

**Russian Academy of Sciences
Ural Branch Institute of
History and Archaeology.**

**State Archive
of the Sverdlovskaya Region.**

Sverdlovsk museum of Natural History.

**Российская Академия Наук
Уральское Отделение
Институт истории и археологии.**

**Государственный архив
Свердловской области.**

Свердловский историко-краеведческий музей.

Алексеев Вениамин Васильевич
Корепанов Николай Семенович
Рукоуев Евгений Юрьевич
Устьянцев Сергей Викторович

ИНДУСТРИАЛЬНОЕ НАСЛЕДИЕ УРАЛА (В ФОТОГРАФИЯХ)

INDUSTRIAL HERITAGE OF THE URAL IN PHOTOGRAPHS



**ЕКАТЕРИНБУРГ
1993 г.**

ВВЕДЕНИЕ

С началом постиндустриальной эры, особенно в развитых странах Европы, широко развернулось движение за сохранение индустриального наследия прошлого. Оно рассматривается как важнейший элемент материальной культуры индустриальной цивилизации и играет заметную роль в формировании мировоззрения современного человека, прежде всего молодежи. С этой целью индустриальное наследие передовых стран тщательно инвентаризируется, изучается, музеефицируется и популяризируется. Старые рудники и шахты, заводы и фабрики, порты и железнодорожные вокзалы, плотины и каналы, паровые котельные и электростанции, ветряные и водяные мельницы, а также многие другие промышленные объекты активно посещают тысячи людей не только своих стран, но и зарубежные туристы.

С целью изучения и сохранения индустриального наследия во многих странах возникли специальные музеи, проектные и реставрационные мастерские, общества и ассоциации, кафедры и факультеты в колледжах и университетах, опубликовано множество научных, учебных и популярных книг, фотоальбомов и ярких буклетов, сняты великолепные слайды и фильмы. Всю эту работу возглавляет Международный Комитет по сохранению индустриального наследия (ТИССИН), отделения которого существуют в большинстве стран, за исключением России. Он систематически проводит мировые конгрессы по разным аспектам данной проблемы.

В России тоже немало внимания уделялось сохранению и пропаганде культурного наследия. Создано немало историко-культурных заповедников, опубликованы тысячи научных и популярных книг, сотни красивых альбомов, множество художественных открыток и другой изобразительной продукции. Сложнее обстоит дело с сохранением и популяризацией индустриального наследия. С одной стороны, задержка страны на стадии традиционной индустриализации не стимулировала постиндустриального интереса и заботы о сохранении и использовании индустриального наследия. С другой стороны, бытует мнение, что народ пресыщен им на производстве и в отличие от памятников культуры не воспринимает его столь эмоционально. Видимо, по этим причинам до недавнего времени изучению и сохранению индустриального наследия не уделялось должного внимания.

Принципиально новая ситуация складывается сегодня. Радикальная структурная перестройка экономики, упразднение устаревших производств или

их приватизация со всей остротой ставят вопрос о судьбе нередко уникальных помещений и оборудования. Их трудно сохранить в условиях глубокого экономического кризиса и бюджетного дефицита, но применительно к отдельным, особо ценным объектам это придется делать любой ценой, поскольку страна не может лишиться своего национального достояния. Более того, ряд уникальных объектов необходимо включить в мировой кадастр памятников индустриального наследия.

В России существует немало крупных промышленных районов, интересных с позиций индустриальной археологии, но особое внимание привлекает Урал — как старейший и многопрофильный центр индустриального производства не только российского, но и мирового значения. На рубеже XVII—XVIII вв. он стал превращаться в крупный металлургический район, чему способствовало уникальное сочетание железорудных, лесных и водных ресурсов. В XVIII в. здесь построили не менее 200 горных предприятий. К началу XIX в. на Урале производилось 2/3 российского железа и 90 процентов меди. Его заводы поставляли металл во многие европейские страны и даже на Американский континент. Уральское кровельное железо сохраняло от непогоды здание английского парламента и французский собор Нотр-Дам. Некоторые исследователи утверждают, что уральский металл использовался при возведении статуи Свободы в Нью-Йорке.

Новый импульс развития уральской индустрии дали войны XX века, особенно вторая мировая, когда он стал крупным поставщиком не только продукции металлургии, но и машиностроения. Только один Магнитогорский металлургический комбинат давал стране в 1942—1944 годы 33 процента чугуна, 25 процентов стали и проката, 30 процентов кокса. А Ижевский машиностроительный завод поставил 93 процента общесоюзного производства винтовок и карабинов. В общей сложности в годы второй мировой войны Урал обеспечивал 40 процентов всей продукции военной промышленности СССР.

В последние годы суровые ветры "холодной войны" сгустили тучи секретности над Уралом и превратили его в крупнейший арсенал новейших вооружений. Здесь рождалась советская атомная и ракетная мощь. В условиях конверсии она тоже стала историей. Предстоит большая работа по ее написанию и сохранению объектов индустриального наследия этой эпохи.

В итоге за столетия индустриального развития Урал прошел путь, аналогичный многим старопромышленным районам мира, таким как Рур, Лотарингия, Эльзас и другие. Его памятники по значимости имеют общецивилизационное зна-

INTRODUCTION

The beginning of the post-industrial era, first and foremost in the developed countries of Europe, gave impetus to the movement for the conservation of the industrial heritage. The latter is considered to be the central element of the material culture of the industrial civilization and plays a significant role in shaping world outlook of a modern man, first and foremost of the young people, has considerable effects on their professional orientation. For this purpose the industrial heritage of the advanced countries is being thoroughly catalogued, studied, turned into museums and popularized. The old mines and shafts, works and factories, ports and railway stations, dams and channels, steam boiler-houses and electrostations, wind and water mills and many other industrial objects are actively visited by thousands of people from home countries as well as by foreign tourists. This has become a standard and a good form of conduct.

For the purpose of studying and preserving the industrial heritage special museums, project and restoration shops, communities and associations, departments and faculties in colleges and universities have emerged in numerous countries of the world; a great number of scientific, educational and popular books, photoalbums and colourful booklets have been published; wonderful slides and films have been shot. All this activity is headed by The International Committee for Conservation of the Industrial Heritage (TICCIH) the branches of which exist in the majority of countries except for Russia. It systematically holds international congresses on various aspects of the problem discussed.

In Russia great attention has been traditionally paid to the preservation and propaganda of the cultural heritage. Numerous historical-cultural museums-reserves have been created, thousands of scientific-research and popular books, hundreds of marvellous albums, a lot of picture stamps and other products of fine arts have been published. At the same time problems of different nature are encountered as the conservation and popularization of the industrial heritage are concerned. For the first the country's delay at the stage of traditional industrialization could not stimulate the post-industrial interest and concern about the conservation and application of the industrial heritage. For the second it is considered that the people are overburdened with it at their jobs and, in contrast to the cultural relics and monuments, can not admire it. Evidently, due to these very causes until recently great attention was not focused on the study and conservation of the industrial heritage.

However, the today situation has principally changed. The radical structural reconstruction of the economy, abolition of the obsolete productions or privatization of them make the problem of the destiny of the unique premises and equipment especially acute. To preserve them seems very difficult in the light of a deep economic crisis and budget deficit, nevertheless, some objects of a particular value necessitate doing it at any price, for the country should not be deprived of its national property. Moreover, a number of unique objects must be included into the world cadastre of the monuments of the industrial heritage.

There are many large industrial regions in Russia fairly attractive in terms of industrial archaeology approaching, however a special attention should be focused on the Ural as the oldest and diversified centre of the industrial production of both Russian and world importance. On the turn of the XVII-XVIII centuries the inimitable combination of iron ore, woods and water resources promoted the origin of a large-scale metallurgical basis in the Ural. About 200 mining enterprises were erected there over the XVIII century. By the early XIX century the Ural produced 2/3 of the Russian iron and 90% of copper. Its works exported metal to many European countries and even to the American continent. The Ural roofing iron protected from bad weather the houses of the British Parliament, the French Notre Dame cathedral. Some scholars consider that the Statue of Liberty in New York was made of the Ural metal.

The XX-century wars, in particular the second world war, set new incentives to the growth of the Ural industry, turning the region into a large exporter of the products of both metallurgy and machine-building. In 1942 the Magnitogorsk group of metallurgical enterprises alone supplied the country with 33% of cast iron, 25% of steel and rolled products, 30% of coke; the Izhevsk machine-building plant produced 93% of the aggregate country's output of guns and carabines. Overall, within the years of the second world war the Ural provided 40% of the aggregate yield of the war industry.

In the post-war years the severe winds of cold war separated the Ural with an impenetrable iron curtain of secrecy and transformed it into the largest arsenal of the development, production and stockpiling of new-generation weapons. It was the Ural where the Soviet atomic and rocket power was originated. In the conversion context it has already become history. A profound long-term study is required to describe it and to preserve the objects of the industrial heritage of that epoch.

As a result, over the centuries of the industrial growth the Ural evolved in the way analogous to that of the old world industrial regions, such as Ruhr, Alsace-Lorraine, etc. Its monuments are of a vital importance

чение, нуждаются в тщательном изучении, музеефикации, охране и экспонировании для мировой общественности. Пока же они мало известны, не вошли в мировые каталоги, практически не посещаются зарубежными ценителями индустриального наследия. Цель данной работы — познакомить с ним широкие круги любителей старины как в нашей стране, так и за ее пределами.

На Урале сохранилось свыше 100 крупных памятников индустриального наследия XVIII—XIX вв. Рассказать о всех в одной публикации невозможно. Поэтому авторы для начала остановились только на памятниках индустриальной культуры железнорудного производства как главных и наиболее колоритных.

Чем же характеризовалось металлургическое производство на Урале в рассматриваемый период? Какие основные этапы прошло? Чего достигло? Попробуем дать его краткую обобщенную характеристику для того, чтобы понять предлагаемый иллюстративный материал и его технико-экономические характеристики.

Один из первых железнорудных заводов (Ницинский) был построен на Урале в 1630—1631 гг. Через три года возник Пыскорский медеплавильный завод, а за ними целая цепочка предприятий подобного рода. Они, как правило, располагались непосредственно у мест добычи руды и размещались в простых деревянных постройках — амбарах. После исчерпания руды легко переносились на новое место, что затрудняет обнаружение остатков таких предприятий в наши дни, хотя потребность в них велика для реконструкции производства и быта того времени.

Уральские заводы строились по образцу старорусских олонечских и тульско-каширских. А те, в свою очередь, создавались под влиянием европейской, в частности шведской и немецкой, металлургии. Это предоставляет редкую возможность проследить взаимосвязь технологий. К концу XVIII в. значение уральской металлургии стало быстро нарастать. Способствовало этому оживление внутреннего и внешнего рынка благодаря петровским преобразованиям. Это — с одной стороны, с другой — истощение сырьевых ресурсов Каширско-Тульской базы. Урал же располагал уникальным сочетанием огромных запасов высококачественной железной руды, водных и лесных ресурсов.

Подлинный расцвет уральская металлургия получила в XVIII веке, который часто называют ее "золотым веком". Наиболее убедительно судить о масштабах производства того времени можно по ма-

териалам Невьянского, Екатеринбургского и Нижне-Тагильского заводов.

Первая доменная печь на Невьянском заводе построена в 1701 году. Вскоре здесь была сооружена "царь-домна", одна из крупнейших в мире по тому времени. В середине XIX в. доменный корпус был перестроен и сохранился до сих пор. Его можно реконструировать по чертежам второй половины века.

Екатеринбургский завод, построенный в 1723 году, судя по плану 1730 года, имел около 30 отдельных производственных помещений — цеха, склады, плотину с водоподводящей системой, приводившей в движение до 50 водяных колес. Отдельные его фрагменты, механизмы существуют по сей день.

Нижне-Тагильский завод выдал первый чугун в 1725 году. К концу XVIII века на нем функционировало 26 различных производств. Здесь был построен первый русский паровоз, внедрено много других оригинальных технических усовершенствований. До сего времени сохранились плотина и вешняк, каменная подпорная стенка и другие объекты XVIII века, заводская контора, кузнечный цех, железнорудная фабрика, сутуночный цех, а также другие строения и оборудование первой половины XIX века. Они дают наглядное представление об эволюции уральского металлургического завода, прошедшего путь от мануфактуры до предприятия индустриального типа.

Как памятник индустриального наследия Нижне-Тагильский завод интересен не только тем, что это одно из старейших металлургических предприятий мира, но и типичностью пройденного им пути, проявившейся в многослойности планировки заводской территории и находившихся на ней производственных объектов. Это создает благоприятные возможности для изучения и демонстрации основных этапов технического прогресса в металлургии. Многочисленные экспонаты позволяют проследить полный металлургический цикл: доменное, мартеновское, прокатное, а также литейное и механическое производство. Карьер Высокогорского рудника воссоздает уникальную экспозицию горных работ на разных (домануфактурной, мануфактурной и индустриальной) стадиях добычи руды.

В общей сложности за первую половину XVIII века на Урале было построено 71 предприятие, 33 из них производили черный металл, а 38 — медь. Во второй половине века сооружено еще более 100 предприятий. В 1800 году на Урале производилось 7,8 млн. пудов чугуна и 5,3 млн. пудов железа. Восемнадцатое столетие дало 7/10 железнорудных заводов, возникших в Уральском регионе за период двухве-

for the civilization owing to both their significance and retention, so they require thorough studying, turning into museums, protecting and exhibiting for the world public. Meanwhile they are still unknown, not included in the world catalogues and practically not visited by the foreign connoisseurs of the industrial heritage. The present research is aimed at acquainting the wide circles of the antiquity fanciers in our country as well as abroad with it.

Over 100 large monuments of the XVIII-XIX-centuries industrial heritage have been retained in the Ural. To describe all of them in one survey is next to impossible. Therefore, the authors have concentrated entirely on the monuments of the industrial culture of iron-making as being the leading ones and most vivid.

What trends were typical of the Ural metallurgical production in the period concerned? What were the main stages of its evolution? And what results has it yielded? Below follow an attempt to characterize it in outline in order to understand the suggested illustrative materials and the technical-economic specifications.

One of the first iron-making works (Nitsynsky) was erected in the Ural in 1630-1631, three years later Pyskorsky copper-smelting works made its appearance and a number of identical enterprises followed it. As a rule they were located just at the places of ore mining in simple wooden constructions like sheds. When the ore was exhausted they were easily transferred at a new site, the fact which makes difficult to find their remainders nowadays though the reconstruction of the production and mode of life of that time necessitates it greatly.

The Ural works were built after the model of the old Russian Olonets and Tula-Kashira ones. The latter were in their turn erected under the influence of European metallurgy, the Swedish and German ones in particular. This gives a unique opportunity to follow the interrelations of the technologies. By the close of the XVII century the importance of the Ural metallurgy increased rapidly due to the active shifts in the Russian both domestic and external markets under the impact of Peter the Great's reforms, on the one hand, and of the exhaustion of the resources in the Tula-Kashira area, on another. Whereas the Ural abounded in the unique combination of highly qualitative iron ore deposits, water and wood resources.

The XVIII century was the peak of the Ural metallurgy often termed as its gold age. The most convincing evidences of the scales of the production at that time are supplied by the documents of Neviansky, Ekaterinburgsky and Nizhne-Tagilsky works. The first blast furnace at Neviansky works was erected in 1701. A bit later the "tsar-blast furnace" was built there, it was one of the largest furnaces in the world. In the mid-

nineteenth century the furnace house was reconstructed and has been preserved until nowadays. It may be restored according to the drawings of the second half of the century.

Ekaterinburgsky works was built in 1723 and judging from the plan of 1730 had about 30 independent production rooms, including shops, store houses, a dam with a water-pipe system driving up to 50 water wheels. Some fragments of this works have been retained up to now.

Nizhne-Tagilsky works produced its first cast iron in 1725. By the late XVIII century 26 various productions functioned there. The first Russian steam railway engine was erected there as well as many technical improvements were introduced. The dam and water free-flow conduit, the stone breast-wall and some other XVIII-century objects, the house of the works' managing board, the smith shop, the rolling shop, "sutunochny" shop (the first phase of the rolling production) as well as many other constructions and equipment of the first half of the XIX century exist even today. They are visual illustrations of the evolution of the Ural metallurgical works undergoing a long transition from a manufacture to an enterprise of the industrial type.

A special attention should be focused on Nizhne-Tagilsky works as a monument of the industrial heritage for, apart from being one of the oldest metallurgical plants of the world, it is characterized by a typical nature of its evolution manifesting itself in multi-strata planning of the works' territory and of the production objects located on it. This creates favourable conditions to study and demonstrate the major stages of the technical progress in metallurgy. The numerous natural exhibits allow to observe the closed metallurgical cycle, i.e. blast furnace, Martin and rolling productions as well as casting and mechanical ones. The Vysokogorsky open mine displays the unique exposition of mining operations at different phases of ore extracting (pre-manufactory, manufactory and industrial ones).

On the whole within the space of the first half of the XVIII century 71 enterprises were erected in the Ural, 33 of them produced ferrous metals and 38 — copper. In the second half of the century over 100 plants were added to the existed ones. In 1800 7,8 mln poods of cast iron and 5,3 mln poods of iron were produced in the Ural. The eighteenth century gave 7/10 of the iron-making and 9/10 of the copper-smelting works emerging in the Ural region over the period of the two-century existence of mining industry there. 82 iron-making works out of the aggregate of 116 ones being in motion in the Ural by the beginning of the XX century

кового существования здесь горнозаводской промышленности. Из 116 железоделательных заводов, существовавших на Урале к началу XX века, 82 было основано в XVIII в. Девятнадцатый век внес лишь незначительные изменения в численный состав железоделательных заводов, зато принципиально изменил медеплавильное производство. Большинство его заводов было ликвидировано в XIX столетии, главным образом во второй половине.

Несмотря на передовые для своего времени технические решения, феодальное производство развивалось все-таки медленно. Темп технического прогресса резко вырос со вступлением в капиталистическую стадию развития. Девятнадцатый век для уральской металлургии ознаменовался не столько расширением производства, сколько его совершенствованием на базе новой техники, особенно энергетической. Если раньше энергетической базой металлургического производства были вододействующие сооружения (плотины, водоводы, водяные колеса и т.д.) с соответствующей им организацией производства и архитектурой заводских построек, то теперь пришел паровой двигатель, который круто изменил технологию производства и характер заводских построек. Система машин, состоящая из универсального парового двигателя, передаточных механизмов и рабочих машин, стала господствующей формой производства и в определенной мере определяла внешний облик предприятия. На смену нижним уровням энергетических коммуникаций (прежде всего водоводам) пришли верхние зоны в виде паропроводов и различных трансмиссий. На заводских площадках появился железнодорожный транспорт, канатные дороги, вертикальные подъемники для подачи сырья в доменные печи и других нужд, что заметно меняло индустриальный пейзаж.

Конец XIX — начало XX веков ознаменовались активным внедрением в производство электрической энергии, что ускорило реконструкцию промышленных предприятий и приблизило их генеральные планы к современному типу. В этих условиях интенсифицировался процесс перестройки заводских площадок, внедрялся новый архитектурный стиль — модерн. Случалось так, что через 10—15 лет их было уже не узнать. В цехах появлялось принципиально новое оборудование. Однако в связи с медленным преобразованием структуры металлургического производства и общей стагнацией экономики Урала на том этапе необратимых изменений памятников индустриального наследия не произошло.

Отличительная особенность индустриального развития Урала — его тесная связь с градо-

строительством. Еще в XVIII веке здесь начали возникать "города-заводы": Невьянск, Нижний Тагил, Алапаевск, Сысерть, Кушва, Златоуст, Кыштым и др. Как правило, они развивались на базе металлургических заводов. Чаще всего доминантой в городском пейзаже выступал заводской пруд. Основная магистраль города, как правило, проходила по плотине. Улицы ориентировались на завод и застраивались преимущественно деревянными домами сельского типа с соответствующими надворными постройками. Общественные здания и апартаменты заводчиков возводились из камня.

Специфика таких поселений определялась территориальным единством с производством, четким выраженным характером занятости населения, административной подчиненностью заводоладельцам, что накладывало отпечаток не только на тип застройки, но и социально-бытовой уклад жизни. В связи с большим консерватизмом в развитии дореволюционного Урала и стагнацией бытовой сферы обитания в годы советской власти многие поселения городского типа до сих пор сохранили ярко выраженные черты прошлых эпох и представляют великолепный полигон для индустриальной археологии способной реконструировать быт металлургов.

Уральское индустриальное наследие удивительно тонко вписывается в окружающий ландшафт. Не повторимая красота покрытых лесом гор и возвышенностей, быстрых рек и спокойных прудов уникально сочетается со специфической архитектурой заводских корпусов и городских построек. Оно невольно навевает могучий образ опорного края державы, богатства которого служили не одному поколению русских людей, спасали отечество в године суровых испытаний.

На этом великолепном пейзаже есть и темные пятна: вырубленные до чиста рощи, огромные голые отвалы мертвой породы, отравленные сбросами промышленных предприятий реки. Именно Урал одним из первых в России испытывавший столь сильное антропогенное воздействие на природу, с временем превратился в крупный район экологического бедствия. Все это можно оценить не только по письменным источникам и иллюстративным материалам, но и увидеть собственными глазами. Стоит только посмотреть хотя бы на Высокогорский карьер в районе Нижнего Тагила, где вместо горы Высокой за долгие годы извлечения железной руды образовалась огромная впадина глубиной более 30 метров, напоминающая лунный кратер. Нечто подобное можно наблюдать и на Карабашевском карьере в Челябинской и Ревдинском карьере Свердловской областях, да и в других местах Урала.

were founded in the XVIII century. In the XIX century the number of the iron-making works hardly changed considerably, whereas the copper-smelting production was essentially improved. The majority of its works was liquidated in the XIX century, chiefly in its second half.

Despite the advanced for that time technical processes the feudal production developed quite slowly. The sharp increase in the pace of the technical progress was associated with the outset of the capitalist phase of development. The XIX century was marked for the Ural metallurgy rather by the improvements of the production on the basis of new technique, especially the energetic one, than by the expansion of it. The water-driven constructions (dams, water-pipes, water wheels, etc.) with corresponding organization of the production and the architecture of the works constructions constituted hitherto the energetic base of the metallurgical production. They were replaced by a steam engine which absolutely changed the technology of the production and the character of the works constructions. The system of machines consisted of an all-purpose steam engine, transmissive mechanisms and working machines became the dominating form of the production and to a certain extent determined the exterior of a works. More improved systems, such as steam pipes and various transmissions substituted for the power communications (first and foremost, water-pipes) of a lower level. Railway transport, funicular railways, vertical lifts for raw materials delivering to the blast furnaces and for other demands, which changed essentially the visual perception of the enterprises, made their appearance at the works sites.

The end of the XIX-the beginning of the XX centuries was marked by an active introduction of electric power into the production, which accelerated the reconstruction of the industrial enterprises and made their general plans more similar to the modern ones. Under these circumstances the process of reconstruction of the works sites intensified, a new architectural style — modern — was introduced. 10-15 years later it was impossible to recognize them. Principally new equipment emerged in the shops. Nevertheless, at that stage the irreversible changes of the monuments of the industrial heritage did not take place. It was caused by a slow alteration of the structure of the metallurgical production and the general stagnation of the Ural economy.

A notable feature of the industrial development of the Ural was its close relation with the urban construction. As early as the XVIII century "towns-works" made their first appearance there: Neviansk, Nizhny Tagil, Alapayevsk, Sysert', Kushva, Zlatoust, Kyshtym, etc. As a rule metallurgical works lay at the

root of them. In the majority of cases the works labour dominated in the urban picture. The main thoroughfare of a town usually extended along a dam. The streets were orientated towards a works and were lined with wooden houses mainly of a rural type with corresponding household constructions. The public buildings and the apartments of the works-owners were made of stone.

The specificity of such settlements was determined by the territorial unity with the production, the distinctive character of the occupation of the population, the administrative dependence on the works-owners which had effects not only on the type of the building but on the social mode of life as well. Under the impact of an immense conservatism in the development of the pre-revolutionary Ural and the stagnation in the social environment over the years of the Soviet power a great number of settlements of the urban type have still preserved apparent trends of the previous epochs and may serve as brilliant training fields for industrial archaeology capable of reconstructing the mode of life of the metallurgists.

The Ural industrial heritage is a fairly natural component of the surrounding landscape. The marvellous charms of the mountains and heights covered with woods, swift rivers and calm ponds are perfectly combined with the specific architecture of the works constructions and urban buildings. It can not but evoke the mighty image of the support land of the state the riches of which have served many generations of the Russian people, saved the mother-land in the years of terrible ordeals.

Unfortunately, there are dark spots on this picturesque landscape: absolutely felled groves, huge bare dumps of waste rock, rivers poisoned by the thrown wastes of the industrial enterprises. It is the Ural that suffered a strong anthropogenic influence on the nature one of the first in Russia and has eventually turned into a region of oecological disaster. Apart from written sources and illustrations our own eyes may indicate this. The only thing one must do for it is to look at Vysokogorsky mine in Nizhny Tagil district, where the mountain Vysokaya over the long years of iron ore mining has transformed into a huge depression more than 300 m deep and is today very much like a moon landscape. Identical situations take place in Kardabashevsky mine in Chelyabinsk region and in Revdinsky mine in Sverdlovsk region as well as in some other places of the Ural.

Abundance and diversity of the monuments of the industrial heritage of the Ural, their uniqueness and great international importance, relatively high standards of preservation and accumulation of the strata of different epochs in the bounds of single monuments, all these make them of a particular value not only for the

Богатство и разнообразие памятников индустриального наследия Урала, их уникальность и международное значение, относительно высокий уровень сохранности и напластование разных эпох в пределах отдельно взятых памятников делают их особо ценными не только для нашего отечества, но и для всего мирового сообщества. Поэтому со всей остротой встала проблема их изучения и сохранения. На этом пути сделано немало, особенно в области истории архитектуры. Созданы мемориальные зоны на Мотовилихинском заводе в Перми, Каменском заводе в Каменск-Уральском, заповедная зона Златоустовского завода, Исторический сквер в Екатеринбурге. В городе Полевском на бывшем Северском заводе отреставрирована и приведена в экспозиционное состояние доменная печь. На Сысертском заводе (ныне "Уралгидромаш") сохранена часть старой фабрики, в том числе механическое отделение середины прошлого века. Ведутся масштабные работы по созданию уникального музея-заповедника в Нижнем Тагиле, который будет демонстрировать этапы металлургического производства с демидовских времен до наших дней.

В последнее время к благородной задаче изучения и сохранения памятников индустриального наследия подключилась академическая наука. Учеными Института истории и археологии УрО РАН разработана специальная программа "Индустриальное наследие Урала", под которым в ней понимается исторический опыт промышленной деятельности, овеянный в письменных источниках и изобразительной продукции, а также сохранившихся памятниках индустриальной культуры. Основная задача программы — выявление, изучение и сохранение индустриального наследия Урала.

С этой целью впервые в России издается специальная работа по индустриальной археологии крупнейшего региона. В ней представлено железоделательное производство в XVIII—XIX вв. Она характеризует структуру горнозаводских округов, планы заводов, их энергетику, технику и технологию изготовления металла, заводские поселения. Читатель сможет наглядно представить уникальные, ранее не публиковавшиеся карты, чертежи и рисунки, фотографии конца прошлого — начала нашего века. Все это создает неповторимый облик одного из старейших районов металлургического производства на планете, укрепляет мнение, сложившееся о нашем крае за рубежом: "Железо создало эту страну".

Авторы надеются, что их публикация будет способствовать осознанию величия нашего далекого прошлого, сохранению уникального индустриального наследия, его музеефикации и широкой экспозиции не только для народов России.

ГЛАВА 1. ГОРНОЗАВОДСКИЕ ОКРУГА УРАЛА

Давно исчезнувший мир материального производства прошлого мы можем представить и реконструировать не только по уцелевшим остаткам цехов, машин, сооружений, но и по картам, чертежам, планам и фотографиям. Более того, документальные источники весьма наглядно показывают саму организацию производства. Карты горнозаводских округов Урала — яркое тому доказательство.

Исторически сложившейся формой организации крупного промышленного горнозаводского производства на Урале были горнозаводские округа. Количество окружных хозяйств, их размеры, отдельные характеристики внутренней структуры в течение XVIII—XIX веков непрерывно менялись, тем не менее мы можем выделить целый ряд общих черт, присущих всем округам на протяжении всей их истории.

Во-первых, в основе каждого окружного хозяйства лежала крупная земельная собственность — тысячи квадратных километров земель и лесов. Почти вся территория Среднего и большая часть территории Южного Урала были поделены между горнозаводскими округами. Чаще всего земельные владения округа были монолитны, и лишь в нескольких хозяйствах их территория оказалась разорвана на части. Конкретные размеры и конфигурация земельных владений в каждом округе складывались под влиянием целого ряда причин, в том числе субъективных — раздел наследства после смерти старого заводоладельца, распродажа земель и заводов после банкротства и т.д.

Некоторые округа возникли на основе существовавших ранее крупных феодальных вотчин. Типичный этому пример — история хозяйства горнозаводчиков Строгановых.

Другие горнозаводские округа, и в их числе самые крупные на Урале — Алапаевский, Верх Исетский и Нижне-Тагильский, — получили свои земли от государства специально для развития металлургического производства. Интересно отметить, что земли "приписывались" не к округу, а конкретному заводу; и при закрытии этого завода горнозаводчик должен был вернуть их государству, даже если остальные заводы округа продолжали работать и увеличивать производственную мощность. Такие округа назывались "посессионными".

Некоторые же горнозаводчики покупали земли целью создания на них металлургических заводов. Отметим, что округа этой группы были по своим размерам относительно небольшими.

native country but for the world community as well. In this light the problem of their study and conservation becomes especially acute. Quite a considerable scope of measures has been taken for this purpose, especially in the field of history of the architecture. The memorial zones at Motovilikhovsky works in Perm', at Kamensky works in Kamensk-Ural'sky, the reserve zone at Zlatoustovsky works, the historical public garden in Ekaterinburg have been created. In the town of Polevskoi at the former Seversky works a blast furnace has been repaired and brought to an exhibit condition. At Sysertsky works ("Uralhydromach" now) a part of an old shop has been preserved, including the mechanical department of the mid-nineteenth century. Large-scale activity is conducted to create a unique museum-works in Nizhny Tagil which is intended to display the stages of the metallurgical production since the Demidov's era until today.

Recently the academic science has joined the noble task of studying and conserving the monuments of the industrial heritage. A special research programme "Industrial heritage of the Ural" has been elaborated by the scholars of the Institute of History and Archaeology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. It interprets the historical experience of the industrial activity materialized in written sources and in products of fine arts as well as in the remained monuments of the industrial culture as the industrial heritage of the Ural. The identification, study and conservation of it is the ultimate goal of the programme.

For this purpose for the first time in Russia a special research on the industrial archaeology of the largest region is published. It deals with the iron-making production in the XVIII-XIX centuries. The characteristics of the composition of the mining districts, of plans of the works and their power supply, of the technique and technology of metal producing, of the works' settlements are given in it. A reader would have the opportunity to look at the unique, never published prior, maps, drawings and schemes, photographs dated from the late XIX-the early XX centuries. All this synthesizes the inimitable aspects of one of the oldest in the world regions of metallurgical production, confirms the opinion of our region shaped abroad that "iron has made this country".

The authors hope that this publication would facilitate the assessment of the greatness of our past as well as the conservation of the unique industrial heritage, its converting into museums and wide exposition not only for Russia but for the whole civilized world. By this act we guarantee thus the future for our great past.

CHAPTER 1. "GORNOZAVODSKIYE OKRUGA" (MINING DISTRICTS) OF THE URAL

The world of material production of the past vanished from the earth long ago may be imagined and reconstructed according not only to the preserved remainders of the workshops, machines, constructions but to various maps, drawings, schemes, drafts, plans and photographs. Moreover, the documental sources are bright illustrations of the organization of the production. The maps of the Ural mining districts testify to it to a great extent.

The historically established form of organization of a large-scale industrial mining production in the Ural was a mining district. The number of district economies, their dimensions, individual characteristics of their inner structure were continually being changed over the XVIII-XIX centuries, nevertheless a number of common trends inherent in all the districts throughout their whole history may be identified.¹

First and foremost, each district economy was based on a large-scale landed property — thousands square kilometres of lands and woods. Nearly the whole territory of the Middle Ural and the major part of the South Ural was divided among mining districts. In most cases the land property of a district was monolithic, and only in a few economies their territories were broken into parts. Exact dimensions and configuration of the land property in every district were shaped under the impact of a set of causes, among them the subjective ones — such as a division of inheritance after the death of a late proprietor, selling of lands and works after bankruptcy, etc. However, the land property of mining districts originated in one of the three enumerated below ways:

Some districts sprang from a prior existing large-scale feudal "*votchina*" (allodial lands). A typical illustration of it is the story of the works-owners Stroganovs' economy.

Some districts, among them the largest in the Ural Alapayevsky, Verkh-Isetsy and Nizhne-Tagilsky ones, were allocated with their lands by the state specially for the development of metallurgical production. A notable feature was that the lands were "ascribed" not to a district but to a concrete works and in case of its stoppage a works-owner was to give them back to the state no matter that the other district works went on operating and increasing their capacity. Such districts were termed "possessionary".

Второй отличительной чертой горнозаводских округов Урала была известная их "натуральность". Практически все необходимое для деятельности заводов производилось на территории и силами самого округа. В рамках окружного хозяйства на собственных рудниках добывалась руда, собственные леса давали древесину для выжигания угля. Многочисленные мастерские снабжали заводы инструментами и оборудованием. На рынок заводоуправления обращались только для закупки недостающей части продовольствия; при этом все население округа наделялось землей и занималось в той или иной степени сельским хозяйством. И даже доставка готовой продукции к местам продажи производилась с помощью собственных судов.

Важной чертой большинства горнозаводских округов Урала был многоотраслевой их характер. Помимо производства черных металлов, целый ряд округов занимался выплавкой меди (нередко кричные горны и медеплавильные печи стояли рядом в одном и том же цехе). В XIX веке горнозаводчики активно занимались добычей золота и платины; некоторые из них разрабатывали месторождения полудрагоценных камней. К середине XIX века наиболее крупные и богатые хозяйства обзавелись машиностроительными фабриками, производившими машины не только для собственных потребностей, но и на продажу. Можно вспомнить Выйское механическое заведение Нижне-Тагильского горного округа, поставлявшего паровые машины; казенную Екатеринбургскую механическую фабрику, снабжавшую сложным оборудованием целый ряд казенных и частных заводов; судостроительное заведение Воткинского завода.

Однако более важными для нас являются те черты окружного хозяйства, которые относятся непосредственно к организации производственного процесса выделки железа. И здесь мы должны в первую очередь отметить следующее: все без исключения горнозаводские округа Урала представляли собой металлургические предприятия с полным технологическим циклом. Иначе говоря, добытая в округе руда здесь же полностью перерабатывалась в железо, сталь и медь различных сортов и даже частично в металлоизделия. Руда, штыковой чугуна и болваночное железо для уральских заводчиков были полупродуктом, а не товаром. Мы практически не имеем сведений, относящихся к XVIII или первой половине XIX веков, о их продаже из одного округа в другой или на внутреннем или мировом рынках. Продажа передельного чугуна казенных заводов во второй половине XIX века была скорее формой государственной поддержки частных предприятий, чем свидетельством формирования рынка полуфабрикатов.

Поскольку основным типом заводских двигателей в XVIII и большей части XIX века были водяные колеса, а уровень развития строительной техники не позволял возводить плотины на полноводных крупных реках, единый технологический цикл выделки железа в каждом округе делился между отдельными доменными и передельными заводами. В немалой степени этому способствовало то обстоятельство, что совмещение на одном заводе и домен, и кричного производства каких-либо технологических выгод не давало. Единственным неудобством разделения технологического цикла внутри округа были дополнительные расходы на перевозку полуфабрикатов. Немногочисленные паровые двигатели, появившиеся на уральских заводах в первой половине XIX века, не могли значительно повысить их энергооборуженность. Более того, недостаток движущей силы стал в это время гораздо более ощутимым из-за широкого распространения энергоемкой прокатной техники (в XVIII веке прокатные станы на Урале почти не употреблялись, основная масса металла проковывалась под обычными кричными молотами). Поэтому деление на доменные и передельные заводы сохранялось на Урале вплоть до начала XX века. В среднем в состав горнозаводского округа входили один-два доменных и два передельных завода. Вместе с тем в наиболее крупном Верх-Исетском округе находилось 11 заводов обоих типов, а в Нижне-Тагильском — 8.

Большинство доменных заводов Урала, как правило, помимо доменных печей располагали еще и некоторым количеством кричных горнов, пудлинговых печей или прокатных станов, насколько позволяли запасы воды заводского пруда. Чистыми доменными были лишь несколько казенных заводов специализировавшихся на отливке чугуна пушек, снарядов и других изделий для армии.

Рассредоточение в каждом округе технологического цикла между доменными и передельными заводами заставляло горнозаводчиков как-то координировать действия последних. В XVIII веке это было относительно просто: нужно было лишь обеспечить передельные заводы необходимым количеством чугуна. В первой половине XIX века задача усложнилась в связи с резким расширением ассортимента продукции. Между заводами теперь перевозились не только штыковой чугуна, но и множество разновидностей железных заготовок, предназначенных для проката разных сортов металла.

Важнейшим средством, применявшимся на Урале для рационализации внутриокружных производственных связей, стала специализация каждого из заводов округа на выпуске строго ограниченного

And finally some works-owners had bought their lands for the purpose of erecting metallurgical works. It must be pointed out that the districts of this group had relatively small dimensions.

The second notable feature of the Ural mining districts was their certain "naturalness". Practically everything required for the activity of works was manufactured on the territory and by means of a district itself. The ore was obtained in mines within a district; its own woods supplied timber for coal burning. Numerous shops supplied the works with implements and equipment. The works-owners purchased only the lacking foodstuffs on the market; all the district population was given allotments and was engaged to a certain extent in agriculture, even the transportation of ready products to the markets was carried out with own ships.

A trend of vital importance in the majority of the Ural districts was their diversified character. Apart from ferrous metals production a number of districts smelted copper (quite frequently forges and copper-smelting furnaces were located in one and the same shop). In the XIX century the works-owners actively conducted gold and platinum mining; some of them explored deposits of semi-precious stones. By the mid-nineteenth century the most large and rich economies introduced machine-building plants producing machines for both own demands and sale, among them the Vyisky mechanical establishment in Nizhne-Tagilsky district manufacturing steam engines; the state Ekaterinburg mechanical establishment supplying a great number of state and private works with complex equipment; the ship-building establishment of Votkinsky works.

However, those trends of a district economy related directly with the organization of the production process of iron obtaining seem to be of a greater importance. In this light, first and foremost a special emphasis should be given to the fact that all the Ural mining districts without any exception may be regarded as metallurgical enterprises with closed technological cycle. That is to say, the extracted in a district ore was processed into iron, steel and copper of different sorts and even partially into metal goods immediately in the same district. Ore, pig iron and osmond iron were rather semi-products for the Ural works-owners than commodity. Actually there are no indications of the cases of their selling from one district to another or on both domestic and international markets in the XVIII-the first half of the XIX centuries. Selling of pig iron by state works

in the second half of the XIX century was rather a way of the state support to the private enterprises than an indication of originating of the market of semi-products.

As water wheels were the main type of the works engines in the XVIII and the major part of the XIX centuries, while the rate of the development of the construction technique did not allow dams erection on large, full-flowing rivers, the closed technological cycle of iron processing was divided in every district among separate blast furnace and finery works. This was promoted to a great extent by the fact that comprising of blast furnaces and forges at the same works gave no technological advantages. Extra expenses for semi-products transportation seemed to be the only shortcoming of the technological cycle's division within a district. Not numerous steam engines emerging at the Ural works in the first half of the XIX century were not capable of increasing considerably their total power. Moreover, the lack of motive power became even more apparent due to the wide expansion of power-consuming rolling technique (in the XVIII-century Ural rolling mills were almost not in use, the major quantity of metal being effected under forge hammers). Therefore the division into blast furnace and finery works was being preserved in the Ural until well into the XX century. On the average every district comprised 1-2 blast furnace works and two finery ones. At the same time the maximum number of works of both types amounted in Verkh-Isetsy district to 11 and in Nizhne-Tagilsky district to 8.

The majority of the Ural blast furnace works had as a rule apart from blast furnaces some forges, puddling furnaces or rolling mills, as many as the water sources of the works pond allowed it. Only a few state works specialized in casting cannons, shot and other arms were entirely blast furnace ones.

The distribution of the technological cycle in every district among blast furnace and finery works necessitated coordinating the activity of the latter. In the XVIII century it was comparatively easy: the only problem was to supply finery works with the necessary quantity of pig iron. In the first half of the XIX century the task got more complicated under the impact of a considerable growth of the output assortment. Not only pig iron but also various kinds of osmond iron for the further special iron rolling were transported among the works.

Rationalization of the production relations inside the districts was brought about in the Ural

числа полуфабрикатов или сортов металла. Имелось два варианта такой специализации.

Первый предполагал оснащение каждого завода округа оборудованием для производства только одного-двух сортов железа. Однако колебания рыночной конъюнктуры заставляли сокращать производство одних сортов железа, увеличивать выделку других или начинать вырабатывать новые, ранее не производившиеся сорта металла. Поэтому работа по совершенствованию разделения труда между заводами внутри уральских округов продолжалась непрерывно в течение всего XIX века.

Другой вариант специализации заводов осуществлялся в некоторых округах Западного Урала или в хозяйствах, имевших заводы как на Западном, так и на Восточном Урале. Суть второго варианта заключалась в расположении технологического цикла вдоль по пути вывоза готовой продукции и полуфабрикатов так, чтобы чугун выплавлялся в Уральских горах, а окончательная отделка металла проводилась в равнинном Прикамье, уже недалеко от центральных районов страны и от основных центров продажи железа, стали, металлоизделий. Географические условия вполне благоприятствовали таким планам: Западный Урал располагал богатыми месторождениями железной руды, в Прикамье руды не было, зато имелись большие площади лесов для обеспечения топливом передельных заводов.

ГЛАВА 2. ПЛАНЫ И ВИДЫ ЖЕЛЕЗОДЕЛАТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ

Большинство железоделательных заводов Урала было построено в XVIII — первой половине XIX веков, в период использования преимущественно водяных двигателей. Это обстоятельство, а также уровень развития транспортной техники обусловили комплекс требований, предъявляемых к предполагаемому месту строительства завода. Важнейшие из них были выделены историками Н.Б. Баклановым и Д.А. Кашинцевым.²

Первое. Подходящие для строительства плотины конфигурация берегов реки и характер грунта речного дна. (Подробнее об этом говорится в гл. 3).

Второе. Более или менее значительные площади лесов в непосредственной близости от завода. Гуже-

вая перевозка древесного угля делала возможной эксплуатацию лесов в радиусе не более 50—80 км.

Третье. Необходимость для доменных заводов располагаться рядом с рудниками, а для передельных — с доменными, причем по возможности в одной реке с последними. Передельный завод размещался ниже доменного по течению, чтобы использовать реку не только как источник энергии, но и как средство доставки штыкового чугуна. Однако последнее условие на Урале соблюдалось не слишком жестко, так как горнозаводчики могли использовать для перевозки полуфабрикатов почти даровой труд и гужевой транспорт приписных и крепостных крестьян.

И, наконец, последнее. Заводы должны были находиться не слишком далеко от судоходных рек, в которых готовая продукция могла бы вывозиться местам продажи. В этом отношении природа в целом благоприятствовала уральской промышленности так как через реки Западного Урала открывался выход по водным путям к Центральной России и Балтийскому и Черному морям. Вместе с тем некоторым горнозаводским округам Восточного Урала приходилось перевозить свою продукцию к ближайшим речным пристаням гужевым транспортом на расстояние, превышавшее иногда 150 км.³

Отсутствие любого из перечисленных условий затрудняло работу завода, отсутствие нескольких — делало ее невозможной. Качество собственно производственной площадки, на которой строились цеха и устанавливались металлургические печи, при этом практически не учитывалось. По существу, завод строился в бывшем речном русле, на слабом грунте с очень высоким уровнем подпочвенных вод. Для того, чтобы возвести сколько-нибудь надежные фундаменты под тяжелое металлургическое оборудование, приходилось осушать топи и забивать десятки тысяч свай. Сегодня это обстоятельство крайне затрудняет проведение археологических раскопок на территории старых заводов: любой раскоп немедленно затопляется подпочвенными водами.

Внутренняя планировка заводов XVIII — первой половины XIX веков всецело определялась системой использования водяной энергии. Как указывает уральский архитектор Л.П. Холодова, посвятившая этой проблеме несколько своих трудов, в заводах этого времени "производственные здания как бы нанизаны на "оси" водоводов и по площади занимали подчиненное положение. Водяные лари играли определяющую роль в композиции генерального плана и общей объемно-пространственной композиции завода".⁴

Использование гидроэнергии диктовало также и взаимное расположение оборудования внутри завода. Более отдаленные от плотины водяные колеса

first and foremost by means of specialization of every district works in producing strictly limited and fixed number of semi-products or metal sorts. Two variants of this kind of specialization were in existence.

The first one implied to equip every district works with machines for producing only 1-2 sorts of iron. Nevertheless, market fluctuations compelled to reduce the production of some sorts, to increase the output of another ones or to introduce new, hitherto not produced, metal sorts. Therefore, the division of labour among the works within the Ural districts was being continuously amended throughout the whole of the XIX century.

The second variant of the works specialization was fulfilled in some West Ural districts or in the economies possessing works in both West and East Ural. Its essence consisted in the technological cycle being extended along the way of finished products transportation, so that pig iron was smelted in the Ural mountains, whereas the final processing of metal was conducted in Prikamie (a plain area nearby the river Kama to the west of the Ural), not far from the centre of the country as well as from the main centres of iron, steel and metal goods selling. The geographical position favoured these plans: in the West Ural iron ore resources were in abundance; Prikamie had no ore, but was rich in large tracts of woodland for supplying finery works with fuel.

CHAPTER 2.

PLANS AND PANORAMIC VIEWS OF IRONWORKS

The majority of the Ural ironworks was erected in the XVIII- the first half of the XIX centuries, in the period of applying mainly water engines. This fact as well as the rate of the development of transport technique had conditioned a set of requirements for a site intended for a works building. The most important of them were distinguished by the historians N.B. Baklanov and D.A. Kashintsev.²

For the first it was the configuration of the river banks and the character of the ground of its bottom appropriate for a dam erection. It will be described more detailed in Chapter 3.

For the second the presence of more or less considerable tracts of wood adjacent the works was

required. The cartage transportation of charcoal made possible the use of woods in radius not more than 50-80 km.

The third condition was the necessity for blast furnace works to be located nearby mines, and for finery works — nearby blast furnace ones, possibly on the same river. A finery works was situated lower downstream than the blast furnace one in order to utilize the river water as power source as well as means of pig iron transportation. However, the latter requirement was not followed in the Ural too strictly, as the works-owners could use almost free of charge labour and cartage of ascribed and serf peasants for transportations of semi-products.

And finally the works were to be located not far from navigable rivers for delivering the products to the markets. In this respect nature favoured the Ural industry, for the West Ural waterways gave an access to the Baltic and Black seas, whereas the East Ural mining districts had to transport their products to the nearest river wharves by cartage at sometimes over 150 km distance.³

Lacking of any of the enumerated conditions made the works operating difficult, while absence of several of them made it just impossible. The quality of the site for shops building and metallurgical furnaces installation as such practically was not taken into consideration. Actually a works was erected in a former river bed, on a loose ground with a very high level of underground water. The construction of more or less safe foundations under the heavy metallurgical equipment necessitated drying of swamps and hammering tens of thousands of piles. Today this circumstance makes the fulfilment of archaeological excavations on the territories of old works extremely difficult: any excavation immediately gets flooded with underground water.

The interior planning of the works in the XVIII- the first half of the XIX centuries was entirely determined by the system of water power utilization. The Ural architector L.P. Kholodova having devoted some of her works to this problem approaches it as follows: at that time at the works "Production buildings were arranged in such a way as if they were strung on the "axes" of water lines and by their area were in a subordinate position. Water free-flow conduits played the decisive role in the composition of the general plan as well as in the total volumetrical-spatial composition of a works".⁴

The application of hydropower determined also the interdependent location of equipment inside a works. The more remote from a dam wheels had

имели меньшую мощность, поэтому самая энергоемкая техника ставилась рядом с плотиной, а менее энергоемкая — далее по течению реки.⁵ В результате оборудование далеко не всегда размещалось в соответствии с его местом в технологической цепи. Нередко, к примеру, рядом с домнами оказывались не кричные горны или пудлинговые печи, а прокатные станы. Возникали дополнительные перевозки полупродуктов уже внутри завода. Но горнозаводчиков гораздо больше волновал вопрос использования энергии воды, чем сложности с перемещением грузов, которые, как уже отмечалось выше, при избытке почти дармовой крепостной рабочей силы преодолевались очень легко.

Традиционной была следующая схема размещения оборудования. Непосредственно за плотиной возводилась доменная фабрика; колошник доменных печей соединялся с верхней частью плотины мостом. По нему руда, уголь и флюсы подвозились из складов непосредственно к колошнику. Также рядом с плотиной строилась и лесопильная мельница, водяное колесо которой своим диаметром всегда превосходило колеса остальных фабрик. Следом за доменной фабрикой или напротив нее, по другую сторону водяного ларя, но ни в коем случае не напротив и не следом за пильной мельницей располагалась медеплавильная фабрика (если она имелась на заводе). При отсутствии в заводе домен медеплавильную фабрику ставили сразу за плотиной. Непосредственно же вблизи плотины размещались кричные фабрики, обычно две или три. В случае, если на заводе имелись пильная мельница и медеплавильная фабрика, кричные располагались напротив последней (или напротив доменной при ее наличии, в этом случае будучи ближе к плотине, чем медеплавильная), а также напротив друг друга.

Далее располагались фабрики, действовавшие от более слабых водяных двигателей или совсем без них, соответственно по мере уменьшения потребности в движущей силе: жестяная, укладная, стальная, железоплющильная или железорезная с хвостовыми ножницами, якорная, колотушечная, дощатая, а также редкие — типа проволочной с вододействующими клещами. Обычно они шли за пильной мельницей, а при ее отсутствии — за молотовыми (кричными) фабриками, располагаясь или в один ряд, или напротив друг друга, вдоль одного или — реже — разных ларей. Разумеется, полный набор всех перечисленных фабрик на одном заводе встречался редко.

Помимо основных, собственно металлургических цехов, на заводских площадках располагалось еще множество мелких вспомогательных мастерских. К примеру, в 60-х годах XVIII века на Нижне-Тагильском заводе имелись следующие "фабрики":

молотодельная, по изготовлению железных котлов, сковород и жаровень, по изготовлению железных ковшей, по изготовлению медной посуды и по литью колоколов, меховая (производство воздуходувных мехов), а также множество разнообразных кузниц.

В течение XIX века, и особенно во второй ее половине, внедрение паровых двигателей несколько изменило классическую планировку вододействуемых заводов. Часть паровых двигателей в металлургическом производстве старых уральских заводов применялась лишь в качестве вспомогательных к водяным колесам или турбинам, т.е. действовала лишь в время нехватки воды в заводских прудах. Сколько-нибудь заметного влияния на расположение цехов они, конечно, не оказывали. Вместе с тем во второй половине XIX века на многих заводах рядом с вододействующими производствами стали появляться доменные, кричные, мартеновские или прокатные цеха, основанные исключительно на паровой или даже электрической энергии. Возводились такие цеха чаще всего вне старой заводской площадки — либо далее по течению реки, либо вдоль берега заводского пруда, выше старых зданий и сооружений.

Конечно, новая энергетическая база существенно расширяла производственные возможности действовавших ранее на воде заводов. Однако результаты реконструкции далеко не всегда оправдывали понесенные затраты. Во-первых, из сочетания вододействуемых и современных цехов все равно не удавалось создать полный технологический цикл производства, организованный по принципу непрерывного потока. Во-вторых, строительство новых цехов и оборудования в топком речном русле или по высоким берегам речного ущелья обходилось много дороже постройки точно таких же цехов и оборудования на ровном месте. Известно, что при строительстве бессемеровского производства на базе старого Нижне-Салдинского завода пришлось срыть целую каменную гору.

К концу XIX века стало окончательно ясно, что дальнейшее развитие и сохранение конкурентоспособности уральской металлургической промышленности возможно лишь при условии появления новых, не отягощенных старыми строениями и традициями заводов с полным и непрерывным технологическим циклом производства металлов. Основные принципы размещения цехов в таком заводе сформулировал строитель Каменского завода на юге России инженер В.А. Бассон: "Весьма желательно, чтобы эти фабрики были расположены в таком последовательном порядке, при котором обрабатываемые материалы, переходя из одного отделения в другое, направлялись всегда в одну сторону; между отделениями следует оставлять достаточной величины промежутки для каких-нибудь

lesser capacity, therefore the most power-consuming technique was placed near a dam and the less power-consuming one — lower downstream.⁵ As a result in many cases the equipment was located in accordance with its position in the technological succession. For instance, frequently rather rolling mills than forges or puddling furnaces occurred near blast furnaces. This imposed extra transportations of semi-products inside a works. Nevertheless, the works-owners were concerned with the maximum possible utilization of water power to a greater extent than with transportation difficulties which were easy to overcome due to a sufficient amount of almost free of charge serf manpower.

Below follows a traditional scheme of equipment location. The blast furnace shop immediately followed a dam; the mouth of blast furnaces was connected with the upper part of a dam with a bridge, along which ore, coal and fluxes were transported from store houses to the mouth. Also nearby a dam a saw mill was built, the water wheel of which was of a greater diameter than the ones in the other shops. Just after the blast furnace shop or opposite it, on the other side of a free-flow conduit but by no means opposite or following a saw mill, a copper-smelting shop was placed (if existing at a works). In case of the absence of blast furnaces at a works the copper-smelting shop immediately followed a dam. Two or three forge shops were located near a dam as well. If both a saw mill and a copper-smelting shop occurred at a works the forges were placed opposite the latter (or opposite a blast furnace shop, if there was such, in this case nearer to the dam than the copper-smelting shop) and also opposite each other.

The shops driven by less powerful water engines or by none of them were located further according to the decrease in their demand for motive power: a tin shop, a shop producing cemented steel, a shop for iron rolling and cutting with plate shears, an anchor shop, a shop equipped with enlarging hammers, a sheet iron producing shop and the rare ones, such as a wire mill with water-driven tongs. Usually they followed a saw mill or, in case of the absence of the latter, — hammering (forge) shops, being located either in one row or opposite each other along the same conduit or, quite rarely, along different ones. By all means, only in a few cases a full set of the enumerated shops occurred at one and the same works.

Apart from the main, metallurgical proper, shops a great number of small assistant ones occupied the works sites. For instance, in the eighteenth-sixties

the following shops integrated into the Nizhne-Tagilsky works: hammers manufacturing; producing iron boilers, braziers, pans; iron ladles manufacturing; copper-ware producing and bells casting; bellows making and a lot of smithies of various types.⁶

In the XIX century, especially in its second half, the introduction of steam engines modified to a some extent the classical planning of the works. The metallurgical production of the old Ural works applied steam engines only as complementary to water wheels or turbines, i.e. they were in motion only during the periods of lacking water in the works ponds. These engines had no essential effects on the shops location. Parallel with water-driven productions in the second half of the XIX century some blast furnace, forge, Martin or rolling shops based entirely on steam or even electric power made their appearance. In the majority of cases these shops were erected outside the old works site — either further downstream or along a bank of the works pond, upper the old buildings and constructions.

By all means, the introduction of a new power base gave impetus to a significant increase in the production capacity of the works operated prior by water. Nevertheless, the results of the reconstruction not always proved the expenses incurred. First and foremost, the combination of water-driven and modern shops could not generate a closed technological cycle based on the principle of an uninterrupted production line. Secondly, the construction of new shops and equipment in a boggy river bed or on high banks of a river gorge proved to be much more expensive in comparison with the construction of the identical ones in a plain locality. There is an evidence that during the introduction of the Bessemer production on the basis of the old Nizhne-Saldinsky works a huge rocky hill had to be liquidated.

By the end of the XIX century it became fairly obvious that the further growth and sustaining of the competitiveness of the Ural metallurgical industry was possible only on the condition of emerging of new works with closed continuous technological cycle of metal producing not burdened with obsolete constructions and traditions. The leading principles of locating shops at a works of this kind were formulated by the builder of Kamensky works in the South of Russia, engineer V.A. Basson: "It is quite desirable to locate the shops in a consecutive order, so that the processed materials could pass from one department to another only in one and the same direction; between departments a sufficient space should be left for some special operations, for a more

особых работ, для удобства передачи полуготовых продуктов". "...чугун должен в жидком состоянии прямо доставляться из домен, причем следует по возможности избегать поднимания разливочного прибора; фабрика должна во всякое время допускать расширение производительности простым прибавлением конвертеров". "Рельсoproкатное отделение следует проектировать так, чтобы жидкая сталь и литое железо прямо из фабрик вводилось туда и чтобы отливка болванок и прогрев последних производились вблизи прокатного стана".⁷

Первые заводы нового, индустриального типа начали действовать на Урале на рубеже XIX—XX столетий.

ГЛАВА 3. ЗАВОДСКИЕ ПЛОТИНЫ

Весной 1724 года молодой горный офицер Никифор Клеопин, воспитанник генерала В.И. Геннина, как никто чувствовавший культуру горного дела на Урале, обратился к патрону с неслыханным предложением. На весь срок продолжающихся строительных работ в Екатеринбургском заводе он готов был отказаться от половины своего жалованья в пользу демидовского плотинного мастера Л.С. Злобина.⁸ Нарботанный на Урале 200-летний опыт плотинного строения подтвердил: горный завод может экономить на чем и на ком угодно, только не на плотине.

Основой же этого опыта и его вечным стимулом назovem суровый и изменчивый уральский климат — замерзание рек зимою, а часто и промерзание до самого дна, и обмеление летом, нередко до полного пересыхания. Столь жестокие колебания температуры вкупесвесенним таянием снегов и обильным, хотя и кратковременным, половодьем вело к выработке особой техники для получения водной энергии. Природными факторами, благоприятствовавшими ее выработке, можно считать преобладающие на Урале глинистые почвы и крайне разнообразный береговой профиль почти каждой реки — от пологих и широких берегов, легко подвергаемых размыву, до узких и высоких. Существовавшие к моменту приезда В.И. Геннина на Урал в 1722 году гидротехнические сооружения железнодорожательных заводов Германии, Франции (и даже Швеции) довольствовались, как правило, подливными, т.е. нижебойными колесами.⁹ Главное внимание уделялось устройству отводного от реки канала, а именно: поддержанию постоянного уровня

воды в нем и последовательной установке возможно большего числа водяных колес. Гидротехнические комплексы уральских заводов предполагали, прежде всего, устройство водных резервуаров. Основное внимание уделялось возможности равномерно распределения водной энергии в течение всего года и мерам безопасности в критические периоды весеннего половодья. Сформулированные В.И. Генниным теоретические выводы и практические принципы плотинного устройства 20—40-х годов XVIII века оставались неизменными для всей гидравлической техники вплоть до начала XX века.

Выбор места на реке определялся стремлением построить короткую, широкую и высокую плотину (в отличие от длинных и невысоких плотин XVII века).¹⁰ Для этого требовалось найти участок с высокими берегами (на р.Кушве в месте закладки плотины они возвышались от поверхности воды на 10 аршин, т.е. свыше 7 м)¹¹ с последующим понижением их вверх по течению. В месте основания или фундамента плотины желательно было избегать как слабого сыпучего, так и скального грунта. При выборе места под ту же Кушвинскую плотину механик Н.П. Бахорев и мастер Л.С. Злобин отвергли два других места, более высоких, но более же каменистых.

По всей длине будущей плотины отрывали ров до твердого материка, глубиной много ниже дна реки. По краю рва, обращенному к пруду, вбивали 3 (при малых плотинах 2) ряда свай. На сваи уступами настилали *реж* (бревенчатую решетку), перекладывая места соприкосновения со сваями мохом и забивая промежутки между поперечными бревнами глиной. Реж выводили и по краю, обращенному к заводу. При этом оставляли отверстия для ларевых и вешняковых (вешнячных) прорезов, которые по обоим концам ограждали *свинками* (4-угольные срубы с перегородками внутри, плотно набитые глиной). Свинки в *верхней* или передней половине плотины (т.е. обращенной к пруду) назывались *относными*, в *нижней* или задней половине (т.е. обращенной к заводу) — *разносными*. Другой вариант названия подчеркивал тип сбойки: *крепостные свинки* (равносторонние) — в средней части тела плотины, *откосные* (со скошенным углом) — установленные по краям тела в отсыпи. Под прорезами режи выводились во всю ширину плотины. Как считал горный инженер Рожков, "забивкою свай ограничивается все искусственное укрепление для придания достаточной прочности основанию плотины (на Урале нет другого способа)... Режи служат для поддержания связи во всем теле плотины и для предохранения сползания глины".¹² Далее ров

venient transportation of semi-products". "... cast iron should be delivered immediately from blast furnaces in a liquid state, lifting of the pouring machine being avoided; a shop must be capable of rising the productivity in any time by a mere increase in number of converters". "A rail-rolling department should be designed in such a way that liquid steel and cast iron could pass there directly from the shops and casting and heating of ingots was performed near a rolling mill".⁷

The first works of the new, industrial type were set in motion in the Ural on the turn of the XIX-XX centuries.

CHAPTER 3. WORKS' DAMS

In spring 1724 a young mining officer Nikifor Leopin, the General W. I. Gennin's pupil, being well aware of the mining culture in the Ural made an unprecedented proposal to his patron. He was ready to add a half of his salary to the Demidovs' dam master S. Zlobin for a period of constructions at Katerinburgsky works.⁸ The 200-years' Ural experience of dam building had confirmed that a mining works could save on whatever and whoever, but a dam.

The basis and permanent stimulus of this experience was the severe and changeable Ural climate: freezing of rivers in winter, frequently right to the bottom, and shallowing in summer, often until complete drying up. Such an amplitude of the temperature together with spring snow thawing and abundant, though short-term, flood necessitated working out a specific technique to generate water power. Some natural factors facilitated and promoted this process, such as the prevailing in the Ural clayey soil and an extremely variable bank profile of every river — from sloping and wide banks liable to be washed away up to narrow and high ones. In 1722, the moment of W.I.Gennin's arrival in the Ural, the hydrotechnical constructions of the German, French and even Swedish works applied as a rule low breast, i.e. undershot wheels.⁹ The most attention was paid to the construction of a drain from the river, precisely to the maintenance of a constant water-level in it and to the consecutive arrangement of as many as possible water wheels. Hydrotechnical complexes of the Ural

works implied first and foremost the creation of water reservoirs. It was of vital importance to provide an even distribution of water power during the whole year as well as safety measures in the critical periods of spring high water. W.I.Gennin had formulated theoretical conclusions and practical principles of dam construction in the 20-40-s of the XVIII century which remained unaltered until well into the XX century.

The selection of a site on a river was determined by seeking for the erection of a short, wide and high dam (in contrast to the XVII-century long and low dams¹⁰.) This necessitated searching for a locality with high banks (on the river Kushva, at the place of a dam laying they were 10 arshins, i.e. over 7 m, high above the water surface¹¹) with their following lowering up-stream. The place of a dam foundation required to avoid both loose quick ground and rocky one. In the course of selecting the Kushva dam's site a mechanic N.P.Bakhorev and a master L.S. Zlobin rejected two another places, higher but more rocky.

Along the whole length of the future dam a trench was dug until the firm subsoil, much deeper than the river bottom. Along that edge of the trench which faced the pond three rows of piles were hammered in (in cases of small dams there were only two rows). "Rezh" (a log grating) was floored in ledges on the piles, interlaying the places of contact with them with moss and filling space between cross logs with clay. "Rezh" was laid along the edge facing a works, and holes for water outlet and spillway were left, the latter being guarded at both ends by "svinki" ("pigs" — i.e. quadrangular framework with partitions inside tightly filled with clay). The "pigs" on the upper or front half of a dam (i.e. facing a works) were termed "otnosny" and those in the lower or back half (i.e. facing a pond) were termed "raznosny". Under the water outlet and spillway *rezhes* were laid the whole dam width. According to the mining engineer Rozhkov's standpoint "all the artificial strengthening to ensure sufficient durability of a dam foundation was confined to hammering of piles (none of other methods was in use in the Ural) ... The function of *rezhes* was to maintain connections in the whole dam body and to protect against slipping down of clay".¹² Thereafter the trench was filled with clay, ramming it by layers and watering to make it viscous. There is no documental evidence proving the latest legend that in order to obtain greater hardness clay was mixed with hen's eggs and sheep trampled it down. Otherwise, the practice was far less thorough: only the upper half of a dam was filled with clay, whereas the lower one — with mere earth mixed with "slan"

забивали глиной, трамбуя ее слоями и смачивая для придания вязкости. Легенда новейшего времени, что для прочности в глину подмешивали куриные яйца и пускали овец утаптывать ее, пока не подтверждается документально. Напротив, на практике часто поступали куда менее тщательно: глиной набивали лишь верхнюю половину плотины, а нижнюю — обычной землей, мешая со *сланью* (хвоей, пересыпанной глиной), илом, торфом и т.п. В заднюю стенку рва вместо режа могли уложить уступами связки хвороста с дерном. Однако плотность соприкосновения обеих половин в теле плотины сливалась.¹³ После возведения тела или корпуса плотины (повсеместно на Урале применялся насыпной, а не наливной способ), в сторону спруживаемой воды насыпали глиняную отсыпь, как можно более отлогую. Ширина ее составляла от 1/3 до 1/2 общей ширины плотины в основании.¹⁴ Верхний край отсыпи приходился на середину высоты тела плотины. Верховья будущих прорезов со стороны пруда окружали *устоями* или *быками*, укрепленными в основании свинками и снабженными в верхней части сбитыми в форме острого угла деревянными брусками — *ледоколом*. Все последующие простейшие, и потому наиболее частые, мероприятия по укреплению плотин сводились к досыпке корпуса и отсыпи. Довольно быстро расширение приводило к засыпке пространства между устоями прорезов и берегами, благодаря чему сглаживалась первоначально ломаная линия прудовой стороны плотины. Таким путем кроме повышения устойчивости решались проблемы промышленных отходов (в качестве досыпки использовали шлак, землю и т.п.) и складских территорий.

Сооружение, а также капитальная перестройка прорезов, начинались с устройства перемычки для временного отвода воды от главного русла. Для этого в дно реки забивали несколько рядов свай, уставляя их в тын, толщиной в 3—5 аршин (2—3,5 м) и затем постепенно смещали его по руслу, последовательно или варьируя. На пороге прореза, лежащем на среднем гребне свай, кольями отмечали *стекловой ряд* (обозначенное рядом стоек и ставней место соприкосновения двух половин плотины, как правило, впрочем, неравных). На прудовой стороне плотины параллельно стекловому ряду отмечали расстояние в 3 раза большее ширины прореза. Прямоугольник, обозначенный этими четырьмя точками, образует *водяной двор*; соответствующее ему пространство в нижней половине плотины — *стекловой двор*. Дно водяного и стеклового дворов покрывали пологим настилом из досок или плах — сливным или *понурым мостом*, верхним концом

упирая его в брус, лежащий на прудовом ряде свай. Под брус этот подкладывали пропитанное вареной смолой сермяжное сукно. Порог прореза (мертвый брус) располагался как раз на уровне или несколько выше горизонта воды в реке. Пространство под понурным мостом забивали глиной, а при слабом грунте предварительно настилали хворост и насыпали камней. Цель понурного моста заключалась в предохранении от прожимания водой всего основания прореза. Именно проседание понурного моста, наряду с гниением свай и режа, считалось наиболее частым и характерным повреждением плотины.¹⁵

Вешняковый прорез или *вешняк* предназначался для спуска из пруда излишней воды. Начиная 1730-х годов, на некоторых заводах стали применяться особые съемные стойки у затворов вешняка для ослабления напора воды при половодье защиты от топляка. Между обитыми железом стенками устанавливались подвижные и съемные дощатые ставни, общей шириной не превышающие половины ширины вешняка. При этом увеличилась и площадь вешнякового двора за счет дальних забивки свай с наложенными на них брусками. XIX веке деревянные ставни были заменены металлическими. Впервые такая система на казенных заводах была опробована на Каменской плотине под непосредственным руководством В.И. Геннина исходя из чего историк Н.Б. Бакланов считал изобретателем.¹⁷ Однако сам генерал еще в мае 1724 года предлагал изучить пример использованной некоей "защиты" плотины Быньговского завода Демидова, представлявшей собой, очевидно, выдвинутые в пруд перед затворами вешняка бревенчатые срубы, возможно, со съемными досками. Основной рабочий элемент всего плотинного устройства — водяные *лари*, т.е. система трубопровода, разводящего воду из пруда к колесам механизма. Лари XVIII века и последующих врем принципиально отличались от ларей XVII веков большей глубиной, чем шириной и неизменным сечением на всем своем протяжении и в ответвлении к фабрикам. Лари XVII века сужались по мере удаления от плотины, из-за чего напор воды был крайне неравномерен и слаб, и колеса зимой обмерзали.

Форма внутреннего сечения на протяжении XVIII века продолжала медленно видоизменяться: лари делали все уже и глубже. Стандартная ширина 1,5—2 аршина (1—1,5 м) к концу века уже редко превышала 1,5 аршина. При этом мастера стремились, чтобы весь внутренний объем ларя был заполнен водой. В прямоугольном сечении все старались сгладить нижние углы, что усиливало и

e. needles mixed with clay), silt, peat, etc. Sheaves of brushwood with turf could be laid in ledges in the back wall of the trench. However, the density of contact of both halves merged in the dam body.¹³ After the dam body was erected a clay embankment, sloping as possible, was laid to the pond direction. Its width was $1/3-1/2$ of the total width of the dam in its foundation.¹⁴ The upper edge of the embankment was right a half of the dam body's width. The tops of the future spillways were surrounded by abutments and piers (called "byki" — "bulls") from the pond side, which were strengthened by "pigs" in their foundation and supplied in their upper part with squared beams knocked together in the form of an acute angle — the so-called *icebreaker*. All the following procedures for dams strengthening were fairly simple and therefore most frequent and confined to adding the body and embankment. This expansion led fairly quickly to filling up the space along the abutments of the spillway and the banks to which an initially broken line of the pond side of the dam became smoothed out. Thus, apart from increasing the steadiness, the problems of industrial waste (cinder, earth, etc. were used as additions) and of store territories were handled.

The building as well as a capital reconstruction of the spillway commenced with creating a coffer for a temporary water drainage from the main river bed. For this purpose several rows of piles were hammered into the river bottom making thus a walling 3-5 arshins (2-3,5 m) thick and moving it thereafter gradually aside the river bed successing and varying. Stakes marked the standing on a beam, i.e. on the so-called *dead bulkhead*, lowstream line marked by a row of posts and shutters place of contact of the two dam halves, not equal as a rule). On the pond side of a dam parallel with the lowstream line a distance three times as wide as the spillway was measured. The rectangle shaped by these 4 points constituted the *upstream floor*; the corresponding to it space in the lower half of a dam — the *lowstream floor*. The bottom of both lowstream and upstream floors was covered with planking or with logs chopped lengthwise, termed "*an apron*", resting its upper end against the beam laying on the second row of piles. Under this beam a coarse heavy cloth saturated with boiled tar was laid. The dam bulkhead (so-called "*dead beam*") was situated right on the level of the water surface in the river or a bit higher. Space under the apron was filled with clay, in case of loose ground firstly brushwood was laid and stones were thrown. The apron was intended to protect the whole foundation of the spillway against

water pressing. It was just settling of an apron as well as rotting of the piles and *rezhes* that were considered as the most frequent and typical dam damages.¹⁵

The spillway was intended to drain the excess of water out of the pond. Since the seventeenth-thirties special demountable posts of the spillway gate made their appearance to reduce water pressure during spring high water and to protect against "*toplyak*" (different flowing logs). Between the bound with iron posts travelling and demountable shutters were installed, their total width not exceeding half the spillway's width. This expanded the area of the spillway floor due to remote hammering of piles with put on them beams. In the XIX century metal shutters were substituted for wooden ones. At the state works this system was initiated at Kamenskaya dam under the direction of W.I.Gennin himself¹⁶, the fact which allowed the historian N.B.Baklanov to regard Gennin as the inventor.¹⁷ Nevertheless, as early as 1724 the General himself suggested studying the application of some dam "safeguard" at N.Demidov's Byn'govsky works that consisted of a log framework placed in the pond in front of the spillway gate, likely with demountable planks.¹⁸

The central element of the whole dam construction was water free-flow conduit, i.e. a system of pipe-line distributing the pond water among the wheels of the mechanisms. The XVIII-century free-flow conduits and the subsequent ones differed substantially from those of the XVII century in greater depth in comparison with width and in constant section in the full length of them and in their branches to the shops. Quite distinctly from it the greater was the distance from a dam the more narrow became the XVII-century free-flow conduits. This imposed extremely irregular and weak water pressure and covering of wheels with ice in winter.

The shape of the inner section went on gradually modifying throughout the XVIII century, i.e. the free-flow conduits were erected more and more narrow and deep. The standard width of 1,5-2 arshins (1-1,5m) quite rarely exceeded 1,5 arshins by the close of the century. The builders sought for the ways to fill the whole inner space of a conduit with water. They tried to cut off the lower corners in the right-angle section, which intensified the water pressure. Eventually it resulted in transformation of the traditional "water-pipings" into almost round pipes. Since the late seventeenth-thirties in most cases the conduits with open tops were rebuilt into closed ones. They remained opened just a slight distance from a dam and in the branches to the shops. The closed sections were also bound with iron to be

ГЛАВА 4.

ДОБЫЧА И ОБРАБОТКА ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ

10 декабря 1719 года Петром I была подписана Берг-привилегия, которая сообщала, что "соизволяется всем и каждому дается воля, какого бы чина и достоинства ни был, во всех местах, как на собственных, так и на чужих землях — искать, копать, плавить, варить и чистить всякие металлы: сиречь — золото, серебро, медь, олово, свинец, железо...".²⁵ С этого момента была узаконена добыча полезных ископаемых в России. В 1782 году этот закон был несколько изменен Екатериной II, которая закрепила за помещиками право распоряжаться не только поверхностью земли, но и недрами.²⁶ Это несколько ослабило поиск новых месторождений, но не остановило его.

Разведка полезных ископаемых велась двумя способами: поверхностным, не требовавшим земляных работ и заключавшимся в обследовании естественных обнажений и сборе образцов; и предполагавшим производство земляных и горных работ: шурфы, разрезы, шахты, штольни, буровые скважины.

Поверхностные поиски не требовали каких-либо разрешений, а разведка с земляными работами осуществлялась только после получения дозвоительных свидетельств от горных управлений. Дозвоительные свидетельства давались для поисков на площади в 4 кв. версты, сроком на три года, при этом взималась оброчная плата.²⁷

Поиски полезных ископаемых основывались на длительном опыте многих поколений, позволявшем по внешним признакам находить рудные месторождения. Простой осмотр местности позволял опытному рудоискателю и геологу сделать некоторые выводы. Немаловажную роль играло внимательное изучение камней и песка в протекающих ручьях и реках, т.к. близлежащие к поверхности руды часто вымывались потоками.²⁸ Цвет почвы также свидетельствовал о наличии руд, например, глины, расположенные над медной рудой, имеют синий оттенок; железные руды окрашивают почву в бурый цвет. "Успех работы, — писал геолог П. Кротов, — зависит исключительно от характера береговых разрезов рек. Он дает разрез пластов, который можно взять за основание".²⁹

Разведка, связанная с земляными работами, обнаруживала рудные жилы и породы при помощи небольших ям, канав, скважин, шурфов, буровых работ, а также путем проведения разведочных выработок: дудок, мелких шахт и штолен.

Разведочные каналы обычно имели ширину 0,5-1,5

м и глубину до 3-х метров, дудки представляли собой вертикальные выработки круглого сечения диаметром около метра и глубиной до 10 м. Шурфы имели квадратное или прямоугольное сечение и глубину до 30 метров. Разведочные шахты имели еще большую глубину и оборудовались ямами, подъемными и водоотливными приспособлениями. Штольни представляли собой гористальные выработки с выходом на поверхность, обычно закладывали в гористой местности. Разведочные работы производились вручную, для них применялись лопаты, черпаки, лотки, гребки, ла, кирки, клинья и др. Скважины проводились парями и шупами. Напарье — бур в виде луцилиндра, нижний конец которого спирально завит и к нему приварены острые стальные резаки, сверху прикреплялась железная головка проушиной, в которую вставлялся деревянный рычаг для вращения. Через каждые полметра вынимали и осматривали вынутую породу. При углублении бур наращивали новыми звеньями. Глубина скважины не превышала 10—12 м. Шуп представлял собой железный стержень, канчивавшийся книзу копьесобразным утолщением с четырьмя бороздками. Шуп вбивали в землю удом молота, постепенно замняя короткий шуп более длинным. Породу, остававшаяся в бороздках, руднически вместе со шупом вынималась на поверхность. Шупом достигали глубины 15—20 метров.

Начиная с 90-х годов XIX века на Урале начали внедрять алмазное вращательное бурение. Диаметр сверла был 40—50 мм, глубина бурения ограничивалась сначала 60 м, а затем была доведена до 100 м. Буры приводились в действие паровой машиной, а в XX веке и электродвигателями.³⁰

При помощи бурения и закладки разведочных шахт определялись глубина залегания рудного тела и площадь, которую оно занимало. На Урале имелись уникальные месторождения, представлявшие собой горы железной руды, такие как Высокая, Благодать, Магнитная. В целом надо сказать, что досконально обследованных месторождений железной руды на Урале были единицы. Причина этого кроется в обилии и дешевизне руд, не требовавших для добычи больших усилий.

В разных районах Урала существовали различные критерии оценки экономической выгоды разработки того или иного месторождения. Так, например, на Южном Урале, на Бакальском руднике, экономически выгодным пределом разработки месторождения считалось отношение объема используемой руды к объему всей вынимаемой горной массы как 1 к 1. В то же время на месторождении горы Высокой э

CHAPTER 4.

MINING AND PROCESSING OF IRON ORE

On December 10, 1719, Peter I the Great signed the *berg-privelege* (an enactment) which declared: everyone irrespective of his rank and estate is granted the right to prospect, dig, smelt and refine different metals: such as gold, silver, copper, tin, lead, iron everywhere, equally on his own or on somebody else's territories ...²⁵ This was the starting point of the legal minerals mining in Russia. In 1782 this enactment was somewhat modified by Catherine II, who secured the landlords' right to possess not only the surface of the earth but its entrails as well.²⁶ As a result, the search for new deposits reduced a little, however not ceased.

Two methods of prospecting minerals were in existence: the surface one requiring no earthwork and consisting in exploring the cropped out ore beds and in gathering samples. The second method comprised earthwork and mining: diggings, pits, shafts, adits, oreholes.

Surface exploration did not require any permissions, whereas prospecting by means of earthwork could be conducted only with the mining authorities' permissive certificates. The latter were given for prospecting an area of 4 square verstas for a period of 3 years, a quit-rent ("*obrok*") being paid.²⁷

Prospecting for minerals was based on a long-term experience of many generations, which allowed to find ore deposits according to the external indications. An experienced ore-pro prospector or geologist could draw certain conclusions from a simple observation of the locality. A thorough examination of stones and sand in brooks and rivers was also of great importance, since the surface ores were frequently scoured by water load.²⁸ The colour of the earth also witnessed the presence of the ore, for instance clay overlaying copper ore has blue tint, iron ore paints the earth into brown colour. "The success of the work, — wrote a geologist P. Krotov, — depends entirely on the character of the bank sections of rivers. It shows the section of the layers which may be used as a guide".²⁹

The prospecting applying earthwork revealed ore veins and rocks by means of small holes, trenches, diggings, pits, boreholes as well as by performing explorative excavations, such as "*dudki*" (pipes), shallow shafts and adits.

Explorative trenches were as a rule 0,5-1,5m wide and up to 3m deep; pipes presented vertical excavations of a round section about one metre in diameter and up

to 10m deep, pits had a square or rectangular section and a depth up to 30m. Shafts were still deeper and were equipped with timbering, lifting and draining machines. Adits were horizontal excavations with an access to the surface, dug usually in a mountainous locality. Prospecting was performed by manual labour applying spades, ladles, trays, rakes, hacks, picks, wedges, etc. Holes were made by the implements called "*naparie*" and "*shchup*". *Naparie* was an auger having a form of a semi-cylinder, the bottom end of which was twisted in a spiral and sharp steel ribs were welded to it, an iron head with a hole, where a lever for revolving the auger was fixed, was riveted to the top. In every half a metre the auger was taken out and the rock was carefully studied. As the auger went deeper it was built up with new links. The depth of the hole did not exceed 10-12m. *Shchup* was an iron pivot ending with a lanceolate bulge with 4 grooves. *Shchup* was hammered into the earth with gradual substitution of a longer *shchup* for a shorter one. The rock staying in the grooves was periodically raised to the surface together with the *shchup*. *Shchup* reached a depth of 15-20m.

Since the nineteenth-nineties the introduction of a diamond revolving boring took place in the Ural. A drill was 40-50mm in diameter, a depth of boring was limited firstly to 60 m and reached later on 100m. Augers were driven by steam engines and by electric motors.³⁰

Boring and exploratory shafts mining allowed to determine the depth of the ore body and the area it occupied. In the Ural there were unique deposits of iron ore, such as the mountains Vysokaya, Blagodat', Magnitnaya. On the whole, however, there were only a few thoroughly investigated deposits of iron ore. This situation was caused by the abundance and cheapness of the ore which did not require considerable efforts for its mining.

The criteria of estimating the economic profit of the exploration of this or that deposit differed in different Ural districts. Thus, for instance, in the South Ural in Bakal'sky mine the proportion of the volume of the obtained ore to the total output of the mined rock as 1:4 was considered as economically profitable limit of exploiting the deposit. At the same time in the mountain Vysokaya mine this estimate was 1:5, in the mountain Blagodat' — 1:8, in Auerbakhovsky and Vorontsovsky mines in Bogoslovsky district and in the North Ural — 1:7 and 1:14 respectively.³¹ From the standpoint of Bakal's proprietors these mines were not worth exploiting at all.

Underground or open mining devices were applied in dependence on the character of a deposit and on the bedding depth. Mining by digging open pits was the

показатель был равен 1:5, на горе Благодати — 1:8, а на Ауэрбаховском и Воронцовском рудниках Богословского округа, на Северном Урале, соответственно — 1:7, 1:14.³¹ С точки зрения владельцев Бакала, эти рудники вообще не стоило разрабатывать.

В зависимости от характера месторождения и глубины залегания применялся подземный или открытый способ добычи. Обычно предпочитали добычу карьерами или разносами, до 70% железной руды на Урале добывали открытым способом. Широкое применение карьеров обуславливалось, с одной стороны, дешевой работой по вскрытию 10—20-метровых наносов, сравнительно низкими затратами на оборудование карьеров, а с другой — более высокой, чем при шахтной добыче, производительностью труда горнорабочих, меньшим расходом крепёжных и других материалов и, следовательно, более низкой себестоимостью руды. Важной для промышленников являлась и возможность более быстрой подготовки к эксплуатации открытого карьера по сравнению с сооружением шахты для подземного способа добычи. "Вскрыша" карьеров велась с применением плугов, для разрыхления наносов, лопат, кайл и ломов и осуществлялась артелями рабочих, грузивших землю и породы наносов в телеги или опрокидывающиеся таратайки, отвозимые лошадьми в отвалы на расстояние до 200 м. Отвалы располагались в стороне от месторождения. Удалив наносы, приступали к выемке руды до установленного проектного горизонта разработки. Выемка велась уступами, высотой от 2 до 10 м под углом 60—70 градусов, разделявшимися площадками (бермами) шириной до 3-х м. Горная администрация следила за тем, чтобы работы не велись подкопом и борта разрезов не были вертикальными, т.к. они могли дать трещину и обвалиться.³² Разрезы во время дождей заливали водой. Чтобы не прекращать добычу руды, по их дну прокладывали канавы для отвода воды в определенные места, откуда ее откачивали насосами. Подъем руды с нижнего уступа на вышележащий производился лошадьми по наклонным съездам.³³ Крупные компании в разрезах настилали деревянные мостки или устраивали переносные конножелезные дороги для удобства вывозки руды.

Для отбивания руды применялись взрывчатые вещества: черный порох или динамит, которые закладывались в шпур в виде патронов определенной длины и диаметра. Шпур обычно были длиной 3—4 м, диаметром 25—30 мм, бурили их вручную двое рабочих, ударяя молотом по головке бура и поворачивая его после каждого удара. В начале XX века стали широко применять буровые машины и перфораторы.³⁴

О широком применении динамита в горном деле можно судить по следующим цифрам: за 1877—

1881 гг. горным ведомством и частными промышленниками было израсходовано 557 т динамита; военным ведомством только 48,3 т, несмотря на что в 1877—1878 гг. Россия вела войну.³⁵ Разбивали и грузили на тележки или в вагонетки отправляли на обогащение.

Для добычи руды подземным способом строили капитальные шахты глубиной до 150 м. В поперечном сечении они имели размеры в среднем 2—3,5 м, их стенки укреплялись сплошной деревянной крепью. Шахты делились на два, реже на три отделения. По одному — производился подъем руды, спуск материалов, по другому, лестничному, — спускались и поднимались рабочие. Лестничное отделение горизонтально разделялось досками на этажи, между которыми были установлены лестницы-столбы, поставленные иногда совершенно вертикально.³⁶ В нарушение правил на некоторых рудниках подъем и спуск рабочих осуществляли канатами и в бадьях, что приводило к несчастным случаям. Подъем и спуск рабочих в шахты в механических клетях стал осуществляться только в начале XX в.³⁷ Устраиваемое на некоторых рудниках третье отделение служило для установки труб, которыми откачивали из шахт воду.

Для каждого месторождения и даже для каждой шахты применяли индивидуальные способы ведения работ. Наиболее распространенным на Урале был способ "потолочной" разработки, или "полатами". От ствола шахты делали выработку и проходили рудное тело штреками в различных направлениях, потом делали "заработку" вверх, поднимаясь до следующего этажа, настилали пол и вынимали руду обратном направлении, затем поднимались третий этаж, пустой породой заваливая нижний этаж. Добыча руды непосредственно в заброс осуществлялась так же, как и при открытой выработке, есть бурили шпур, закладывали взрывчатку, взрывали, отколовшуюся руду разбивали на месте и тачках или вагонетках отвозили на рудный двор, расположенный в стволе шахты, где вручную нагнали в бадью. Нагруженная бадья на канате поднималась вверх. Рудоподъемные механизмы были самых разных модификаций: ручные и конные ворота, механические подъемники, клетки и т.д. Поднятая руда также отправлялась на обогащение.

Наиболее распространенным способом обогащения железной руды на Урале была промывка руды водой в чашах и бутарах, отделение крупных зерен на грохотах и улавливание мелких рудных частиц посредством гидравлической классификации. После промывки содержание железа в руде увеличивалось до 60%. Однако спосо

minating method in the Ural, it supplied up to 70% iron ore. The wide use of pits was caused first and foremost by the cheapness of digging 10-20m drifts and comparatively low expenses for the pits' equipment as well as by the mining workers' labour productivity. Other than in shafts mining, smaller expenditure of timbering and other materials and consequently by a lower prime cost of the ore. The possibility of a more rapid preparation of an open pit for exploitation in comparison with making a shaft for underground mining method was also of great importance for the industrialists. Pits were dug by means of ploughs for drifts loosening, spades, hacks and crows, all operations were performed by artels of workers loading earth and rock into wagons or into tipping "tarataikas" (two-wheeled carts) transported with horses to dumps at a 200m distance. Dumps were located aside from the deposits. When the drifts were removed, ore mining commenced until the determined designed level of exploitation. Mining was conducted by ledges from 2 up to 10m high at an angle of 60-70 degrees separated by bounds ("bermas") up to 3m wide. Mining administration watched carefully the process in order to avoid undermining and vertical position of the pits' walls that were liable to crack and fall.³² During rainfalls water sank the pits. Trenches extended along the pits' bottom sufficed to drain off the water into special places from where it was pumped. Mining process thus was not interrupted. Ore lifting from a lower ledge to a higher one was performed with horses along an upgrade.³³ To make ore transportation more convenient large companies planked wooden gangways or arranged portable horse-driven railways.

For breaking the ore explosives were applied: black gunpowder or dynamite which were laid into bore-holes in the form of cartridges of a certain length and diameter. Bore-holes were usually 3-4m long and 25-30mm in diameter, two workers bored them manually hammering an auger's head and turning it after each stroke. In the early XX century boring machines and perforators were widely introduced.³⁴

The following figures confirm the wide application of dynamite in mining: over 1877-1881 the Mining Department and private industrialists spent 557 tons of dynamite, whereas the Military Department — only 48,3 tons though in 1877-1878 Russia was in the state of war.³⁵ The ore was broken, loaded on carts or wagons and delivered for the further dressing.

The underground method of mining necessitated constructing capital shafts up to 150 m deep. The average dimensions of their cross-section amounted to 2 : 3,5m, their walls were strengthened by uninterrupted timbering. The shafts were divided into two or rarer

three parts. The first part was intended for raising the ore and lowering materials, in the second one, equipped with staircases, the workers went down and up. The staircase part was divided horizontally by planks into floors between which step-ladders were arranged, sometimes absolutely vertical.³⁶ In some mines the workers were lifted and lowered by ropes and in tubs which broke the rules and were liable to lead to accidents. Lifting and lowering of workers into shafts in mechanical cages was introduced as late as the beginning of the XX century.³⁷ In some mines a third part was arranged with pipes for water drainage out of the shafts.

In every mine and even in every shaft individual mining devices were applied. The most widespread in the Ural method was called "ceiling" mining or "polaty" mining (the upraising). In the shaft slicing and following drifting of the ore body in different directions were conducted, after that "zarabotka", i.e. boring upwards was made rising thus to the next level, where a floor was laid and the ore extracted in the opposite direction, afterwards the workers went up to the third floor burying the lower floors with waste rock. Ore mining in the face as such was performed identically with open mining, i.e. a hole was bored, explosive was laid and blasted, the broken ore was crashed immediately at the same place and then transported in carts or wagons to the ore yard located in the shaft, where it was manually loaded into tubs. The loaded tub was raised by a rope. Various modifications of ore-lifting mechanisms were in existence: hand and horse windlasses, mechanical hoists, cages, etc. The lifted ore was also sent to be dressed.

The most widespread method of ore dressing in the Ural was washing of ore-bearing rock by water in bowls and "butaras" (a kind of barrels), separation of large grains by screens and catching of small particles by hydraulic classification. After washing iron content in the ore increased up to 60%. Nevertheless, washing methods were far from being perfect. This fact may be illustrated by figures of the verification of washed ore dust near the mountain Blagodat' in 1906: it turned out that iron content in the product considered to be waste and encumbering the territory was 63% and over 2 millions of poods (32 000 tons) of it had been accumulated during 6 years.³⁸

A more progressive method of ore dressing was magnetic one. In 1907-1908 in Sweden trials of processing the Blagodat' ore by means of magnet were performed, iron content of the dressed ore was already 78-90%.³⁹ However, due to its expensiveness this method was not adopted in the Ural.

промывки были несовершенными, об этом свидетельствует хотя бы такой факт, как проверка мытого подрудка в 1906 г. у горы Благодати: оказалось, что этот продукт, считавшийся пустым и загромождавший территорию у рудопромывальной фабрики, на 63% состоит из железа, а скопилось его за 6 лет более 2 млн. пудов (32 тыс. тонн).³⁸

Более прогрессивный метод обогащения руды был магнитный. В 1907—1908 гг. в Швеции проводились опыты обработки гороблагодатской руды с помощью магнита. Обогащенная руда состояла уже на 78—90% из железа.³⁹ Но на Урале этот метод не получил распространения из-за своей дороговизны.

После промывки руда поступала на обжиг, который производился просто в кучах. Обогащенную руду перекладывали дровами и древесным углем и поджигали. На крупных заводах применялись специальные рудобжигательные печи, где использовались доменные газы, выделяющиеся в процессе плавки руды в домне. Цель обжига состояла в высушивании руды и окислении ее. После обжига руда подавалась в доменную печь, где происходила ее плавка.

ГЛАВА 5. ДОМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Первые доменные заводы Урала строились в начале XVIII века по образцу и подобию лучших иностранных — английских и шведских — предприятий и при самом активном участии зарубежных специалистов. Первая домна старейшего на Урале Невьянского завода возводилась при участии шведских мастеров. Новая доменная печь этого же завода, появившаяся в 1716 году, была построена русским мастером Федором Казанцевым по английской "препорции". На другом заводе — Каменском — доменная печь устраивалась английскими мастерами Жартоном и Панкерстом.⁴⁰ Иноземный опыт в сочетании с богатейшими рудами и относительно высокими энергетическими возможностями (применение высоконапорных плотин) быстро вывели уральские домны в число наиболее мощных и производительных в мире. И лишь в XIX веке, после появления и бурного развития производства чугуна на минеральном топливе, доменные печи Урала утратили свои передовые позиции.

Доменный цех уральского завода обыкновенно представлял собой корпус квадратной или прямоугольной формы, в котором находились 1—2 домны. В первой половине XVIII века доменные корпуса строились из дерева; в последующий период их за-

менили каменные строения. В подавляющем большинстве случаев заводы располагали тол одним доменным корпусом. Даже в начале XX в. больше половины чугуноплавильных заводов Урала располагали только одной печью; и около трети заводов имели две печи.⁴¹ В тех же редких случаях, когда на заводе было три или более печей, соответственно возводилось и большее число корпусов.

Вплотную к доменному корпусу примыкали строения, образуя единый комплекс, располагали различные вспомогательные сооружения и постройки. Верхние части доменного корпуса и плотины, как уже упоминалось, соединялись деревянным мостом, по которому прямо в повозках руда, уголь, флюсы поступали к колошникам печей. Помещение воздуходувок обычно устраивалось ближе к плотине. Литейный двор чаще всего размещался с противоположной от плотины стороны доменного корпуса.

По мере увеличения размера доменных печей количества вспомогательного к ним оборудования увеличивались и размеры доменных корпусов. Первый раз резкий их рост произошел во второй половине XVIII — начале XIX в. в ходе замены деревянных строений каменными. В 50—70-е годы XIX века уральские доменные корпуса подверглись модернизации — их расширяли и надстраивали новые этажи. Выполнялось это следующим образом: старая крыша над домной снималась, и на ее месте устанавливался "шатер" из каркасных конструкций, опирающийся на стены старого корпуса. Для возведения каркасных надстроек использовались как деревянные, так и металлические конструкции. "Опыт подобных реконструкций, — отмечает Л.П. Холодова, — проложил путь к строительству домен открытого типа".⁴² Последние стали появляться на Урале в самом конце XIX века и в первую очередь на новейших заводах.

Уже первые доменные печи уральских заводов имели круглое сечение, причем шахта была бочкообразной формы. Высота домны в первые десятилетия XVIII века достигала 10—12 аршин, объем превышал 20 кубических метров, средняя суточная выплавка достигала 188 пудов.⁴³ Печи имели одну фурму; дутье обеспечивалось клинчатыми воздуходувками, по одной на каждую домну.

В течение XVIII века высота и размер доменных печей постепенно увеличивались; к 1801 году средняя их высота достигла 14,6 аршина, суточная выплавка превысила 400 пудов.⁴⁴ Отдельные же домны достигали и гораздо больших размеров и производительности. Так, построенная в начале 60-х годов печь Невьянского завода была высотой в 20 аршин и в первый год после задувки давала почти 800 пудов чугуна в сутки. Однако последователей

After washing, the ore was burnt in heaps. **ashed ore was covered with firewood and charcoal fired. At large works special ore-burning kilns** **applied which utilized waste gas of the process** **re smelting in blast furnaces. The purpose of ore** **ning was its drying and oxidation. Being burnt** **ore was charged into a blast furnace and smelted** **re.**

CHAPTER 5.

BLAST FURNACE PRODUCTION

The earliest appearance of blast furnace works in **Ural can be traced back to the beginning of the** **XIII century. They were built after the model of the** **foreign ones, i.e. English and Swedish enterprises,** **with an active assistance of foreign specialists. The** **blast furnace at the oldest Ural Neviansky works** **erected with the help of Swedish masters. A new** **blast furnace at the same works emerged in 1716 and** **built by a Russian master Fiodor Kazantsev** **ording to the English "proportion". A blast furnace** **another works — Kamensky — was arranged by the** **lish masters Jarton and Punkhurst.**⁴⁰ **The foreign** **erience together with the richest ores and relatively** **high power potentialities (application of high-breast** **lams) promoted the Ural blast furnaces to the number** **of the most powerful and highly-productive in the** **world. And only the introduction and rapid** **development of cast iron producing with mineral fuel** **verpowered the Ural blast furnaces from their leading** **position.**

A blast furnace shop at a Ural works was usually a **house of a quadrangular or rectangular form equipped** **with 1-2 blast furnaces. In the first half of the XVIII** **century furnace houses were made of wood; in the sub-** **sequent period they were substituted by stone** **constructions. In the overwhelming majority of cases** **the works had only one blast furnace house. Even as** **late as the early XX century over a half of the Ural pig** **iron-smelting works had only one furnace and only** **about one third of them was equipped with two ones.**⁴¹ **In the rare cases of three or more furnaces at a works a** **greater number of houses was correspondingly built.**

Some constructions together with subsidiary **structures and buildings attached to the blast furnace** **house constituted together with it a single complex. As** **it was above mentioned the upper parts of the blast** **furnace house and a dam were connected with a wooden** **bridge along which ore, coal and fluxes loaded into** **carts were transported right to the mouths of furnaces.**

A bellows room was usually placed nearer to the dam. **A casting yard was mostly often located on the opposite** **the dam side of the blast furnace house.**

The greater were the dimensions of blast furnaces **and the number of the subsidiary equipment, the** **greater were the dimensions of furnace houses. The** **first evidence of their rapid growth comes from the** **second half of the XVIII-the early XIX centuries which** **was caused by the substitution of stone constructions** **for the wooden ones. However, in the 50-70-s of the** **XIX century the stone houses also were modernized —** **they were expanded and new storeys were added. This** **procedure was performed as follows: the old roof above** **blast furnaces was torn down and at its place a "tent" of** **framework constructions resting upon the walls of the** **old house was arranged. The framework of additional** **storeys was made of either wooden or metal** **constructions. "The practice of such reconstructions —** **points out L.P.Kholodova — gave impetus to the** **building of blast furnaces of an open type".**⁴² **The latter** **made their first appearance in the Ural in the close of** **the XIX century, first and foremost at the latest works.**

Even the first blast furnaces of the Ural works had **already a circular section, the shaft being of a barrel-** **like shape. In the first decades of the XVIII century a** **blast furnace was 10-12 arshins high and its size** **exceeded 20 cubic metres, its average twenty four-** **hours' output reached 188 poods.**⁴³ **The furnaces had** **one tuyere; blast air was supplied by a pair of bellows,** **one per each blast furnace.**

The height and size of blast furnaces gradually **increased throughout the XVIII century; by 1801 their** **average height reached 14,6 arshins and daily output** **exceeded 400 poods.**⁴⁴ **Some blast furnaces of much** **greater dimensions and capacity were also in existence.** **Thus, the furnace at Neviansky works erected in the** **early 60-s was 20 arshins high and within the space of** **the first year after its blowing in its twenty four-hours'** **yield amounted to 800 poods. Nevertheless, there were** **no successors of the Neviansk experience: such results** **cost too dear. Their achievement required the building** **with great difficulties of the second tuyere and** **installing of as many as four pairs of bellows. The latter** **occupied too much room; to set them in motion** **necessitated too much water.**⁴⁵

The shape of the inner cavity of blast furnaces was **also improved within the XVIII century. By the close of** **the century it looked like two cones connected by their** **wide bases, the upper cone being elongated.**⁴⁶

An improvement of considerable importance was the **substitution of cylindric bellow blower for a pair of** **bellows which promoted the further growth of both** **productivity and dimensions of furnaces in the early**

несвянского опыта в это время не оказалось: слишком дорогой ценой давались такие результаты. Для их достижения пришлось с большими трудностями устраивать вторую фурму и ставить целых четыре клинчатых воздуходувки. Последние занимали очень много места. Для приведения их в действие расходовалось слишком много воды.⁴⁵

Усовершенствовалась в течение XVIII века и внутренняя форма доменных печей. К концу столетия она приобрела вид двух конусов, соединенных широкими основаниями, причем верхний конус был удлинён.⁴⁶

Дальнейшему росту производительности и самих домен в начале XIX века способствовала замена клинчатых мехов цилиндрическими. К 20-м годам на Урале уже действовали домны до 23 аршин высотой при среднем размере 16,5 аршина. Однако дальнейшее увеличение размеров печей было возможно только при условии резкого усиления мощности дутья, что, в свою очередь, требовало замены водяных колес паровыми машинами. Однако этот процесс на уральских заводах затянулся, и в 50—60 годы был найден компромиссный вариант увеличения объема доменных печей. Были созданы и получили во второй половине XIX века широкое распространение так называемые "эллиптические" домны с узким прямоугольным горном и эллиптической шахтой. При той же высоте, что и печи старой системы, эллиптические имели почти вдвое больший объем.⁴⁷ Новые домны, называвшиеся на Урале по имени их изобретателя "печами Рашета", обеспечивали суточную выплавку более тысячи, а к рубежу XIX—XX веков — и несколько тысяч пудов чугуна в сутки! Несколько позднее эллиптических на Урале появились домны еще более совершенного типа, конструкция которых была позаимствована в Шотландии.

К сожалению, очень медленно внедрялось на уральских заводах такое мощное средство увеличения выплавки чугуна, как горячее дутье. Хотя опыты по нагреву вдуваемого в домну воздуха начались на Урале на Кушвинском заводе уже в 1833 году, т.е. через пять лет после того, как Нилсон взял в 1828 году патент на изобретение воздухонагревательного аппарата, вплоть до конца 60-х годов почти все такие установки уральских заводов оставались экспериментальными. Единственной и общей причиной было быстрое разрушение печей при работе на горячем воздухе. Природные огнеупоры, применявшиеся на Урале, — тальк, песчаник — не выдерживали повышения температуры. И лишь в 70—80 годы XIX века, после появления специализированных фабрик по производству огнеупоров, начинается широкомасштабное применение воздухонагревательных аппаратов различных типов.⁴⁸

ГЛАВА 6. ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ВЫДЕЛКИ ЖЕЛЕЗА

Единственным способом выделки железа, принявшимся на Урале в XVIII и первых десятилетия XIX века, был так называемый старонемецкий кричный способ.

Главными техническими устройствами, принявшимися в этой технологии, были кричный горн, похожий на многократно увеличенный кузнечный вододействуемый молот весом в 16—20 пудов. Кроме этого, применялся целый ряд ручных инструментов. Успех кричной работы, как видно из приведенного ниже описания,⁴⁹ в очень большой степени зависел от силы, ловкости и ручного мастерства работников.

Прежде чем начать работать на горне, который долго стоял в бездействии, мастер его "ладит", т.е. очищает от шлака, укрепляет фурму, насыпает дно горна угольный мусор, сверху — немного крупного древесного угля, и начинает укладывать чугун. На одних заводах мастера помещали в горн сразу все 9—12 пудов, на других — сначала 6—7 пудов, остальные добавляли в ходе дела. Чугун располагали по длине горна против фурмы на расстоянии от 1 до 4 вершков и засыпали сверху углем. Выполняя все это, мастер пускал дутье, чугун около фурмы плавился и стекал на дно горна. Мастер добавлял уголь и придвигал нерасплавившиеся куски чугуна, одновременно перемешивая жидкий чугун расплавленными шлаками. При этом появлялись довольно плотные куски — "жуки", т.е. полуочищенное железо. Мастер выворачивал их ломом и отбрасывал в сторону. Постепенно на дне образовывалась густая масса — "полукрица". Мастер пробовал ее ломом, и если находил слишком жидкой — "сырой", — то добавлял шлаку или спрыскивал водой. Все это мастер делал на глаз, опираясь исключительно на свой эмпирический опыт.

Далее жуки и полукрица подвергались "наваливанию", или жжению жуков и полукрицы на крицу. Для этого, при сырой полукрице, дутье останавливали, полукрицу переворачивали вверх дном, обкладывали жуками, заваливали углем и пускали дутье. Если крица спелая, а угля в горне достаточно, то это же делали без остановки дутья.

Когда железо жуков и полукрицы окончательно очищалось, оно собиралось на дне горна в виде очень густой массы — "крицы". Ее признавали спелой, т.е. готовой, — если к ней прилипал железный лом. Тогда дутье останавливали и крицу доставали из

century. By the 20-s the blast furnaces up to 23 ins high were in motion in the Ural, while their age height was 16,5 arshins. However, the further base in the dimensions necessitated a sharp reduction of blowing power which, in its turn, led the substitution of steam engines for water. Nevertheless, this process developed in the too slowly, so in the 50-60-s a compromise solution of the problem of the blast furnaces' dimensions increase was found. Blast furnaces labelled "elliptic" with a narrow rectangular hearth and elliptic were created and widely expanded in the second half of the XIX century. The size of the elliptic furnaces twice that of the old ones, the height remaining unchanged.⁴⁷ The new blast furnaces termed in the Ural their inventor the "Rachette's furnaces" provided twenty-four-hours' output over 1000 poods and by the turn of the XIX-XX centuries — even several thousands of poods of pig iron. Blast furnaces of still a more improved type emerged in the Ural soon after the elliptic ones, their construction was borrowed from England.

Unfortunately, such a powerful means of increasing iron smelting as hot blast utilization was introduced into the Ural works in too slow pace. Though the trials of heating the blowing into a blast furnace air commenced in the Ural at Kushvinsky works as early as 1833, i.e. five years after Nilson had taken out a patent for the invention of a hot blast stove in 1828, until the end of the 60-s almost all the machines of this kind remained in the experimental phase for the one and only reason: when operating with hot blast the furnaces were liable to be quickly destroyed. The resistance of the natural refractory materials applied in the Ural — talc, sandstone — was insufficient to stand rising of temperature. And only as late as the nineteenth-seventies and eighties, after the appearance of specialized shops producing refractory materials, a large-scale application of hot blast stoves of various types commenced.⁴⁸

CHAPTER 6.

TECHNIQUE AND TECHNOLOGY OF IRON PROCESSING

The only method of iron processing applied in the Ural in the XVIII and in the first decades of the XIX centuries was the so-called old German forge process.

A forge, very much alike the enlarged many times smithies, and a water-driven hammer weighing 16-20

poods were the main machines used in this technology. Apart from them a great number of manual implements was in use. The success of the forge process depended to a great extent on the strength, skills and manual workmanship of the finers. A better idea of the process may be judged from the following below description.⁴⁹

The operation commenced with the preparation of the fireplace which had lain idle for a long time, i.e. a finer cleaned it from slag, fixed a tuyere, lined the bottom of the fireplace with charcoal dust. Then the fireplace was filled with a small amount of large pieces of charcoal and finally with the pig. At some works all the 9-12 poods of the pig iron were laid into the forge at once, while at another ones firstly 6-7 poods were laid and the rest of pig was added in the course of the procedure. The pig iron was placed along the length of the forge opposite the tuyere at about 4 vershoks distance from it and covered with charcoal. Having performed all these the finer turned on the blast, the pig near a tuyere went into fusion and trickled down on the bottom of the forge. The finer added charcoal and moved non-melted pieces of pig to the tuyere stirring simultaneously the liquid iron and melted cinder (slag). During this operation the so-called "zhuki", i.e. quite solid lumps of spongy semi-refined iron were formed. The finer picked them out with a ringer and pushed aside. At the bottom the metal solidified into a semi-solid mass — "polukritsa" (a half-bloom). The finer tested it with a ringer and if he found it too liquid — "syroi" (badly refined) — he added some cinder and watered it. All this the finer performed by eye basing entirely on his personal empirical experience.

After this the process termed "navalivanie", i.e. burning of "zhuki" and a half-bloom into a bloom, commenced. For this purpose the air-blast was turned off, a half-bloom was turned upside down, rounded with "zhuki", covered with charcoal and after that the blast was again turned on. If the bloom was in nature and the amount of charcoal in the hearth was sufficient, the same procedure was conducted without stoppage of the air-blast.

When the iron in the "zhuki" and a half-bloom was properly refined it formed a pasty mass at the bottom called "kritsa" — a bloom or a loop. It was considered ready, i.e. to have come to nature, when an iron ringer adhered to it. Then the blast was turned off and the bloom taken out of the hearth. Further indications of the bloom's being in nature were its elongated shape and the white colour of the sparks when striking it. The content of slag in a good bloom was low, otherwise it was considered overburnt. A badly refined bloom gave a blue flame due to the process of decarburisation.

Out of the hearth the bloom was delivered to a

горна. Хорошей считалась крица продолговатой формы, дающая при ударе светлые искры. Шлаков в хорошей крице было немного; если же она была перенасыщена шлаками, то ее полагали пережженной. Непроваренная крица давала синеватое пламя — выгорал углерод.

Из горна крицу на тележке или клещами перемещали к молоту, где ее обжимали, т.е. проковывали, удаляя таким образом шлаки. Обжатую крицу мастер специальным топором рассекал на части.

Сделав одну крицу, мастер сразу же закладывал в горн новую порцию чугуна, одновременно приступая к "вытягиванию" кусков уже готовой крицы. Их вновь помещали в горн между фурмой и чугуном, калили до белого цвета и проковывали под молотом в полосы или бруски необходимого размера и формы. Делалось это в несколько приемов: сначала один конец куска, потом снова нагрев и последующая проковка другого конца. В 12-часовую смену мастер, подмастерье и рабочий обыкновенно приготавливали две крицы.

Кричные цеха, в которых все это происходило, представляли собой прямоугольные длинные одноэтажные здания. В XVIII веке они были деревянными; в первой половине XIX века их сменили каменные постройки, но принципы расположения оборудования при этом не изменились. Единственное различие заключалось в том, что в деревянных цехах ставили по 4 и редко 6—8 молотов, а в большинстве каменных было 12—16 молотов.⁵⁰ Вдоль всего цеха проходил водопроводный ларь, по которому вода поступала на колеса, приводившие в движение кричные молоты, вытянувшиеся в линию рядом с ларем. Вторую линию, рядом с противоположной от ларя стеной, образовывали кричные горны. У торцевых стен возводились воздуходувные машины — одна или две, в зависимости от размера цеха.

Хотя конструкция кричного горна и молота в течение XVIII века не менялась и была однотипной на всех уральских заводах, тем не менее к началу XIX века на Урале существовали 90 разновидностей одного и того же старонемецкого кричного способа,⁵¹ т.е. практически каждый завод имел свой собственный вариант технологии. Друг от друга они отличались не столько конструкцией или набором инструментов, сколько мельчайшими деталями ручной работы.

В 30—50-е годы XIX века техника кричного передела претерпела целый ряд очень существенных изменений. Старые среднебойные молоты были постепенно заменены более удобными в работе хвостовыми. Появились и начали распространяться паровые молоты. При кричных горнах устраивались дей-

ствующие теряющим жаром воздухом нагревательные аппараты; над самими горнами появились своды для сбора отходящих газов. И, наконец, начинают распространяться новые варианты кричной технологии. В 40-е годы это был контуазский способ выделки железа, в 70-е — ланкаширский.

Однако все перечисленные новшества уже имели большого значения. В 40-е годы на месте кричных способов приходила гораздо более совершенная пудлинговая технология выделки железа.

Первые опыты пудлингования были проведены на Урале в 1817 году на Полевском заводе; с 1825 года эксперименты начались в Нижне-Тагильском округе и в том и в другом случаях новая технология не была доведена до промышленной эксплуатации. Последнее было сделано лишь в конце 30-х годов на казенном Камско-Воткинском заводе, после чего и началось распространение новой технологии по всему Уралу.

В отличие от кричного горна в пудлинговой печи металл и топливо разделены; чугун в ней обрабатывался в специальном рабочем отсеке. Последний представлял собой замкнутое пространство, имевшее три относительно небольшие отверстия. Первое соединяло его с топкой, через второе уходили в дымовую трубу отработанные газы. Через специальное шесточное отверстие в боковой стенке печи не саживался чугун. Оно прикрывалось заслонкой, в которой, в свою очередь, находилось маленькое отверстие с заслоночкой — для инструментов пудлингового мастера. Потери тепла в пудлинговой печи гораздо ниже, чем в кричном горне, поэтому она развивала гораздо более высокую температуру, давая использовать низшие сорта топлива — торф, дрова.

Начиналась пудлинговая операция на уральских заводах с насадки чугуна — через шесточное отверстие с помощью железной лопатки, после чего заслонку закрывали, а щели забрасывали мокрым песком. После насадки в топку непрерывно подбрасывали горючее в течение 20—35 минут — до тех пор, пока не расплавится чугун. Расплавленную массу мастер начинает мешать гребком, поливая ее время от времени водой и подбрасывая шлак. Работу эту нужно было вести с большой интенсивностью. Когда масса сгущается до такой степени, что мешание делается затруднительным, то меняют инструмент. Массу выворачивают лопаточкой и разравнивают по всему поду, потом гребком сгребают в кучу. Эти действия повторяются несколько раз, пока масса не примет рассыпчатого вида, после чего на несколько минут дают сильный жар и сбивают из массы комок. Для этого, кроме гребка и лопатки, применяется еще особый инструмент, называвшийся булавой. Вся работа в печи, начиная от на-

er on a cart or with tongs and then the operation of "shingling the bloom" commenced, i.e. with several strokes a fair amount of slag was forced out. The shingled bloom was divided into parts — 4 or 6 as a rule — with a special axe.

Having made one bloom, the forger launched a new one of pig into the hearth and repetition of the process commenced with simultaneous starting of the pieces of the ready bloom. They were moved to the forge between the tuyere and the pig in order to receive white heat and hammered thereafter into bars of the required size and form. This was effected in several stages: firstly one end of the piece was hammered, then followed heating and hammering of the other one. Within a 12-hours shift a master, an apprentice and a workman made usually two blooms. The whole of the described above process took place in the forge shops located in rectangular long buildings. In the XVIII century they were made of wood and were replaced by stone ones in the XIX century, the principles of the location of the equipment however remained the same. The only difference was the number of hammers: 4 or rarely 6-8 hammers in the wooden shops and 12-16 ones in the stone shops.⁵⁰ A water-line was extended along the whole of the shop, the wheels drove the wheels which set in motion the forges placed in a straight line near the water-line. The forges constituted the second row along the wall opposite the water-line. At the short walls of the shop the bellows were mounted — 1 or 2 in dependence on the shop's dimensions.

Though the construction of a forge and a forger remained unaltered throughout the XVIII century and was identical at all the Ural works, nevertheless, by the early XIX century 90 variations of one and the same old German process of existence⁵¹, i.e. practically every works had its own version of this technology. They differed from each other rather by the most peculiar details of the operations than by the construction or a set of elements.

In the 30-50-s of the XIX century the technique of the process was subjected to a number of essential innovations. The old tilt hammers were gradually replaced by the tail ones, more convenient to use. Steam hammers originated and started working. Hot blast stoves utilizing waste heat were placed near the forges; waste gas collectors emerged near the forges. And finally new versions of the forges were made their appearance, such as the Comtois one in the 40-s and the Lancashire one in the 70-s. However, all the enumerated innovations were not of equal importance. With the origin of a much more

improved puddling technology of iron processing the forge method fell into disuse in the 40-s.

The first trials of puddling were performed in the Ural in 1817 at Pozhevskoi works, since 1825 experiments commenced in Nizhne-Tagilsky district; in both cases the new technology was not introduced into industrial exploitation. This was achieved as late as the end of the 30-s at a state Kamsko-Votkinsky works which reacted in the expansion of the new technology over the Ural.

Unlike the forge process, metal and fuel were separated in a puddling furnace, the pig was processed in a special working compartment. The latter was a closed cavity having three comparatively small holes. The first one connected it with a fireplace, through the second one waste gas passed into a smoke pipe. The pig was laid into a special aperture in the side wall of the furnace. It was closed with an oven-door in which, in its turn, there was a small hole with a small oven-door for the implements of a furnaceman. The waste of heat in puddling furnaces was much lower than in a forge, therefore a much higher temperature was generated even when fuel of low quality was used, such as peat, firewood.

The procedure of puddling at the Ural works commenced with charging of the pig through the special aperture with the help of an iron shovel, after which the oven-door was closed and the chinks were covered with a moist sand. After the charging fuel was continuously filled within 25-30 minutes, until the pig was melted. The furnaceman commenced stirring the liquid mass with a special rake watering it periodically and adding some cinder. This operation required a great intensity. When the mass solidified to such a state that the stirring became difficult the implement was changed. The mass was turned upside down with a shovel, smoothened all over the hearth and gathered thereafter with a rake into a heap. The operation was repeated until the mass obtained friable state, after which it was exposed to a great heat for several minutes and then kneaded into balls. For this purpose, apart from the rake and shovel, a special implement called "bulava" (a mace) was used. The whole process in the furnace from filling of the pig until finishing kneading the balls took from 1,5 up to 2 hours.

After the balls were made, they were taken out of the furnace with tongs and shingled with a hammer. Then they passed from the puddling shop into the reheating and rolling ones. The balls were laid into a reheating furnace and heated there over an hour or an hour and a half after which they were rolled into bars of required size. The obtained iron was considered to be of a low quality. To perfect the metal the bars were cut, put into

садки чугуна до окончания сбивания комьев, продолжалась от полутора до двух часов.

Готовые комья клещами вынимались из печи и обжимались под молотом и далее переходили из рук пудлингового мастера в руки сварочного и прокатного. Куски попадали в сварочную печь и нагревались в ней час или полтора, после чего прокатывались в полосы необходимого размера. Получившееся железо называлось односварочным и было неважного качества. Для улучшения металла полосы разрезались, складывались в пакеты, вновь прокаливались в сварочных печах и прокатывались; так получалось двухсварочное железо. Иногда ту же операцию проводили в третий раз, выделявая, таким образом, особо качественное трехсварочное железо.⁵²

В противоположность истории кричного способа Урала в пудлинговой технологии ручные приемы работы менялись не очень значительно, зато непрерывно совершенствовалась сама техника. Не успели уральские заводы освоить обычные пудлинговые и сварочные печи, как им на смену пришли газовые, затем — печи, приспособленные для действия на торфе, печи с регенераторами тепла и так далее.

Впрочем, пудлинговая технология стала внедряться на Урале слишком поздно. И не успела она вытеснить кричный способ выделки железа, как выяснилось, что в мире существуют гораздо более эффективные и производительные бессемеровская и мартеновская технологии. Едва успев завершить одну реконструкцию передельного производства, уральские заводы должны были в 70-е годы XIX века начать новую.

Первые опыты бессемерования начались на Урале в конце 1856 года и продолжались с достаточным успехом в течение всех 60-х годов. Однако промышленное производство бессемеровской стали было организовано только в 1875 году на Нижне-Салдинском заводе Тагильского округа. Бессемеровская фабрика была построена по французскому проекту. Руководил делом талантливый инженер К.П. Поленов, который немедленно приступил к модернизации технологии, и уже на второй год эксплуатации она была видоизменена и приспособлена к местным условиям. Домны Нижне-Салдинского завода не могли полностью обеспечить бессемеровский цех чугуном, и его приходилось завозить с других заводов округа. Этот штыковой чугун перед бессемерованием расплавлялся в отражательных печах; причем К.П. Поленов выяснил, что если чугун не просто расплавить, но еще и дополнительно перегреть, то процесс бессемерования идет гораздо успешнее, сталь получается гораздо более высокого качества и практически исключалась возможность

застывания металла в конвертере. Теорию бессемеровского процесса по методу К.П. Поленова изучал позднее другой инженер Тагильского округа В.Е. Грум-Гржимайло.⁵³

Второй после Нижне-Салдинского бессемеровский завод на Урале был построен в 1878 году в базе Катав-Ивановского завода. Однако других следователей тагильского и катавского опыта на Урале не нашлось. Подавляющее большинство уральских заводчиков при модернизации в 80-е гг. XIX века своих предприятий предпочитали вводить не бессемеровские конвертеры, а мартеновские печи. В 1904 году на Урале работали только 4 конвертера общей емкостью 22 тонны и производительной способностью 3100 тысяч пудов стали в год; число мартеновских печей достигло уже 50, общая емкость — 747 тонн, годовая производительная способность — 28148 тысяч пудов.⁵⁴

ГЛАВА 7. ПРОКАТНЫЕ СТАНЫ

Прокатная технология была освоена на уральских заводах уже в самом начале XVIII века во время их строительства. Одну из первых примитивных прокатных, или, как они тогда назывались, "плющильных" машин описывает в своем труде Вильгельм де-Геннин (1735 год). Для характеристики прокатной технологии Геннин приводит не только теоретические сведения: в его время на Екатеринбургском заводе уже действовала "железорезная и плющильная фабрика, в ней две курьезные машины, одною прорезывает, а другою плющит железо разной ширины и толстоты, как когда потребно, в ней две печи железонагревательных".⁵⁵

Однако вплоть до начала XIX века прокатная техника применялась на Урале в очень ограниченных количествах. К 1778 году прокатные станы имелись только на 10 заводах, принадлежавших крупнейшим заводчикам. Причиной этого было столько технический консерватизм, сколько примитивность ассортимента производимых сортов металла. Основную массу уральского металла в течение века составляли грубое полосовое и самые примитивные разновидности сортового железа. Их выделяли прямо в кричных цехах под обычными кричными молотами. Для выделки же небольших партий листового или мелкосортowego железа гораздо проще и дешевле было установить несколько десятков или колотушечных молотов.

converted in reheating furnaces and rolled once. Thus the so-called *best iron* was obtained. If any, this operation was repeated for the third manufacturing iron of a top quality labelled the *best iron*.⁵² In contrast to the history of the forge in the Ural, the manual devices of the puddling technology were altered insignificantly, while the process was continuously improved. Before the Ural had time to adapt the ordinary puddling and pig furnaces, they were replaced by gas ones, and the furnaces fitting for the operating with peat furnaces with the regenerator of heat and so on. Unfortunately, the puddling technology was introduced in the Ural too late. Before it overpowered the process of iron producing, the more effective productive Bessemer and Martin technologies appeared on their appearance. Hardly having finished one construction of the finery production, the Ural works initiated the new one in the nineteenth-seventies. The first trials of the Bessemer process in the Ural were conducted in the end of 1856 and went on quite successfully throughout the 60-s. Nevertheless, only in the industrial production of Bessemer steel was introduced at Nizhne-Saldinsky works in Nizhne-Saldinsky district. The Bessemer shop was erected according to a French project. The construction was carried out under the authority of a talented engineer K.P. Polenov who started immediate modernization of the technology and as soon as two years later it was introduced and adapted to the local conditions. The Nizhne-Saldinsky works' blast furnaces were not capable of supplying the Bessemer shop with pig iron, and had to be transported from the other works of the district. Before the Bessemer process this pig iron was produced in reverberatory furnaces; K.P. Polenov had realized that the more heated was the pig in the reverberatory furnaces apart from being merely heated, the more beneficial was the Bessemer process, the more qualitative steel was produced, and the danger of metal consolidating in the converter was averted. The theory of the Bessemer process according to Polenov's method was thoroughly studied and carried out by another Tagil engineer V.Ye. Grum-Grzhimailo.⁵³

The second in the Ural Bessemer works was erected in 1858 on the basis of Katav-Ivanovsky works. Unfortunately, there were no successors of the Tagil Katav experience in the Ural. The overwhelming majority of the Ural works-owners modernizing their enterprises in the nineteenth-eighties preferred rather blast furnaces than Bessemer converters. In 1904 blast converters were in motion in the Ural, their total capacity being 22 tons and annual output of steel

amounting to 3 100 000 poods, while the number of Martin furnaces had already reached 50 with total capacity 747 tons and annual output of 28 148 000 poods.⁵⁴

CHAPTER 7. ROLLING MILLS

The rolling technology was adopted by the Ural works as early as the beginning of the XVIII century parallel with the process of their construction. One of the earliest evidences of the first primitive rolling mills or, as they were termed at that time, flatting mills is supplied by Wilhelm de Gennin's work (1735). Gennin had not only theoretical data for the characterization of the technology, for at that time there was already at Ekaterinburgsky works "iron cutting and flatting shop with two curious machines, the first one cuts the iron and the second one flattens it into different width and thickness according to the necessity, and also with two iron-heating furnaces".⁵⁵

Nevertheless, there were only a few rolling mills in the Ural until well into the XIX century. By 1778 only 10 works possessed by the larger works-owners were equipped with rolling mills. The cause of it was rather primitiveness of the assortment of the produced metal sorts than the technical conservation. The rough bar iron and the most primitive kinds of special iron were mainly manufactured in the Ural during the century. They were effected immediately in the forge shops under ordinary forge hammers, whereas for producing a small amount of sheet or small-sized iron it was much easier and cheaper to install some special hammers.

In the early XIX century the situation changed sharply due to the market demand for the expansion of the assortment which was impossible without further development of the rolling technique. The task proved quite feasible for a certain experience had been already accumulated.

The sheet iron production became the most widespread one. This sort of iron turned into the most quantitative sort of the Ural metal; in the early nineteenth-sixties it constituted 15,6% of the aggregate output of the Ural iron and by the early XX century — even about 50%.⁵⁶

The origin of the sheet iron production is traced back to the eighteenth-seventies. At that time a Tagil smith Subbotin managed to spy on the technology of sheet iron rolling at Batashov's works in Central Russia. As a result of this act an identical production emerged at the Ural Nizhne-Tagilsky works in 1778.⁵⁷

Ситуация резко изменилась в начале XIX века. Изменение рыночной конъюнктуры потребовало резкого расширения ассортимента, сделать же это без развития прокатной техники было невозможно. Задача оказалась вполне выполнимой, благо определенный опыт уже имелся.

Наибольшее развитие получило листокатальное производство. Листовое железо становится самым массовым сортом уральского металла; в начале 60-х годов XIX века оно составляло 15,6% от всего произведенного уральского железа, а к началу XX века — даже около 50%.⁵⁶

А становление листокатального производства начиналось в 70-е годы XVIII века. В это время тагильский кузнец Субботин как-то сумел подсмотреть у заводчика Баташова в центральной России технологию проката листового железа, в результате чего такое же производство появилось в 1778 году и на уральском Нижне-Тагильском заводе.⁵⁷ В 1782 году английский механик Джозеф Хилл построил листопркатную фабрику на Чермоозском заводе.⁵⁸ В начале XIX века технология проката листа была усовершенствована: удалось наладить выпуск листов большого размера — двухаршинных. Первыми этого добились специалисты Верх-Исетского и Нижне-Тагильского округов. И далее в течение всего XIX века листокатальное производство существовало в почти неизменном виде.

Технология проката листового железа в XIX веке включала в себя три операции: 1. прокатка в узкую болванку; 2. прокатка в листы (в широкую болванку); 3. окончательная отделка листов.⁵⁹

В ходе первой операции широкие полосы кованого кричного металла нагревали в калильной печи и прокатывали с одного нагрева 3—5 раз — в зависимости от напора воды в заводском пруду, от действия машин и от качества самого железа. Прокатанный металл тут же выправляли деревянными молотами — "балдами".

При прокатке в листы вновь раскаленная узкая болванка поступала в валки прокатного стана несколько иной конструкции, чем первый. С одного нагрева ее пропускали 13—15 раз, при маловодии же нагревали два раза. Получившиеся листы складывали попарно в "двойки", нагревали и опять 13—15 раз прокатывали. Эту операцию — нагрев и многократная прокатка — повторяли четыре раза, после чего листы вновь складывали, но уже по три или, судя по сорту, по пять, т.е. в "тройки" или "пятерки". С получившимися пакетами производили все те же действия, что и с двойками, и в результате полу-

чалась широкая болванка — не получившие окончательной отделки листы железа.

Окончательная отделка заключалась в обр по определенным размерам неровных краев лист в дополнительной пробивке их под молотами — получения глянца. При выработке глянца листового железа высших сортов в Верх-Исет округе в конце XIX века каждый лист подверг трем тысячам ударов молота!⁶⁰

Несколько позднее — в 20—30-е годы XIX века на Урале был освоен прокат сортового рыночного железа; в 50-е годы началось производство железных рельсов. Вот как описывал рельсопрокатное производство Нижне-Салдинского завода в 1857 году инженер-поручик Усов, ранее изучавший это дело в Англии: "При моем приезде прокатывали рельсов на одном стане уже по 250—260 штук в сутки при 5 сварочных печах. Нельзя было удивиться тому, как успели рабочие в течение одного года навывнуть к прокатке рельсов, так и в Англии, по числу печей не прокатывается больше этого количества... Отделка рельсов происходит следующим образом: прокатанные валах рельсы, еще красный, отгаскиваются в правильную доску и выпрямляют фланцы его ударами деревянных колотушек. После этого рельсы оставляют остывать и холодный отвозят в отделочное отделение, где четыре человека выпрямляют его под винтовым прессом. У выпущенного рельса нагревают по очереди каждый конец и обрезают круглую пилой, этим способом обрезают в день до 150 рельсов, и поэтому при пилах не успевают обделывать все прокатываемые в сутки рельсы. Когда конец у обрезанного рельса остывает, тогда его обкалывают".

В дальнейшем рельсопрокатное производство было значительно усовершенствовано; особенно серьезной модернизации оно подверглось в 70-е годы в связи с освоением проката стальных рельсов.

Отладив в течение XIX века прокат дорогих сортов железа, и в первую очередь листового кровельного, уральские заводчики смогли, а точнее сказать не захотели организовать производство массовых и дешевых промышленных сортов металла — таких, как баллшвеллера и т.д. Да и рельсы выделяли лишь несколько заводов. Выделка металлов для промышленности была для них не слишком выгодна из-за высоких накладных расходов окружного хозяйства. Промышленные сорта железа и стали на российский рынок поставляла промышленность юга страны.

2 a British mechanic Joseph Hill erected a iron rolling shop at Chermozsky works.⁵⁸ In the XIX century the technology of rolling was further developed; manufacturing of a large-sized iron, 2 m long, was originated. Specialists of Nizhne-Tagilsky and Nizhne-Tagilsky works pioneered this technology. And further on, throughout the whole of the XIX century the rolling production remained almost unchanged.

The technology of rolling sheet iron in the XIX century comprised three stages: 1. rolling of wide bars; 2. rolling into sheets; 3. final effecting of the

the course of the first operation wide bars of cast iron were heated in a furnace and after one heating were rolled 3-5 times in dependence on the pressure in the works pond, on the machines used and on the quality of the iron. The rolled bars were immediately brought under special wooden frames — "baldy".

For sheet rolling the again heated narrow ingot was passed through the rollers of a rolling mill slightly smaller than the first one. After one heating it was rolled 13-15 times, whereas in dry seasons it was heated twice. The obtained sheets were put together in pairs (in bundles), heated and again rolled 13-15 times. This process, i.e. heating and numerous rollings, was repeated 4 times; thereafter the sheets were put together once more, this time into "threes" or "fives", as the sort required. These fagots were converted in the same way as the bundles, and as a result a wide ingot was obtained, i.e. a sheet of iron without their final shaping.

Final shaping included cutting of the uneven edges of the sheets according to a fixed size as well as their final hammering to make them polished. In the second half of the XIX century in order to manufacture a sheet iron of top quality in the Verkh-Issetsky works each sheet was subjected to 3000 strokes of a hammer.⁶⁰

A bit later — in the 20-30-s of the XIX century — the Ural works adopted rolling of special market iron; in the 50-s production of iron rails was initiated. An engineer-lieutenant Usov having previously studied the rail-rolling production in Britain described this process at Nizhne-Saldinsky works in 1857 as follows: "When I arrived there one rolling mill rolled already 250-260 rails over 24 hours and there were 5 reheating furnaces. I could not but wonder, how managed the workers over merely one year to acquire excellent skills in rail-rolling, for hardly greater amount of rails is rolled in Britain ... The effecting of rails is performed as follows: a rolled rail being still red is dragged to a special plate on which its flanges and head are straightened by hammers. After that the rail should be sufficiently cooled, then the cold rail is delivered to a shaping department where 4 masters straighten it under a screw press. Each of the edges of the straightened rail is heated in turn and slitted with a circular saw. The method allows to slit up to 150 rails daily, therefore the presses and saw have not enough time to process all the rails made over 24 hours. When the edge of the slitted rail is cooled, it is beaten to remove the crust of slag".

Further on the rail production was significantly improved; the origin of steel rails rolling in the 70-s gave strong impetus to its most essential modernization.

Having mastered over the XIX century rolling of the expensive iron sorts, first and foremost of the sheet roofing iron, the Ural works-owners could not, if desired, to organize the production of quantity and cheap industrial sorts of metal, such as beams, channels, etc. Moreover, only a few works manufactured rails. To produce metal for the industry was not considered profitable due to high overhead expenses incurred by the district economy. It was the South of the country that supplied the Russian market with industrial iron sorts.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Гуськова Т.К. Окружная система как форма организации уральской горнозаводской промышленности в дореформенный период (в печати); Устьянцев С.В. Организация производственного процесса вной металлургии Урала первой половины XIX века//Металлургические заводы и крестьянство. Екатеринбург, 1992. С. 79-86.
2. Бакланов Н.Б. Техника металлургического производства на Урале. М.-Л., 1935. С. 31, Кашинцев Д.А. История металлургии Урала. М.-Л., 1939. С. 76.
3. ГАСО. Ф. 24. Оп. 32. Д. 1723. ЛЛ. 46-47.
4. Холодова Л.П. Архитектурная реконструкция исторически сложившихся промышленных предприятий. М., 1987. С. 15.
5. Бакланов Н.Б. Указ. соч. С. 36, 42-43.
6. Кафенгауз Б.Б. История хозяйства Демидовых в XVIII-XIX вв. М.-Л., 1949. С. 306.
7. Бассон В.А. Заметки о проектировании и постройке заводов на Юге России применительно к своим разным местным условиям//Горный журнал. 1890. № 4. С. 61, 67.
8. ГАСО. Ф. 24. Оп. 1. Д. 43. Л. 113 об.
9. Бакланов Н.Б. Техника металлургического производства XVIII века на Урале. М.-Л., 1935. С. 3
10. Бакланов Н.Б. (Указ. соч., С. 37.
11. ГАСО. Ф. 24. Оп. 1, Д. 581. Л. 165.
12. Рожков. О гидравлическом горнозаводском хозяйстве, с описанием устройств, в нем употребляемых// Горный журнал. 1856, № 4. С. 161, 163.
13. Там же. С. 134.
14. ГАСО. Ф. 24. Оп. 1. Д. 64 "п". Л. 65; Д. 581. Л. 165.
15. См. напр.: ГАСО. Ф. 24. Оп. 1. Д. 1049. Л. 271; Д. 1050. Л. 445; Д. 1281. Л. 151.
16. Геннин В.И. Описание уральских и сибирских заводов. М., 1937. С. 118.
17. Бакланов Н.Б. Указ. соч. С. 41.
18. ГАСО. Ф. 24. Оп. 1. Д. 33. Л. 30.
19. ГАСО. Ф. 24. Оп. 1. Д. 522. Л. 313 об.
20. ГАСО. Ф. 24. Оп. 1. Д. 82. Л. 388.
21. ГАСО. Ф. 24. Оп. 1. Д. 581. Л. 166.
22. ГАСО. Ф. 24. Оп. 1 Д. 581. Л. 165 об.; Д. 712. Л. 172 об.
23. ГАСО. Ф. 24. Оп. 14. Д. 410.
24. Геннин В.И. Указ. соч. С. 117.
25. Полное собрание законов Российской империи (ПСЗ). Т. 5. № 3464.
26. ПСЗ. Т. 19. № 15119.
27. ЦГИА. Ф. 37. Оп. 77. Д. 507. Л. 15 об. -16.
28. Крат В.А. О характере месторождений железных руд на отводах Омутнинского завода Вятской губернии//Горный журнал. 1884. Т. 2. № 4. С. 97-103.
29. Кротов П. Геологические исследования в Пермской губернии.//Известия Геологического комитета. 1883. Т. 2. № 1. С. 2.
30. Очерки истории техники в России (1861-1917). М., Наука. 1973. С. 39.
31. Кузнецов Н.П. Запасы железных руд.// Урал. Технич.-экономический сборник. Екатеринбург. 1922. № 4. С. 163-164.
32. ЦГИА. Ф. 37. Оп. 41. Д. 999. Л. 2.
33. Дорошенко Г. Справочная книга для горных инженеров и техников по горной части. СПб., 1878. Т. 2. С. 246.
34. ГАСО. Ф. 53. Оп. 1. Д. 94. Л. 300.
35. Смесь.//Горный журнал. 1882. Т. 1. № 1. С. 185.
36. ГАЧО. Ф. 37. Оп. 1. Д. 8. Л. 101.
37. ГАОО. Ф. 156. Оп. 3. Д. 3. Л. 2.
38. Ортин М.Ф. О механической обработке полезных ископаемых на Урале.//Урал. Технич.-экономический сборник. Екатеринбург, 1922. № 2. С. 75.
39. Там же. С. 84.

- Струмилин С.Г. История черной металлургии в СССР. Т. 1. М., 1954. С. 151.
- Шостковский И.И. Статистика главнейших отраслей горнозаводской промышленности России в 1905 г. // Горный журнал. 1905. № 8. С. 410-418.
- Холодова Л.П. Архитектурная реконструкция исторически сложившихся промышленных предприятий. М., 1987. С. 23.
- Кашинцев Д.А. История металлургии Урала. М.-Л., 1939. С. 81; Струмилин С.Г. Указ. соч. С. 422. Там же. С. 422.
- Кашинцев Д. Указ. соч. С. 141-142, 183.
- Кашинцев Д. Указ. соч. С. 181.
- Мещерин. О состоянии доменной плавки на заводах округов Гороблагодатского, Златоустовского и Челябинского. // Горный журнал. 1866. № 7. С. 4-5.
- Устьянцев С.В., Логунов Е.В. Английский технологический опыт и уральские горные заводы XIX века. Екатеринбург, 1992. С. 20-21.
- ГАСО. Ф. 43. Оп. 2. Д. 1763. Л. 262-268 (об.)
- Алферов Н.С. Зодчие старого Урала. I пол. XIX века. Свердловск, 1960. С. 21.
- Козлов А.Г. К вопросу о предпосылках технического переворота в горнозаводской промышленности Урала. // Вопросы истории Урала. Сб. 10. Свердловск, 1970. С. 7.
- ГАСО. Ф. 43. Оп. 2. Д. 1763. ЛЛ. 268-276.
- Устьянцев С.В., Логунов Е.В. Английский технологический опыт и уральские горные заводы XIX века. Екатеринбург, 1992. С. 18-19.
- Свод статистических сведений по железодобывающей промышленности. Выпуск 3. Март 1904 года. 1904. С. 12, 16.
- Геннин В. Описание уральских и сибирских заводов. 1735 г. М., 1937. С. 76.
- Касперович Г. Железодобывающая промышленность России за последнее десятилетие (1903-1912). Статистическо-экономический сборник. СПб., 1913. С. 30; ГАСО. Ф. 24. Оп. 2. Д. 1228. Л. 20 об.
- ЦГАДА. Ф. 1267. Оп. 1. Д. 296. Л. 469.
- Козлов А.Г. Творцы науки и техники на Урале. XVIII — начало XX веков. Свердловск, 1986. С. 28.
- Колтовский. Листокатальное производство в Нижне-Тагильском заводе гг. Демидовых. // Горный журнал. 1844. № 9. С. 304-371.
- Воеводин Л.Е. Урал и его горнозаводская промышленность в пределах Пермской губернии. Пермь, 1904. С. 42-43.

TICCIH INTERNATIONAL INTERMEDIATE CONFERENCE "CONSERVATION OF THE INDUSTRIAL HERITAGE: WORLD EXPERIENCE AND RUSSIAN PROBLEMS"



Алексеев Вениамин Васильевич
Корепанов Николай Семенович
Рукосуев Евгений Юрьевич
Устьянцев Сергей Викторович

ИНДУСТРИАЛЬНОЕ НАСЛЕДИЕ УРАЛА (В ФОТОГРАФИЯХ)

В издании использованы чертежи и планы Государственного архива Свердловской области, фотоматериалы из коллекций Свердловского историко-краеведческого музея и личного собрания В.Г. Федорова.

*Работа выполнена при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований (93—06—10523)*

Перевод на англ.: Красногор Н.
Художник: Юшков Г.
Фотографии: Вшивцев В., Афанасьев Ю., Юшков Г.
Технический редактор: Заузолкова Н.
Компьютерная верстка: Рассохин М.
Корректоры: Зайцева Н., Зайцев А., Красногор Н.

Лицензия ЛР №040127 от 16 октября 1991г.

Диапозитивные пленки изготовлены в БКИ

Подписано в печать с готовых диапозитивов 24.08.93г. Формат 60 x 90/8. Бумага ВХИ. Печать офсетная. Объем 20 п.л. Тираж 5000 экз. Заказ №720.

Банк культурной информации: 620219, г.Екатеринбург, ГСП-340, ул. Р.Люксембург, 56, Институт истории и археологии УрО РАН, БКИ. Телефон (3432)22-43-44. Факс (3432) 22-42-30.

Отпечатано с готовых диапозитивных пленок на АООТ "Полиграфист": 620219, Екатеринбург, ул. Тургенева, 20.