось чугунное литье. В 1849 г. также на самом Гурьевском заводе были отлиты детали для двух молотов: наковальни для кричных молотов, круги к наковальням, ключи, доски запорные, хомуты, кольца и шипы на валы, подшипники, пищали подвижные и др. Расширялась механическая мастерская завода, в ней установили сверлильный станок. Доменная фабрика отлила «плац для свирильного станка», колонны, зубчатые колеса, барабаны и пр.

Значительно поднял Аносов технику производства и на Томском заводе. При осмотре в 1848 г. П. П. Аносов заметил, что рудообжигательная печь на этом заводе устроена неправильно. Он указал, как изменить устройство печи, предложил установить чугунные колосники. 28 января 1849 г. помощник управляющего Томским заводом Быков сообщил, что печь перестроена в соответствии с указаниями Аносова, в результате чего обжиг руд пошел успешнее, при этом на 200 пуд. обожженных руд сберегается дров кубической меры по  $\frac{1}{8}$  сажени.

Томский завод постоянно страдал из-за недостатка воды в пруду. В 1850 г. завод должен был выковать 23 893 пуд. железа, а выковал только около 17 тыс. пуд.: не хватило водной энергии. Решили устроить вспомогательную плотину ниже существовавшей для обслуживания новой кричной фабрики, которая должна была быть построена вместо старой, пришедшей в ветхость и малопродуктивной.

При помощи златоустовских мастеров техника производства чугуна и железа на Гурьевском и Томском заводах была усовершенствована: ввели более современную технологию производства чугунного литья, передела чугуна в железо и сталь и изготовления железных и стальных изделий.

Проведенные и предпринятые меры должны были укрепить производственно-техническую базу железнотельных заводов Алтайского округа, и поэтому Аносов пошел на дальнейшее расширение программы на 1851 г.

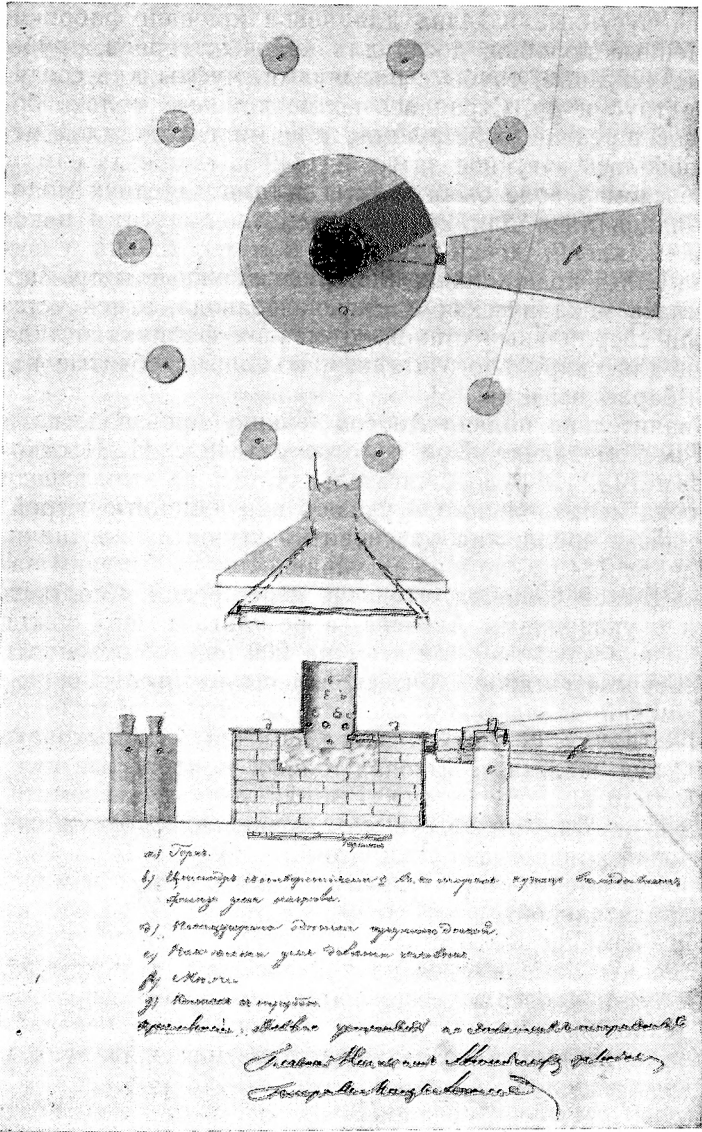


Рис. 22. Чертеж горна с собственноручными исправлениями П. П. Аносова

Она включала выплавку 42 500 пуд. чугуна на Гурьевском заводе и 50 тыс. пуд. на Томском заводе.

План на 1851 г. был составлен напряженный, особенно по Томскому заводу. Но Аносов надеялся на изыскание мер к повышению производительности заводов и не пошел на снижение программы. Обращает на себя внимание очень малый объем стали всяких сортов в общей продукции железоделательных заводов. Приготовлением стали занимался только Томский завод, а Гурьевский, по-видимому, к этому не был подготовлен.

Большую реконструкцию произвели на медеплавильной фабрике Сузунского завода. Завод был построен в 1765 г. и сильно устарел [4]. После приезда Аносова на Алтай программа завода была увеличена почти вдвое, составив 18 тыс. пуд. меди в год. В связи с этим потребовались новые плавильные агрегаты и вспомогательные устройства. В 1847 и 1848 гг. на фабрике проводились опыты переплавки бедного штейна в шахтных печах с целью избежать обработки в шплейзофенах. Опыты оказались весьма удачными, поэтому их результаты решили использовать в валовом производстве, а для этого понадобилось построить две новые шахтные печи. Увеличили мощность фабрики в 1849 г. два новых шплейзофена. Деревянные водоподводящие лари были заменены деревянными трубами, окованными железными обручами. В связи с увеличением программы фабрики до 18 тыс. пуд. меди в год в 1850 г. была запроектирована ее достройка на новую мощность. 15 января 1851 г. министерство финансов получило планы и сметы на сооружение новых агрегатов и 8 мая их одобрило. На фабрике были построены цилиндрические воздуходувные машины. К 17 июля 1851 г. все намеченные постройки на Сузунской медеплавильной фабрике были закончены, и она могла выпускать по 18 тыс. пуд. меди в год.

Проведенная перестройка позволила резко увеличить производство меди, и в связи с этим встал вопрос о ее сбыте. Аносов получил в апреле 1851 г. разрешение министерства вывезти на Нижегородскую ярмарку 20 тыс. пуд. меди, выплавленной на Сузунском заводе. Перед отправкой меди он обратился ко всем горным управлениям и губернским правлениям Западной и Восточной Сибири с просьбой объявить о возможности покупки меди на Сузунском заводе по 9,5 руб. за пуд.

Аносов постоянно проявлял большое внимание к изысканиям новых сырьевых ресурсов на Алтае. В 1848 г. в Баян-Аульском округе было открыто три прииска медной и железной руды, а в 1950 г. — прииски свинцовых руд.

В 1848 г. были обнаружены месторождения каменного угля. Возможность его использования чрезвычайно заинтересовала Аносова. Он понимал, какое огромное значение для развития металлургии, да и всей промышленности края имеет открытие годного к употреблению в промышленных агрегатах каменного угля. До сих пор вся металлургия и металлообработка держалась на древесном угле.

Томскому заводу было поручено произвести испытания образцов каменного угля разных месторождений. Помощник управляющего заводом Быков 24 марта 1849 г. сообщил Аносову в Омск, что каменный уголь из Афонинского прииска оказался к употреблению негодным, зато уголь месторождений Абышевского, Ильинского, Козонковского превосходит сметничный древесный уголь.

15 апреля 1849 г. Аносов обязал горного начальника Колывановоскресенских заводов доставлять ему лично сведения об этих важных месторождениях. Аносова интересовало, на каком расстоянии от завода находятся указанные месторождения, на какой глубине залегает уголь и каким способом он может добываться, сколько будет стоить приблизительно добыча каждого пуда угля, сколько будет стоить доставка на завод и каким путем. Но независимо от результата ответов Аносов написал: «Поставить в обязанность местному начальству, чтобы оно старалось распространить употребление каменного угля на первый раз при кузнечной работе и сделало опыт при плавке стали в то время, когда начинается самая плавка». Таким образом была разносторонне обследована возможность использования каменного угля Кузбасса на кузнечные работы и другие металлургические операции.

При осмотре Барнаульского стекольного завода в июле 1849 г. Аносов заметил грубое отклонение от нормы по составу шихты для варки стекла: вместо поташа присаживались соль и известь. 20 июля 1849 г. он запретил употребление вредной для прочности стекла извести, предложив заменить ее поташем, изготавливаемым

мым хозяйственным образом. Алтайское горное правление организовало сбор золы от всех казенных зданий и заведений. Пристав завода обязан был наладить обработку золы в специальном устройстве при заводе и приготавливать технически чистый поташ. Аносов требовал ежемесячные сведения о количестве полученного таким способом поташа.

Крупные исследования предпринял Аносов по улавливанию металлической пыли при плавке серебра и свинца. Распоряжением от 24 сентября 1849 г. он предложил Алтайскому горному правлению организовать опыты по улавливанию металлоносной сажи, отделяющейся при плавильных операциях, с целью уменьшения угара серебра и особенно свинца. Результаты опытов должны были быть сообщены местному горному совету в 1850 г.

При обследовании заводов в 1850 г. П. П. Аносов обратил внимание на несовершенство технологииковки отдельных изделий. В частности, такие сравнительно простые по форме изделия, как гвозди, в разных кузницах выковывались по-разному, хотя сортамент их был одинаковым. Аносов послал на заводы образцы гвоздей трех сортов, с тем чтобы рабочие строго придерживались этих образцов в отношении толщины и веса. Кроме того, заводы получили образцы борон, предназначенных на вольную продажу.

Аносов всемерно содействовал развитию промышленности в Сибири, обеспечивал местные заводы, фабрики, прииски чугунами, железными и стальными изделиями. В 1849—1850 гг. были изготовлены металлические изделия для сукновальной фабрики, для золотых промыслов. В 1850 г. были отлиты чугунные детали для пильной и мукомольной машин. С целью удовлетворения потребности местных предприятий ассортимент продукции Томского, Гурьевского и Сузунского заводов был расширен.

## 7. На золотых промыслах

Значительное место в деятельности Аносова на Алтае заняло усовершенствование добычи золота.

Знаменитые гидротехники Кузьма и Петр Фроловы создали на алтайских рудниках крупнейшие гидротех-

нические сооружения, обеспечившие значительную механизацию горных работ. Но золотопромышленность в целом оставалась преимущественно во власти ручного труда. До приезда Аносова в Сибирь здесь царило кустарное производство. Вскоре после приезда на Алтай Аносов объехал золотые прииски (лето 1847 г.), ознакомился с состоянием дел на промыслах и принял энергичные меры по замене ручного труда конной тягой и водной энергией.

Царевониколаевский золотой промысел в техническом отношении оказался весьма отсталым. Для отвозки песков наряду с двухколесными экипажами употреблялись носилки. Аносов предложил немедленно вывести из употребления этот вид «транспорта» песков, заменив его двухколесными экипажами на конной тяге. Он также обратил внимание на сравнительно малый размер ящиков на двухколесных экипажах и предложил увеличить вместимость ящиков до 16,5 пуд. Важное значение Аносов придавал первым мероприятиям по усилению золотого производства, так как они являлись шагом вперед от примитивного ручного труда с носилками. Он сам контролировал выполнение указаний; примерно через месяц после своего распоряжения он потребовал от горного начальника Колывановоскресенских заводов отчет о его выполнении, причем отчет должен был быть представлен в виде конкретных сведений: «Сколько в настоящее время задолжается по золотым промыслам носилок, тачек и двухколесных экипажей с малыми и назначенной мною вместимостью ящиками» [11].

Аносов содействовал механизации работ и на частных промыслах. 7 ноября 1849 г. он предложил Алтайскому горному правлению изготовить на Гурьевском заводе для золотых промыслов томского золотопромышленника Асташева 550 чугунных и железных изделий [12]. Выполнение этого заказа Салаирская горная контора сначала было отложила на неопределенное время под предлогом остановки домны до будущей зимы или осени. Тем не менее оказалось вполне возможным заказ выполнить немедленно, и к 9 марта 1850 г. все изделия с Гурьевского завода были получены и доставлены в Томск.

Ко времени приезда Аносова на Алтай на золотых промыслах Западной Сибири было 46 механических сна-

рядов, из них 44 приводились в движение водой, а 2 — лошадьми. Через четыре года количество золотопромывальных машин увеличилось более чем в 2 раза. В 1852 г. их было 93, из них 78 машин приводились в движение водой, а 15 — конными приводами [13].

Влияние мероприятий, проведенных Аносовым на промыслах Западной Сибири, отразилось также и на золотопромывальном производстве Восточной Сибири. Здесь к началу 50-х годов прошлого столетия многочисленные простые снаряды пришли на смену бочкам, чашам, боронам и стали преобладающими. С 1847 по 1851 г. значительно возросло использование лошадиной силы там, где раньше применялся ручной труд. Например, в 1847 г. на золотых приисках Енисейской и Иркутской губерний было 5848 рабочих лошадей, а к 1851 г. их стало 11 750. За это же время число рабочих на промыслах Восточной Сибири увеличилось только на 23%. Это свидетельствует о переломе в технике всей сибирской золотой промышленности во время управления П. П. Аносова алтайскими золотыми приисками. Ему нередко приходилось председательствовать в совете главного управления и по этой должности руководить техническим перевооружением всей золотой промышленности Западной Сибири.

Аносов проявлял большую заботу о материальном благополучии рабочих алтайских золотых промыслов. Прежде всего он позаботился об улучшении питания рабочих и их семей. Согласно Положению 1828 г. работникам промыслов выдавался провиант в количестве 2 пуд. на взрослого и 1—1,5 пуд. на подростка, занятых на работах в промыслах. Эта норма сохранялась в 1832 и 1835 гг. С 1849 г. Аносов ввел бесплатную выдачу провианта семействам мастеровых. Жены мастеровых стали получать по 2 пуда провианта ежемесячно, подростки 1,5 пуда, неработающие мальчики по 1 пуду, неработающие дочери до 18 лет тоже по 1 пуду. Одновременно повысилось жалование казенных рабочих на алтайских промыслах. Казенный рабочий без особой квалификации получал по штатам 1849 г., утвержденным при Аносове, от 6 руб. 70 коп. до 10 руб. Цифра сама по себе выглядит весьма малой. Но если учесть, что в Нерчинском округе на Бильджинском золотом промысле в 1858 г. казенные рабочие получали жалование

3 руб. 57 коп. в год, то зарплата алтайских рабочих по штатам 1849 г. оказывается в 2—3 раза выше.

Весьма значительным мероприятием Аносова является установление права выхода в отставку рабочих по старости. Согласно Положению 1828 г. каждый рабочий обязан был непременно работать независимо от возраста. Он мог получить отставку от горного правления только в порядке исключения — по болезни, увечью или по глубокой старости. Аносов ввел право ухода мастеровых в отставку по достижении определенного возраста. С 1849 г. мастеровым было предоставлено право получать отставку после 35 лет работы на промыслах. Если же мастеровые отказывались воспользоваться этим правом, то им устанавливалось жалованье в полуторном размере. Забота о благополучии мастеровых на казенных золотых приисках была проявлена Аносовым и по линии здравоохранения. Штатами 1849 г. было установлено, чтобы мастеровые во время нахождения в госпитале получали половину своего жалованья, улучшилось питание больных в госпитале и медицинское обслуживание.

Крупное начинание сделано Аносовым и в области просвещения. На алтайских кабинетных промыслах им была открыта школа для детей мастеровых. Первоначально она рассчитывалась на 100 учеников. Учителям школы установили жалованье от 36 до 54 руб. в год, на учебные пособия ассигновали 30 руб. Учащиеся школы получали «жалованье» — 1 руб. 8 коп. серебром в год. Кроме того, им были определены некоторые льготы и на производстве. Наиболее способные ученики использовались на производстве «по письменной и искусственной части», а остальные определялись на легкую дневную работу продолжительностью не более 8 часов в сутки. Следует при этом иметь в виду, что рабочий день в то время длился 12 часов.

Таковы были крупные мероприятия, проведенные Аносовым на казенных золотых приисках с целью механизации производства и улучшения культурных и материальных условий мастеровых.



## 8. Забота о благоустройстве городов и культуре населения

Наряду с крупными производственными вопросами Павлу Петровичу приходилось заниматься и такими, которые далеко отстояли от техники, но требовали его личного вмешательства.

Аносов заботился о благоустройстве городов и других населенных мест. По его распоряжению Алтайское горное правление приняло 6 мая 1848 г. пространное решение о благоустройстве Барнаула [15]. Барнаульской горной конторе было предложено устроить вдоль улиц прочные водосточные каналы против домов нижних заводских чинов, мастеровых и солдат Сибирского линейного батальона для осушения низких мест. При этом улицы надлежало вымостить шлаком с возвышением посередине. Эта работа должна была быть выполнена за счет заводов. Улицы и проулки и заводскую площадь предписывалось постоянно убирать, чтобы не допускать их засорения мусором, навозом, щепками и т. д. Домовладельцев обязывали вывозить навоз и сор в определенные места и навозные кучи выравнивать. Собак, кошек и прочих павших животных предлагалось зарывать глубоко, дабы предотвратить заразу и смрад. Торговые площади и рынки предлагалось очищать за счет городских доходов, а против лавок и собственных домов за счет хозяев, которые также были обязаны насыпать шлаком низменные места или топи, устраивать канавы, мосты, надолбы, тротуары и пр. Было предложено строго следить за чистотой городских колодцев, отгораживать их забором, не допускать свалки на заводской пруд и в городские реки навоза, держать зимой в чистоте места забора воды на реке и пр. Далее перечислялся ряд мероприятий по противопожарной охране.

П. П. Аносов предписал горным конторам Павловской, Сузунской, Салаирской, Томской, Локтевской, Кольванской, Змеиногорской и управляющему казенными золотыми промыслами, приставам рудников и золотых промыслов привести в исполнение все изложенные распоряжения Горного правления во всех горных селениях и на золотых промыслах. Таким образом началась всеместная борьба за чистоту и гигиену в городах и населенных пунктах всего Алтайского края.

Характерным штрихом гражданской административной деятельности Аносова явилось распоряжение об озеленении Барнаула.

В условиях сибирских метелей, морозов и глубоких снегов местные власти проявляли беззаботность и до декабря не обеспечивали установку вех и подорожных указателей. Павел Петрович вынужден был вмешаться в это дело и дать распоряжение Горному правлению, чтобы немедленно были приняты меры к установке подорожных вех в беслесистых местах [14].

При осмотре барнаульской тюрьмы Аносов обратил внимание на то, что в одном помещении содержатся арестованные по уголовным преступлениям и по мало-важным. Аносов обязал Алтайское горное правление установить раздельное содержание указанных групп арестованных, чтобы предотвратить разлагающее влияние уголовных преступников, и обязал выделить для этого специальные помещения.

По должности томского гражданского губернатора Аносову пришлось дать ряд распоряжений об искоренении «корчемного винокурения» в Западной Сибири. Оказывается, что «по недостаточному достоянию жителей и дешевизне хлеба» крестьяне предпочитали самогон казенной водке [15]. По этому поводу в соответствии с указаниями Аносова Томское губернское правление издало подробный указ.

В 1848 г. Колывань при содействии Аносова стала заштатным городом. В Барнауле была открыта ярмарка. В Томске вместо почт-инженера был организован Сибирский почтовый округ; построены Покловский стекольный завод и здание губернских присутственных мест в Томске. Это здание и поныне украшает одну из центральных площадей Томска. Были внесены изменения и в преподавание в томской гимназии.

При ознакомлении с документами 1851, 1852 и последующих годов нередко встречаются ссылки на распоряжения П. П. Аносова по тому или иному вопросу. Авторитет Аносова был исключительно высок, он находил отражение в делах Алтайского края еще долгое время после его смерти.

## 9. Кончина П. П. Аносова

По воспоминаниям дочери П. П. Аносова Ларисы Павловны Аболтиной, в марте 1851 г. П. П. Аносов выехал из Томска в Омск для встречи с Анненковым [16]. Архивные документальные материалы подтверждают, что Анненков действительно в это время осматривал алтайские заводы. В указе Томского губернского правления от 31 марта 1851 г. имеется сообщение, что Анненков 11 марта 1851 г. был намерен выехать из Тобольска через Тару в Томск [17]. По рассказу Аболтиной, не доехав до Омска 18 верст, Павел Петрович был застигнут сильным бураном при крепком морозе. Возок, на котором ехал Павел Петрович, опрокинулся, дверца его открылась, и Павел Петрович с адъютантом упали в сугроб, на них свалились тяжелые вещи. В таком положении Павел Петрович пролежал, пока не пришла помощь из Омска. Он сильно простудился, но тем не менее встретил Анненкова в Омске и затем сопровождал его все время при объезде алтайских заводов. В апреле 1851 г. П. П. Аносов был вместе с Анненковым в Томске [18].

После осмотра алтайских заводов Анненковым Аносов прибыл вместе с ним в Омск и здесь окончательно расхворался. Здоровье Павла Петровича ухудшалось с каждым днем. У него, по-видимому, появилась горловая чахотка.

К несчастью, не оказалось надлежащей врачебной помощи, чтобы хоть несколько задержать развитие процесса. Но Павел Петрович не мог мириться с тем, что придется покинуть пост, и он продолжал работать. В качестве одного из последних его распоряжений как председательствующего в совете Главного управления Западной Сибири было предписание от 3 мая 1851 г. всем губернаторам Западной Сибири об упорядочении перемещения преподавателей и чиновников министерства просвещения [19].

До последних дней Павел Петрович не прекращал своей творческой деятельности. Но вот силы его иссякли. 11 мая Павел Петрович пригласил начальника первого отдела Главного управления Западной Сибири и просил сообщить, что он не может дальше председательствовать в совете Главного управления, и передал свои

функции гражданскому губернатору, а исправление должности главного начальника алтайских горных заводов — горному начальнику алтайских заводов инженер-полковнику Соколовскому.

13 мая Павел Петрович скончался. Безвременно оборвалась кипучая жизнь и титаническая мысль ученого и инженера. Павел Петрович Аносов был похоронен в Омске на городском кладбище.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Формулярный список П. П. Аносова на 1847 г.—Томский обл. архив, 1847 г.
2. Рапорт П. П. Аносова министру финансов от 9 сентября 1847 г. за № 456.—Алтайский краевой госархив (далее АКГА), ф. 3, д. 1229, св. 127, л. 1.
3. Письмо министра финансов. Главному начальнику Алтайских горных заводов от 25 октября 1847 г. за № 610.—АКГА, ф. 3, д. 1229, св. 127, л. 7.
4. *Т. Макеев*. К истории развития промышленности на Алтае. Алтайкрайиздат, 1951.
5. «Советская Сибирь», 26 декабря 1940 г.
6. *В. В. Данилевский*. Русская техника. Л., 1947, стр. 27.
7. *М. Ф. Золотников*. Первое описание Уральских и сибирских заводов.—*В. Геннин*. Описание уральских и сибирских заводов. М., 1937, стр. 18.
8. *П. Г. Любомиров*. Очерки по истории русской промышленности. ОГИЗ, 1947, стр. 448.
9. *И. Герман*. Сочинения о сибирских рудниках и заводах, ч. 1. СПб., 1797, стр. 244.
10. АКГА, ф. 50, оп. 18-1, св. 149, ед. хр. 4334.
11. АКГА, ф. 3, д. 1229, св. 147, л. 5.
12. АКГА, ф. 2, оп. 4, св. 791, д. 3363, л. 3.
13. *В. И. Семевский*. Рабочие на сибирских промыслах, т. I. СПб., 1898, стр. 162.
14. АКГА, ф. 3, д. 1229, св. 147, л. 13.
15. АКГА, ф. I, оп. 3, д. 1214, л. 7—10.
16. *Н. Я. Нестеровский*. Материалы к биографии П. П. Аносова.—Горный журнал, 1918, т. I—II, кн. 1—6.
17. Томский обл. архив, ф. 127, оп. I, д. 2183, л. 330, 1851 г.
18. Томский обл. архив, ф. 127, оп. I, д. 2183, л. 393, 1851 г.
19. Томский обл. архив, ф. 127, оп. I, д. 2183, л. 542 об., 1851 г.

### **Значение научного и технического вклада Аносова в развитие отечественной металлургии**

Аносов оставил богатое наследство в виде печатных грудов, среди которых книга «О булатах» войдет неоценимым вкладом в историю науки как классический труд о создании металлургии литой стали, открывший новый путь развития техники производства стали.

Аносов является родоначальником производства высококачественной литой стали; он разработал технологию процесса и оборудование, подготовил плеяду высококвалифицированных мастеров, продолжавших его дело после отъезда с Урала в Сибирь. В своей принципиальной основе аносовские процессы выплавки стали занимают важнейшее место и в современной металлургии стали. Это скрап-рудный процесс, реакция насыщения железа углеродом через газовую фазу, прямое восстановление железа из руд и др.

В трудах Аносова мы находим ценнейшие указания по отдельным стадиям производства и обработки стали, которые в настоящее время включены как необходимые правила в технологический процесс производства и обработки стали. Аносов указал необходимые технические требования к шихте, режиму плавки, условиям разливки стали. Он ввел подогрев изложниц перед заливкой металла, применил обмазку их изнутри салом и дал этому объяснение; чрезвычайно важной является также применявшаяся им обдувка тигля воздухом, чтобы предотвратить попадание инородных веществ в металл при разливке. Производство качественной и высококачественной стали требует строгого соблюдения установленных правил во всем металлургическом цикле, начиная от выплавки стали и кончая последней опе-

рацией термической обработки готовых изделий. Благодаря глубоким знаниям, широкой эрудиции, умению обобщить и использовать вековой опыт металлургии Аносов успешно построил весь цикл производства высококачественной стали и указал важнейшие условия этого производства. Выплавка тигельной стали прекратилась на Златоустовском заводе в 1919 г., но основные элементы процесса выплавки стали, установленные Аносовым, используются и в производстве на новых агрегатах.

На трудах П. П. Аносова воспиталась блестящая плеяда русских металлургов, с честью продолжавших его традиции. На Златоустовском заводе, где плодотворно развивалась творческая деятельность Аносова, выросли продолжатели его дела — выдающиеся металлурги Обухов, Лавров, Калакуцкий, Износков и др., каждый из которых обогатил металлургию крупнейшими открытиями и изобретениями.

Талантливый инженер П. М. Обухов сначала работал на гороблагодатских заводах, затем управителем Кушвинского и Юговского заводов. В 1854 г. он был назначен управителем Златоустовской оружейной фабрики, где непосредственно познакомился с богатейшим наследием Аносова и успешно продолжал свои изыскания по созданию нового способа производства стали, опираясь на замечательный опыт воспитанных Аносовым искусных мастеров стального дела. Уже через год в Петербург поступили сведения о том, что у многих златоустовских охотников имеются винтовки, приготовленные из стали капитана Обухова, отличающиеся верностью боя и крепостью. Ружейные стволы и кирасы, изготовленные из стали Обухова, имели по тому времени прекрасные качества, но стоили в несколько раз дешевле зарубежных.

В 1857 г. Обухову была выдана привилегия на производство однородной литой стали по изобретенному им способу. Он приступил к разработке проекта производства стальных пушек, и в 1859 г. началось их изготовление на созданной в Златоусте Князе-Михайловской фабрике [1].

Для массового производства однородной литой тигельной стали Обухов выбрал скрап-рудный процесс. В состав шихты входили белый чугун, стальные обрез-

ки, магнитный железняк, мышьяк и селитра. Скрап-рудный процесс выплавки стали был разработан на Златоустовском заводе Аносовым настолько обстоятельно, что этим способом получалась булатная сталь, т. е. сталь высшего качества. Участвовавшие с Аносовым в создании этого способа выплавки стали мастера продолжали работать на Златоустовском заводе и были привлечены Обуховым к выплавке однородной стали в крупных тиглях; одновременно выплавленной стали для отливки стальных пушек.

Испытание стальных пушек показало прекрасные результаты. На Всемирной выставке в Лондоне в 1862 г. была представлена отлитая в 1860 г. из обуховской стали пушка, выдержавшая более 4000 выстрелов. Для того времени такая стойкость пушки была феноменальной. Обухов приступил к строительству большого сталепушечного завода в Петербурге. Одновременно началось строительство сталепушечного завода на Урале, в Перми. На этих заводах было организовано массовое производство литой тигельной стали с использованием в принципе процессов, разработанных Аносовым.

Обухов предложил применять для изготовления артиллерийских орудий и оружия сталь, легированную титаном. Он также исследовал влияние на свойства стали хрома, алюминия и других элементов, развивая работы Аносова по специальной стали. Указанные присадки специальных элементов он рекомендовал применять при массовом производстве однородной высококачественной тигельной стали.

Через 25 лет после выхода в свет книги П. П. Аносова «О булатах» появилась чрезвычайно важная по своему содержанию статья А. С. Лаврова, в которой автор изложил свое открытие ликвации в стали [2].

Лавров работал на Златоустовском заводе с 1861 по 1867 г., т. е. несколько позже Аносова, и был достаточно осведомлен о его работах как по литературным источникам, так и непосредственно от мастеров, служивших на заводе при Аносове и помогавших ему в проведении опытов. Будучи военным приемщиком на Князе-Михайловской оружейной фабрике, Лавров не ограничил свою деятельность на заводе формальными обязанностями, а совместно с помощником Н. В. Калакуцким занялся исследованием некоторых физических

свойств оружейной стали. В качестве критерия для оценки стали Лавров взял удельный вес, определение которого, судя по его описанию, было поставлено с большой тщательностью. Отобранные наиболее крупные частицы кипятились в растворе едкого калия для обезжиривания и удаления посторонних примесей. Определение удельного веса производилось путем взвешивания при погружении стружки в сосуд с водой, которая предварительно кипятилась до удаления пузырьков воздуха, а затем охлаждалась льдом или снегом до  $4^{\circ}\text{C}$ .

Тщательно проведенные опыты показали, что удельный вес стали зависит от содержания в ней углерода. Были определены удельные веса пяти образцов: для стали с  $0,35\%$  С удельный вес равнялся 7,858, а для стали с  $1,75\%$  С — 7,840. Таким образом, Лавров показал, что чем выше содержание углерода в стали, тем меньше ее удельный вес. Эти результаты оказались выдающимися и вошли крупным вкладом в металлургию.

Лавров рассматривал сталь как раствор углерода в железе. «Если бы сталь была каким-нибудь постоянным химическим соединением, то даже при медленном остывании состав ее оставался бы без всякого заметного изменения, но сталь есть сплав, раствор углерода в железе». Поэтому при медленном остывании должно происходить «распадение» этого сплава, как не представляющего собой определенного химического соединения.

Затверждение стали, как и всякого раствора, по мнению Лаврова, должно протекать по закону избирательного замерзания. В результате этого распадаения должно произойти выделение из раствора более трудноплавких составляющих около стенок изложницы и вытеснение легкоплавких, обогащенных углеродом, масс в центральные части слитка. При этом вытеснение легкоплавкой массы идет не только от стенок в середину, но и вверх по оси. Следовательно, верхняя часть слитка, особенно середина ее, должна быть наиболее легкоплавкой. Учитывая, что легкоплавкость возрастает с увеличением содержания углерода, картина кристаллизации стали вырисовывается, по Лаврову, следующим образом; сначала должен затвердевать бедный примесями состав, как более тугоплавкий, а затем, идя от поверхности слитка к сердцевине, все более и более богатые примесями составы раствора углерода в железе. В результате



такого затвердевания получается неравномерное распределение углерода в стали по зонам слитка. Наружные слои его должны быть более бедными углеродом, нежели сердцевина. Медленное охлаждение благоприятствует избирательному замерзанию.

Таким образом, Лавров сделал выдающееся открытие ликвации вторых компонентов в стали и дал объяснение этому явлению. Лавров сделал также блестящее исследование другого дефекта стального слитка — раковин и пустот. В своем труде «О булатах» Аносов указал на образование усадочной раковины в слитке в силу изменения объема металла при кристаллизации [3]. Лавров развил учение о пустотах в стальном слитке и нарисовал стройную картину механизма образования усадочных пустот. Им дано также полное и ясное объяснение причины образования другого типа пустот — газовых пузырей как следствие выделения газов из металла при остывании. Изложенное им учение о пустотах в стальном слитке — усадочной раковине и газовых пузырях — обосновано достаточно тщательно проведенными экспериментами.

В следующем 1867 г. опубликовал свои замечательные исследования Н. В. Калакуцкий [4]. Он работал младшим артиллерийским приемщиком на том же Златоустовском заводе. Сначала совместно с А. С. Лавровым, а затем самостоятельно Н. В. Калакуцкий исследовал химический состав стальных слитков, их строение, пластическую деформацию стали, остаточные напряжения в стальных слитках и поковках и ряд кардинальных вопросов производства и обработки стали [5]. Калакуцкий произвел химический анализ наружного слоя слитка и его сердцевины. При этом сплав был охлажден в тигле не до полного, а лишь до частичного затвердевания стали: после образования твердой корки жидкая масса в середине была вылита и затвердела отдельно. Химический анализ показал в наружной корке 0,67% углерода, а в сердцевине 0,8%. Данный опыт Калакуцкого полностью подтвердил наблюдения Лаврова о ликвации углерода в стали по сечению слитка.

Калакуцкий весьма детально исследовал строение слитка и дал замечательное его описание. На верхней части слитка он заметил металл мелкопластинчатый, на-

поминающий по своему виду излом сурьмы, точно такое же сложение наблюдается вдоль боковых поверхностей слитка. Мелкопластинчатое строение верхних слоев постепенно переходит в более крупное в средней части и в сильно пластинчатое в нижней части слитка. Сравнивая металл с боковых поверхностей со слоями, расположенными по оси слитка (в одних и тех же сечениях), можно увидеть то же крайне постепенное увеличение крупности зерен к центру слитка. Калакуцкий значительно продвинул вперед учение о строении стали, заложенное Аносовым. Аносов описал структуру отдельных участков стального слитка и кованных кусков стали. Калакуцкий перешел от частного к общему и дал общую картину строения слитка. При этом он обратил внимание, что в расположении кристаллов заметна строгая правильность и постепенность. Нарушение этой правильности наблюдается только в зоне усадочного столба, где кристаллы расположены крайне неправильно. В этой зоне и цвет металла заметно отличается от остальной плотной и блестящей массы.

Чернов первый обратил внимание на выдающееся значение работ Лаврова и Калакуцкого и оценил их достойным образом в Русском техническом обществе. В своем докладе «Критический обзор статей А. С. Лаврова и Калакуцкого о стали и стальных орудиях» [6] Чернов указал, что их труды, «не имея ничего себе подобного ни в русской, ни в иностранной литературе, заслуживают с нашей стороны полной признательности к их авторам». Подвергнув обстоятельному разбору замечательные исследования Лаврова и Калакуцкого, Чернов заключил свой доклад следующим выводом: наша наука должна гордиться трудами Лаврова и Калакуцкого, которые первыми указали на распределение пустот в литых стальных болванках и на зависимость их от обстоятельств плавки и литья — распределение плотностей самой стали в различных местах болванок и неодинаковость ее химического состава [6].

После работы на ряде уральских заводов на Златоустовский завод поступил инженер Износков. Здесь он познакомился с богатейшим наследием Аносова и его последователей, продолжал дальше разработку способов получения литой стали. Переехав на Сормовский завод, он по чертежам Сименса построил печь и, вооружен-

ный опытом выплавки стали на Златоустовском заводе, наладил производство литой стали по способу, называемому мартеновским. Это удалось ему достичь быстро, так как он имел в своем распоряжении глубоко проанализированный большой опыт получения литой стали на Златоустовском, Обуховском и других заводах. Благодаря трудам Аносова и его последователей металлургические процессы при выплавке стали по разным способам были изучены обстоятельно, это делало доступным их успешное проведение в разных агрегатах.

Таким образом, основополагающие труды Аносова получили дальнейшее успешное развитие в инициативной деятельности Обухова, Лаврова, Калакуцкого, Износкова и других металлургов. Был сделан огромный шаг по пути создания новой техники производства стали.

Но, чтобы наладить массовое производство стальных изделий высокой прочности, нужно было проникнуть дальше в тайны природы металла и раскрыть законы, управляющие строением и свойствами стали, нужно было поставить на научные рельсы важнейший производственный процесс — термическую обработку стали.

После первых успехов получения стальных изделий высокой прочности возникли трудности в производстве, преодоление которых казалось чуть ли не безнадежным. Приглашенный на Обуховский завод в 1866 г. Д. К. Чернов после двухлетнего исследования всего производственного цикла пришел к заключению, что сталевары, прошедшие школу на Златоустовском заводе, варили на Обуховском заводе прекрасную высококачественную сталь. Однако на дальнейших стадиях производства далеко не всегда соблюдались идентичные условия обработки, в результате чего получение требуемых свойств не гарантировалось.

Двухлетние исследования Д. К. Чернова завершились выдающимся открытием полиморфизма железа и критических точек стали [6]. Это открытие поставило на прочную научную основу учение о стали и ее тепловой обработке.

Д. К. Чернов высоко ценил исследования П. П. Аносова о булатах. Лекция Чернова об Аносове и о булатах была всегда одной из самых увлекательных. Чернов ездил на Урал и встречался с «аносовским кузнецом»

[7, 8]. Кроме того, при организации Обуховского завода в Петербурге туда была переведена в 1860-х годах значительная группа лучших сталеваров и кузнецов из Златоуста. Многие из них, конечно, еще помнили Аносова и работали с ним. Чернов постоянно бывал в цехах завода и имел тесный контакт с мастерами и рабочими, особенно опытными златоустовскими из аносовской школы. Чернов сам провел специальные плавки, в 1869 г. повторил некоторые опыты Аносова и получил прекрасные образцы булата [9]. Из одного слитка были откованы два клинка, на которых выявлен отчетливый волнистый узор.

На основании глубокого изучения трудов Аносова, использования опыта аносовской школы сталеварения и проведения собственных опытов по приготовлению булата Чернов заключил: «Сталь, до сих пор употребляемая в промышленности и в искусствах, по преимуществу есть соединение железа и углерода. Чем чище это соединение в данном куске стали, тем лучше, тем выше ее качества. Самая лучшая сталь, какую когда-либо, где-либо делали,— есть без сомнения булат».

Продолжение начатых Аносовым исследований о влиянии присадок других элементов позволило изучить влияние их на качество и технологические свойства, показало возможность значительно повысить физические, химические и механические свойства стали, способствовало созданию новых специальных сталей с высокими свойствами. В своем докладе Русскому техническому обществу относительно влияния посторонних примесей на качество стали Чернов указал, что некоторые из них сообщают ей особый цвет, уменьшают способность ржаветь, иные, заменяя углерод, сообщают ей способность принимать сильную закалку и т. п. Ковкость стали, находящаяся в прямой зависимости от количественного содержания углерода, значительно понижается от присутствия некоторых посторонних примесей.

В 80-х годах XIX и в начале XX в. высококачественную легированную сталь варили на Златоустовском заводе замечательные мастера Швецовы и Бояршиновы, получавшие булаты с присадкой в сталь хрома, марганца, вольфрама и других элементов. Легированная литая сталь также варилась и на многих других заводах.

Прошло 10 лет после первого доклада, и 2 декабря 1878 г. Чернов снова выступил в Русском техническом обществе. На этот раз он изложил свои исследования о структуре литых стальных болванок [10]. Он подробно разобрал строение стального слитка и причины, обуславливающие такие дефекты стальных слитков, как усадочная раковина, усадочная рыхлость, наружные и внутренние пузыри, остаточные напряжения и др.

В этом же докладе Д. К. Чернов сообщил о своем замечательном открытии дендритного кристаллического строения стали. В усадочной раковине стального слитка были обнаружены отдельные кристаллы и целые друзы мелких кристаллических ростков, отчетливо показывающих форму кристаллических образований стали. Найденный Черновым кристалл в усадочной раковине 100-тонного слитка обошел всю мировую литературу по металлургии.

Чернов подверг найденные кристаллы тщательному исследованию при помощи микроскопа и установил, что кристаллы слитка имеют дендритное строение; наибольшее развитие ростков идет по направлению октаэдрических осей, причем в направлении главного роста кристалла ветвь длиннее двух других. Затвердевание стали идет не непрерывным нарастанием гладких слоев, а постоянным ростом столбчатых кристаллов по направлению от охлаждающих стенок изложницы к центру слитка. При этом главные оси кристаллов располагаются перпендикулярно к охлаждающей поверхности. Рост кристаллов идет мутационно. Строение слитка было в дальнейшем детально проанализировано Н. А. Минкевичем [11].

Чернов рассматривал узор булата как результат правильной кристаллизации высокоуглеродистой стали при медленном охлаждении. Открытие А. С. Лавровым ликвации в стали и Д. К. Черновым дендритного строения кристаллов слитка дало прямые указания на связь узоров с макроструктурой стали. Однако работой Н. Т. Беляева [12] была внесена в этот вопрос путаница. Он считал, что в булате после медленного охлаждения могут появляться узоры перлита, видимые невооруженным глазом. Несостоятельность этой позиции была подвергнута критическому разбору А. А. Байковым [13] и особенно Н. И. Беляевым [14]. Последний развил далее методику

Аносова по макротравлению и установил ряд важных положений, касающихся макроструктуры стали: 1) методом макроскопического анализа можно во всякой стали в литом состоянии выявить составляющие ее кристаллы; 2) кристаллы образуются в момент перехода стали из жидкого в твердое состояние, они имеют неоднородное строение, объясняющееся химической неоднородностью затвердевающего твердого раствора; 3) кристаллы, составляющие сталь, не разрушаются обычными нагреваниями для механической и термической обработки; строение же их изменяется с сохранением неоднородности, зависящей от неоднородности твердого раствора.

Н. И. Беляев провел опыты выплавки булатов по рецептам Аносова и получил слитки с содержанием углерода от 0,20 до 2,20%. Это были стальные сплавы высокой чистоты, с малым содержанием примесных элементов. Исследование макроструктуры их показало, что дендритная структура присуща всем составам стали, но выявляется она неодинаково. Труднее всего она выявляется в высокоуглеродистых (1,35% С) и малоуглеродистых (0,20% С) слитках. Н. И. Беляев нашел объяснение этому в том, что в сортах с высоким и малым содержанием углерода легче проявляется вторичная структура, которая, выделяясь рельефно, маскирует первую. В противоположность первой, т. е. дендритной, структуре, требующей, вообще говоря, для своего проявления длительного травления в крепких растворах кислот и применения специальных приемов выявления, вторая структура (эвтектоидная) выявляется после сравнительно непродолжительного травления в слабых растворах кислот, в течение нескольких минут. Указанные Н. И. Беляевым две структуры реально существуют во всякой литой стали. Одна из них — результат кристаллизации из жидкого раствора и состоит из дендритов или первичных кристаллов твердого раствора углерода в железе. Выявляется она методами глубокого травления шлифов на макроструктуру. Вторая структура — результат разложения твердого раствора углерода в  $\gamma$ -железе при прохождении через интервал критических температур во время охлаждения. Образование этой структуры происходит в твердой среде. Она значительно мельче, нежели первичная структура, микроскопична и выявляется методами микроскопической металлографии.



*Рис. 23. Памятник П. П. Аносову в Златоусте*

Дальнейшее развитие учения о макро- и микроструктуре дано в работах А. А. Бочвара [15, 16], где глубоко раскрыты механизм и кинетика кристаллизации сплавов эвтектического типа. Эти исследования позволили выявить механизм и кинетику образования эвтектоидного типа структур, в частности перлита, в системе железо — углерод. В них дан также анализ природы ложноэвтектидных структур сплавов железо — углерод типа сорбита, троостита, троосто-сорбита и т. п. В развитии работ П. П. Аносова, Д. К. Чернова, Н. И. Беляева и Н. С. Курнакова весьма важными в теоретическом, методологическом и практическом отношении являются исследования А. А. Бочвара о зависимости технологических, физических, механических и химических свойств от состава сплавов.

В разработку научных основ металлургического производства наши отечественные ученые внесли крупный творческий вклад. Однако их большая созидательная работа сковывалась крайне ограниченными рамками развития промышленности в дореволюционный период.

В условиях советского строя металлургия получила огромное развитие. После ликвидации последствий военной времени и гражданской войны, а затем второй мировой войны советский народ поднял производство стали за 40 лет, с 1928 по 1967 г., от 4,3 млн. до 100 млн. т в год. В этом заложен гигантский труд металлургов — рабочих, инженеров, ученых. Большой творческий вклад в разработку современной теории и технологии металлургического производства и в развитие учения о стали внесли Н. И. Беляев, А. А. Байков, М. А. Павлов, И. П. Бардин, Н. А. Минкевич, С. С. Штейнберг, А. А. Бочвар, А. М. Самарин, В. П. Елютин, В. С. Емельянов и другие продолжатели славных дел выдающегося металлурга П. П. Аносова.

К началу 20-х годов была прекращена выплавка тигельной стали почти на всех заводах страны. На смену малопроизводительному тигельному способу пришел новый более производительный и экономичный способ — электрометаллургический [17]. В нем использованы важнейшие элементы металлургического процесса, установленные Аносовым для производства высококачественной стали. Значительно повысилось качество массового производства стали мартеновским и конверторным способами.



Впервые экспериментально изученное Аносовым взаимодействие в расплаве железа, чугуна, руды (окислов) и шлака, а также их взаимодействие с атмосферой прошло долгий путь исследований и получило научное освещение в теории металлургических процессов.

Первые систематические исследования Аносова о влиянии легирующих элементов на структуру и свойства стали (см. главу V) привели к созданию класса специальных сталей с особо высокими механическими, физическими и химическими свойствами. Удельный вес этого класса стали непрерывно растет, и для обеспечения его выпуска создана специальная отрасль металлургии — ферросплавная [18]. Как производство специальной стали, так и ферросплавная металлургия получили начало своего развития в районе Златоустовского завода — творческой базы Аносова.

Создание в нашей стране новых отраслей машиностроения — автомобильной, авиационной, станкостроительной, приборостроительной и др. — потребовало массового выпуска качественной стали. Возникла необходимость промышленной классификации стали по доброкачественности. Такая классификация была разработана Н. А. Минкевичем [19] и введена в государственные стандарты. В ней предусмотрены классы стали: обыкновенного качества, качественная, высококачественная — «совершенная» (по терминологии Аносова).

Советский народ высоко ценит научный подвиг великого русского металлурга Павла Петровича Аносова и чтит память о нем.

Сослуживцы Павла Петровича и многие горные деятели не раз поднимали вопрос о сооружении памятника П. П. Аносову, достойного его великих дел. Местом для установки памятника указывался город Златоуст. Но все обращения к горнопромышленникам до Октябрьской революции были тщетными, нужные средства не были собраны.

Достойным образом деятельность патриота, выдающегося ученого и инженера Павла Петровича Аносова оценена только после Великой Октябрьской социалистической революции. В ознаменование 150-летия со дня рождения П. П. Аносова Совет Министров СССР постановил увековечить его память. В Златоусте сооружен памятник П. П. Аносову. Учреждена премия имени

П. П. Аносова, присуждаемая Президиумом Академии наук СССР за лучшие работы в области металлургии стали, металловедения и термической обработки; изданы его труды; имя П. П. Аносова присвоено Златоустовскому техникуму сельхозмашиностроения; в Московском институте стали, Уральском политехническом институте, Ленинградском горном институте и Златоустовском техникуме сельхозмашиностроения установлены стипендии имени П. П. Аносова.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *К. И. Лисенко*. О составе стали полковника Обухова.— Горный журнал, 1858, ч. II, стр. 73.
2. *А. С. Лавров*. О приготовлении стальных орудий.— Артиллерийский журнал, 1866, № 10 и 11.
3. *П. П. Аносов*. О булатах. СПб., 1841.
4. *Н. В. Калакуцкий*. Материалы для изучения стальных орудий.— Артиллерийский журнал, 1867, № 5, стр. 784—817; № 7, стр. 1205—1227; № 9, стр. 1601—1642; № 10, стр. 1737—1760.
5. *Н. В. Калакуцкий*. Исследование внутренних напряжений в чугуне и стали. СПб., 1887.
6. Сообщение г. Чернова: «Критический обзор статей г. г. Лаврова и Калакуцкого о стали и стальных орудиях и собственные его исследования по этому же предмету».— Записки РТО, 1868, вып. 7, стр. 517.
7. Дмитрий Константинович Чернов.— НХТИ, II, 1943, стр. 21.
8. *Д. К. Чернов*. Сталелитейное дело.— Записки Михайловской артиллерийской академии, 1906, стр. 31.
9. *Н. И. Беляев*. О булатах. СПб., 1906, стр. 18.
10. *Д. К. Чернов*. Исследования, относящиеся до структуры литых стальных болванок.— Записки РТО, 1879, вып. 1.
11. *Н. А. Минкевич*.— Сталь, стальные и чугунные полуфабрикаты. М.— Л., 1930, стр. 12.
12. *Н. Т. Беляев*. Кристаллизация, структура и механические свойства стали при медленном охлаждении. СПб., 1909.
13. *А. А. Байков*. Рецензия на книгу Т. Н. Беляева «Кристаллизация; структура и свойства стали при медленном охлаждении» (СПб., 1909).— ЖРМО, 1910, № 3, стр. 525—528.
14. *Н. И. Беляев*. Макроструктура стали в связи с кристаллизацией.— ЖРМО, 1910, № 1.
15. *А. А. Бочвар*. Исследование механизма и кинетики кристаллизации сплавов эвтектического типа. ОНТИ, 1936.
16. *А. А. Бочвар*. Металловедение. ОНТИ, 1935.
17. *А. М. Самарин*. Электрометаллургия. Metallurgizdat, 1943.
18. *В. П. Елютин, Ю. А. Павлов, Б. Е. Левин*. Ферросплавы. Metallurgizdat, 1951.
19. *Н. А. Минкевич*. Свойства, тепловая обработка и назначение стали и чугуна. Госмашметиздат, 1932.

# О г л а в л е н и е

---

Введение	5
Глава первая <b>Обучение в Горном кадетском корпусе</b>	10
Глава вторая <b>Практикант Златоустовского завода</b>	18
Глава третья <b>Деятельность Аносова на Оружейной фабрике</b>	50
Глава четвертая <b>Литая сталь Аносова</b>	79
Глава пятая <b>Исследования по специальной стали</b>	101
Глава шестая <b>Зарождение новой науки — металлографии</b>	127
Глава седьмая <b>Новые выдающиеся работы по металлургии и геологии</b>	146
Глава восьмая <b>Булат — дамаск — харалуг</b>	180
Глава девятая <b>Аносовские булаты</b>	201
Глава десятая <b>Внедрение прогрессивной техники в разные области производства</b>	229
Глава одиннадцатая <b>Деятельность П. П. Аносова в Сибири</b>	249
Глава двенадцатая <b>Значение научного и технического вклада Аносова для развития отечественной металлургии</b>	281

*Дмитрий Антонович Прокошкин*

**Павел Петрович Аносов**  
**(1797—1851)**

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

Редактор *Л. В. Лукашевич*  
Художественный редактор *В. Н. Тикунов*  
Технический редактор *Е. Н. Евтянова*

Сдано в набор 20/XI-70 г. Подписано к печати 28/IV-71 г.  
Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага № 1. Усл. печ. л. 15,54  
Уч.-изд. л. 15,1. Тираж 3500 экз. Т-07440  
Тип. зак. 1478 Цена 95 коп.

Издательство «Наука»  
Москва К-62, Подсосенский пер., 21  
2-я типография издательства «Наука»  
Москва Г-99, Шубинский пер., 10

Навел Петрович Аносов

Д. А. Прокошкин



*Д. А. Прокошкин*

**Навел Петрович**

**АНОСОВ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ КНИГА

АЛЕКСАНДРОВ А. А.

СЕМЕН ИВАНОВИЧ БАДАЕВ

5,5 л., 45 к.

(Научно-биографическая серия)

Семен Иванович Бадаев принадлежит к плеяде выдающихся металлургов России первой половины XIX в. Талантливый выходец из семьи крепостных крестьян, он всю свою трудовую деятельность посвятил созданию способов получения литой стали. На основе разработанных Бадаевым методов началась организация русской металлургической промышленности. Книга о жизни и трудах Бадаева будет полезна всем интересующимся истоками отечественного сталелитейного дела и трудовыми подвигами людей техники.

*Заказы просим направлять в магазин «Академкнига»: Москва, В-463, Мичуринский проспект, 12, магазин «Книга — почтой» «Академкнига» или в один из магазинов «Академкнига»:*

Москва, ул. Горького, 8; ул. Вавилова, 55/7;

Ленинград, Д-120, Литейный проспект, 57;

Киев, ул. Ленина, 42;

Харьков, Уфимский пер., 4/6;

Алма-Ата, ул. Фурманова, 91/97;

Ташкент, Л-29, ул. Ленина, 73;

ул. Шота Руставели, 43;

Новосибирск, Красный проспект, 51;

Уфа, проспект Октября, 129;

Коммунистическая ул., 49;

Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137;

Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42;

Иркутск, 33, ул. Лермонтова, 303;

Душанбе, проспект Ленина, 95;

Куйбышев, проспект Ленина, 2;

Баку, ул. Джапаридзе, 13.

Цена 95 коп.