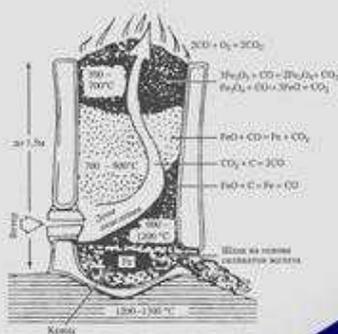
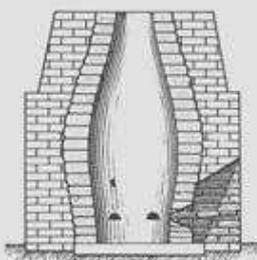
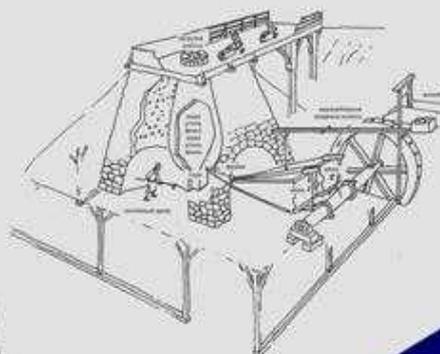
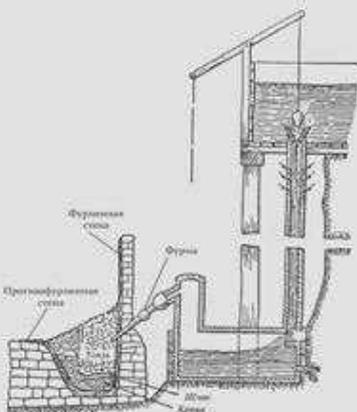
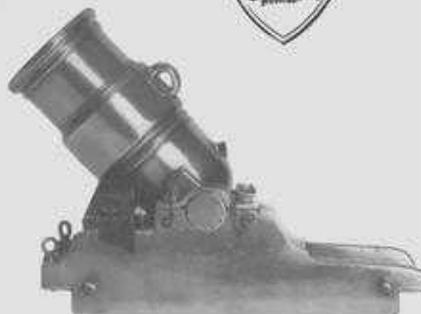


П.И. Черноусов, В.М. Мапельман, О.В. Голубев



**МЕТАЛЛУРГИЯ ЖЕЛЕЗА  
В ИСТОРИИ ЦИВИЛИЗАЦИИ**



*Черноусов П.И., Мапельман В.М., Голубев О.В.*

**Металлургия железа в истории цивилизации. – М.: МИСиС, 2005**

Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию в области металлургии

***Рецензент***

профессор, доктор технических наук, Л.Н. Белянчиков

## *Аннотация*

В книге приведены сведения о развитии техники и технологии металлургии железа во взаимосвязи с историей цивилизации, начиная с древнейших времён до окончания эпохи Средневековья. Изложены современные представления о закономерностях возникновения и развития металлургического производства. Сформулирована гипотеза о роли ресурсов металлов в формировании государственной и общественной структуры стран и народов Древнего Мира. Рассмотрено становление основ научной металлургии. Описана этимология некоторых металлургических терминов.

Учебник содержит приложения, в которых представлены материалы для проведения практических занятий по определению технологических параметров металлургических производств Древнего Мира и Средневековья, а также варианты домашних, контрольных и тестовых заданий. Они прошли более чем десятилетнюю апробацию в рамках преподавания курса «История металлургии железа» в МИСиС.

Книга предназначена для студентов технических вузов, обучающихся по направлениям «Металлургия» и «Металловедение», но может быть полезна и для широкого круга специалистов металлургического профиля, студентов исторических вузов, специализированных техникумов, школ и других средних учебных заведений.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	9
Глава 1. ЗАРОЖДЕНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	10
1.1. Периодизация истории человечества и металлургия	10
1.2. Минералы железа в древней истории человечества	13
1.2.1. Основа цивилизации – камень	14
1.2.2. Гётит ( $\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$ ) (гидрогётит, лимонит, бурый железняк)	16
1.2.3. Гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	18
1.2.4. Сидерит ( $\text{FeCO}_3$ )	20
1.2.5. Пирит и марказит ( $\text{FeS}_2$ )	21
1.2.6. Магнетит ( $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_4$ )	22
1.3. Закономерности в появлении и развитии металлургии	23
1.4. Древние металлы	32
1.4.1. Золото	33
1.4.2. Электрум (электрон)	40
1.4.3. Метеоритное железо	41
1.4.4. Серебро	48
1.4.5. Свинец	49
1.4.6. Ртуть	59
1.4.7. Медь	62
1.4.8. Бронза и латунь	67
1.4.9. Олово и оловянная бронза	71
Глава 2. МЕТАЛЛУРГИЯ В ЦИВИЛИЗАЦИИ ДРЕВНЕГО МИРА	77
2.1. «Технократические» государства Древнего мира	77
2.1.1. Хеттское государство – родина железа?	79

2.1.2.	Этрусски – предтечи европейской цивилизации	88
2.1.3.	Кельты – «факелоносцы древнего мира»	98
2.2.	Ресурсы металлов и развитие цивилизации	110
2.2.1.	Египет – страна золота и меди	111
2.2.2.	Ассирия – первая мировая империя	113
2.2.3.	Рим – величайшая империя Древнего Мира	116
2.2.4.	Ресурсы как фактор государственного развития	120
2.3.	Особенности металлургического производства в странах Востока	122
2.3.1.	Древний Китай	122
2.3.2.	Древняя Индия	132
Глава 3.	<b>РАННИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ</b>	136
3.1.	Извлечение железа из руд	136
3.1.1.	Тигельная плавка	137
3.1.2.	Сыродутный горн	140
3.2.	Термохимическая и термомеханическая обработка железа и стали. Рециклинг металлолома	145
3.3.	Волочение металлов	150
3.4.	Монетное дело	155
3.4.1.	Монетное дело в Древней Греции	158
3.4.2.	Римские монеты	163
3.4.3.	Древняя технология чеканки	168
3.4.4.	Литые монеты Китая	169
3.4.5.	Роль монетного дела в развитии металлургии	171
Глава 4.	<b>ДРЕВНЯЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ТЕРМИНОЛОГИЯ</b>	173
4.1.	Происхождение термина «железо»	173
4.2.	Старорусская металлургическая терминология	176

Глава 5.	МЕТАЛЛУРГИЯ ЖЕЛЕЗА В СРЕДНЕВЕКОВЬЕ	181
5.1.	Пути прогресса	181
5.2.	Ландшафт – важнейший металлургический ресурс Средневековья	184
5.2.1.	Штюкофен и осмундская печь	187
5.2.2.	Каталонский горн	190
5.3.	Доспехи	194
5.3.1.	Кольчуга	196
5.3.2.	Пластинчатый доспех	201
5.3.3.	Облегченный доспех	203
5.3.4.	Рыцарский костюм определяет моду	204
5.3.5.	Рыцарский кодекс	209
Глава 6.	КАЧЕСТВЕННАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ СРЕДНЕВЕКОВЬЯ	211
6.1.	Белая жечь	211
6.2.	Металлургия высококачественных оружейных сталей	218
6.2.1.	Легенды и исторические свидетельства	219
6.2.2.	Терминология и классификация	225
6.2.3.	Технологии получения высококачественных сталей	230
6.2.4.	Ковка и закалка оружейного металла	236
6.2.5.	Русский булат	241
6.2.6.	Тайна литой стали	245
Глава 7.	ОГНЕСТРЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И МЕТАЛЛУРГИЯ ЧУГУНА	250
7.1.	Зарождение артиллерии	251
7.1.1.	Изобретение пороха	252
7.1.2.	Появление огнестрельной техники	257
7.2.	Становление и развитие артиллерии	262
7.2.1.	Появление артиллерии на Руси	262

7.2.2.	Развитие артиллерии во второй половине XIV–XV вв.	266
7.2.3.	Первые артиллерийские снаряды	273
7.3.	Пушечно-литейное производство	275
7.3.1.	Самостоятельный род войск	276
7.3.2.	«Медленная формовка»	278
7.3.3.	Баллистика – наука позднего Средневековья	281
7.3.4.	Русская бронзовая артиллерия XVI в.	283
7.3.5.	Царь-пушка – выдающийся памятник отечественного литейного искусства	290
7.4.	Чугун – главный металл цивилизации	297
7.4.1.	Роль Англии в развитии Европы в XVI в.	297
7.4.2.	Военные программы и развитие металлургии	302
7.4.3.	Агрегаты для производства чугуна	306
7.5.	Формирование двустадийной схемы «руда – чугун – ковкое железо»	310
7.6.	Древесный уголь	312
7.6.1.	Технология углежжения	314
7.6.2.	Энергетический кризис в Европе	320
Глава 8.	<b>НАЧАЛО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ НАУКИ</b>	324
8.1.	Жизнь учёного во времена Ренессанаса	324
8.2.	Научные труды Бирингуччо и Агриколы	332
Приложение 1.	<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ</b>	342
	Практическое занятие № 1. «Производство тигельной стали из железных руд»	342
	Практическое занятие № 2 «Производство кричного железа в сыродутных горнах»	348

Практическое занятие № 3 «Определение параметров процессов переработки железных руд в Средние века (IX–XVI в.)»	358
Практическое занятие № 4 «Определение минимальной потребности в производстве железа Московской Руси первой четверти XVII в.»	375
Приложение 2. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	383
Приложение 3. КРОССВОРД	404
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	413

*«Железо – не только основа всего мира, самый главный металл окружающей нас природы, оно основа культуры и промышленности, оно орудие войны и мирного труда».*

*А.Е.Ферсман*

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Одной из мировых тенденций развития высшей школы последних десятилетий является её гуманитаризация. Анализ опыта современного фундаментального образования показывает, что конкурентоспособный инженер помимо высококачественной профессиональной подготовки должен обладать знаниями, позволяющими ему успешно ориентироваться в экологических, социальных и психологических вопросах, связанных с последствиями реализуемых инженерных решений, а также неуклонно следовать канонам профессиональной этики. В этом отношении большие возможности предоставляет изучение индустриального наследия цивилизации и истории развития специальности во взаимосвязи с социально-политической историей общества. Необходимо отметить, что процессы, определяющие пути развития цивилизации, многообразны, взаимосвязаны и взаимозависимы, а закономерности их функционирования часто имеют сложный, синтетический характер.

Авторы предприняли, возможно, первую в России попытку систематизировать, проанализировать и изложить вышеупомянутые проблемы в рамках одного учебного пособия. Основой для учебника послужили материалы курса «История металлургии железа», преподаваемого в МИСиС с 1993 г. В учебник вошли материалы, охватывающие эпохи зарождения металлургического производства, Древнего Мира и Средневековья, но авторы предполагают в дальнейшем осуществить издание полного курса, включающего период вплоть до начала XX в.

## Глава 1. ЗАРОЖДЕНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

### 1.1. Периодизация истории человечества и металлургия

*«Когда варвар, продвигаясь вперед, шаг за шагом, открыл самородные металлы и научился плавить их в тигле и отливать в формы; когда он ...создал бронзу; и, наконец, когда еще большим напряжением мысли он изобрел горн и добыл из руды железо – девять десятых борьбы за цивилизацию было выиграно».*

*Генри Льюис Морган*

Периодизацию истории человечества принято осуществлять на основе достижения цивилизацией определенного материального уровня развития, т.е. типа орудий труда и идущих на их изготовление материалов. Эта, общепринятая в настоящее время естественноисторическая периодизация, была предложена в 1816 г. Христианом Юргенсом Томсен

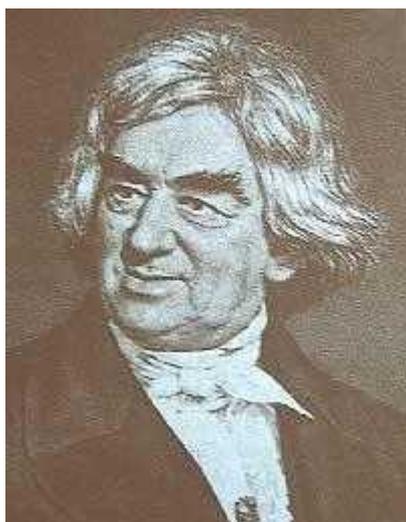


Рис. 1.1. Христиан Юргенс

Томсен (1788–1865 гг.)

ном (рис. 1.1) – удачливым датским коммерсантом и известным филантропом, получившим всемирную известность в качестве знатока древней истории человечества. Начиная с 1816 г., Томсен являлся руководителем Королевской комиссии по охране и содержанию памятников старины, и в значительной степени именно благодаря его усилиям был создан знаменитый Национальный музей в Копенгагене – до настоящего времени один из крупнейших и богатейших в Европе.

Особая заслуга Томсена состоит в последовательной систематизации археологических находок: распределяя их в хронологическом поряд-

ке, в зависимости от материала, из которого они были изготовлены, Томсен пришел к следующему делению антропогенной истории на три периода – «века»: каменный, бронзовый и железный. После того, как в конце XIX в. выдающимся французским химиком Пьером Бертло было установлено, что наиболее древние из известных металлических изделий были изготовлены не из бронзы, а из меди, к хронологической таблице был добавлен еще один век – «медно-каменный», и она приняла хорошо известную современную форму. В западной исторической терминологии в последние годы получил распространение термин «рабочий металл», предложенный английским археологом-металловедом Энтони Снодграссом, т.е. металл, выполняющий на данном этапе развития цивилизации основные технологические функции. Таким образом, согласно общепринятой строгой естественноисторической классификации мы, т.е. человечество, живем в настоящее время в железном веке, поскольку именно железо и его сплавы являются основным рабочим материалом современной цивилизации. Несмотря на быстрое развитие производства конструкционных пластмасс, алюминия и цемента, на ближайшую перспективу (по крайней мере, 100–200 лет) железо, безусловно, должно сохранить эти ведущие позиции.

Датировка исторических веков, периодов и эпох затруднена и зачастую принимается отдельными исследователями произвольно, в зависимости от учета тех или иных археологических находок. Существенное влияние на этот процесс в последние годы оказывают быстро и динамично развивающиеся современные методы исторических исследований: «практическая археология»<sup>1</sup>, сравнительная лингвистика праязыков, историческая этнография<sup>2</sup>, антропология<sup>3</sup> и иммунология<sup>4</sup>, новые способы глубокого математического анализа текстов старинных рукописей и описываемых в них астрономических событий. Однако следует отметить, что, как правило, новые изменения датировки событий антропогенной

---

<sup>1</sup> Наука, сформировавшаяся в 1970–80-х гг. и основывающаяся на воспроизведении в современных условиях методов древней техники и технологии

<sup>2</sup> Наука, изучающая происхождение, закономерности расселения, бытовые и культурные особенности народов и их видоизменения в процессе взаимодействия с другими народами

<sup>3</sup> Наука, изучающая происхождение и эволюцию человека, образование человеческих рас

<sup>4</sup> Наука о защитных свойствах человека, особенностях иммунитета и его передаче на генетическом уровне

истории производятся в сторону их «удревнения», и очень редко в сторону «омоложения» истории человеческой цивилизации. В дальнейшем описании различных исторических событий мы будем придерживаться общепринятой хронологической традиции (таблица 1.1).

Таблица 1.1

Соотношение общепринятой хронологии цивилизации  
с важнейшими событиями в истории металлургии

Исторические эпохи и периоды		Время	Основные «рабочие металлы»	Важнейшие события в истории металлургии		
Новейшая история		1900	Литая сталь	Электросталеплавильные печи Агломерационные процессы		
Новое время		1850		Чугун	Конвертор и мартеновская печь	
		1750	Каменноугольный кокс			
		1600	Двухстадийная схема: «руда – чугун - сталь»			
Средневековье	Позднее		1350	Прокатные и волочильные станы Молотовые фабрики Доменная печь		
	Раннее				500	Волочение железной проволоки
Древний мир	Железный век	Латенский период	Новая эра 0	«Осталенное» ковкое железо	Специализированные производства, развитие рециклинга (Римская империя)	
			до н.э.			
		500	Начало переработки шлаковых отходов (Древняя Греция) Синтетический чугун (Китай, Индия)			
	Галльштатский период	1200			Оловянная бронза	Рециклинг бронзового лома
		Поздний				2000
	Бронзовый век	Ранний	3000		Мышьяковая бронза	Металлические сплавы
Хальколит				4000		
Каменный век	Эпоха шлифованного камня	Неолит	6500	Самородное золото и медь	Тигельная плавка	
		Мезолит			40000	Ковка самородных металлов
	Эпоха тесаного камня	Палеолит	2,5 млн. лет			

Нетрудно заметить, что многие важнейшие революционные события в развитии цивилизации хронологически совпадают, а часто и определяются освоением новых метал-

лургических технологий, новых металлов и сплавов. Так, например, нельзя не обратить внимание на то, что начало собственно металлургического производства, связанного с освоением выплавки меди в специально устраиваемом для этого агрегате «волчьей яме» хронологически соответствует появлению предписменности, т.е. началу общения между людьми посредством абстрактных символов. Появление колесных повозок непосредственно следует за освоением производства первых мышьяковых бронз. По мнению большинства ученых-историков, переход к новой социальной организации человеческого общества – патриархату явился прямым следствием развития его производительных сил, что выразилось в освоении производства изделий из бронзы и перехода от медно-каменного века к бронзовому. Наконец, современная структура общественно-экономических отношений, основанная на денежном обращении, сложилась в привычном для нас виде в начале латенского периода железного века, когда железо собственно и стало основным металлом цивилизации. Таким образом, не будет большим преувеличением сказать, что история человеческой цивилизации в последние 10–12 тыс. лет по существу определяется развитием металлургии.

## **1.2. Минералы железа в древней истории человечества**

Одним из определяющих условий начала производства металла являются знания о минералах, данный металл содержащих. Эти минералы должны быть заметны, обращать на себя внимание, как своеобразным внешним видом, так и некими специфическими свойствами, которые древний человек мог использовать, в том числе и в архаичных термических процессах. Отметим, что все минералы железа, которые подробно рассматриваются ниже, подобными внешними данными и свойствами обладают в полной мере.

### 1.2.1. Основа цивилизации – камень

История первобытного человеческого общества была неразрывно связана с камнем и изделиями из него. Самые примитивные из этих изделий представляли собой обыкновенную речную гальку, оббитую с одного края. Возраст древнейших каменных орудий датируется периодом около 2,5 млн. лет.

Сначала наши пращуры использовали любую гальку. Однако, осваивая новые территории, они стали проявлять интерес к самым разнообразным горным породам. Трудно сказать, когда первобытный человек научился их различать, но то, что его излюбленным камнем на протяжении всего антропогена стал кремний, известно достоверно. Это пристрастие обусловлено удивительными свойствами кремня – его способностью при направленных ударах не раскалываться на куски, а давать тонкие отщепы и пластины с острыми краями. Оббив камень с разных сторон, древний человек получал ручное рубило и множество острых отщепов. И то и другое находило применение: рубила использовались для обработки дерева, отщепы – для резания мяса.

Прошло немало времени, прежде чем человек научился отделять от кремневых камней пластины. Это потребовало развития определенных навыков обработки камня. Они заключались в особой технике нанесения последовательных ударов: сначала от краев обрабатываемого предмета к центру, что напоминало «черепашью спинку», а затем перпендикулярно этой поверхности. «Черепашью спинку» скалывали несколькими точными ударами. Расщепляя таким образом камень, древний мастер получал одну или несколько пластин – прекрасный материал для изготовления наконечников копий, скребков и ножевидных инструментов. Именно в кремне была впервые найдена и воплощена форма таких известных орудий, как топор, серп, нож, молоток.

Высокими потребительскими свойствами обладали также яшма – крепкая и очень твердая порода, обсидиан и нефрит. Однако эти камни встречались и встречаются в природе значительно реже, чем кремний.

Покидая стойбище, древние люди, как свидетельствуют раскопки, оставляли множество заготовок и отходов производства кремневых орудий. Тащить их с собой было слишком тяжело, поэтому в поход отправлялись, захватив лишь часть готовых изделий. А потребность в них была очень велика. Об этом говорит тот факт, что при раскопках одной из стоянок древнего человека во Франции из земли было извлечено свыше 20 тыс. кремневых топоров.

К моменту, когда человеком впервые был выплавлен металл, мастерство поиска, добычи камней и изготовления из них орудий достигло небывалых высот и превратилось в настоящую индустрию. Удивительным техническим достижением людей эпохи неолита следует считать добычу кремней в настоящих шахтах с вертикальным стволом глубиной до 10 м с короткими штреками.

В неолите широко распространились наборные и шлифованные орудия из яшмы. Богатые ею регионы, например Южный Урал, стали поставлять этот материал и готовые изделия из него на соседние территории. Каменные топоры, сделанные из красно-зеленой, голубой, коричневой и многоцветной уральской яшмы, превратившиеся к тому времени в грозное боевое оружие, находят на стоянках неолита Западной Сибири, Казахстана и других регионов.

Итак, в древности люди хорошо знали многие минералы и умели использовать их свойства. Доказательством тому служат обнаруженные археологами на многих стоянках древнего человека острейшие кремниевые и обсидиановые ножи и наконечники стрел, топоры и молотки из нефрита и яшмы, рисунки на стенах пещер, сделанные минеральными красками.

Древнейшие из дошедших до наших времен сведения о камнях и опыте их использования содержат и письменные источники: древнеегипетские папирусы, индийский эпос (XI–X вв. до н.э.), китайские хроники (XX в. до н.э.). В древнем китайском сочинении «Сан-Хэй-Дин» («Сказание о горах и морях»), написанном на костяных, деревянных и

нефритовых пластинах и датируемом XX в. до н.э. описаны цвет, твердость, плавкость, и поисковые признаки 17 минералов, в том числе всех основных рудных минералов железа, которые далее рассмотрим подробно.

### 1.2.2. Гётит ( $\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O(OH)}$ ) (гидрогётит, лимонит, бурый железняк)

Этот экстравагантный минерал получил свое название в честь И.В. Гете – гениального поэта, а, кроме того, выдающегося натуралиста и знатока минералов. По-видимому, именно он, во всем многообразии его проявлений и стал первой рудой, из которой люди научились извлекать железо.

На земной поверхности железо в двухвалентной форме медленно выщелачивается из горных пород почвенными и речными водами, содержащими растительные гумусовые кислоты. На лугах и других открытых местах, в насыщенной кислородом воде озер оно окисляется до трехвалентного и осаждается в виде нерастворимого гетита, образуя «озёрные», «луговые» и «дерновые» руды (рис. 1.2). Отсюда происходит еще одно название гетита – лимонит – от греческого слова «леймон», что значит «мокрый луг» или «болото».



Рис. 1.2. Добыча «озёрных» и «луговых» руд

Строго говоря, лимонит это не минерал, а смесь различных минералов – гидроксидов железа, из которых главным и является гётит. По существу лимонит – «природная ржавчина», откуда (за характерный ржаво-бурый цвет) происходит другое его название «бурый железняк». Именно в болотах, озерах и на морском мелководье возникают необычные на вид лимонитовые руды. Лимонит таких руд напоминает бобы или мелкие птичьи яйца. Поэтому широкое распространение получили такие названия лимонита, как «бобовая руда» или «гороховый камень». Однако и это еще не полный перечень проявлений гетита: и пачкающие руки рыхлые охры, и лаково черные гроздья и почки, и каскады сосуллек, и нежно бархатные покровы и подушечки в трещинах и пещерах, и блестящие веера и алмазно-черные, либо рыжие иголки и волоски в кристаллах аметиста – все это гидроксиды железа, то есть, все это гетит или гидрогетит. Кроме того, гетит распространен в виде «бурой стеклянной головы» – красивых сферолитовых корок с лаково-черной поверхностью.

О том, как добывали лимонитовую железную руду наши предки, повествует, например, известный карело-финский эпос «Калевала»:

*...в болоте, под водою*

*Распростерлося железо...*

*Для себя защиты ищет*

*В зыбких топях и болотах*

*И в протоках быстротечных...*

*Из болот железо взяли,*

*Там на дне его отрыли,*

*Принесли его к горнилу.*

### 1.2.3. Гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

Гематит – минерал с великолепными внешними данными – красивой формой, сверкающими гранями, прекрасным, от стального до железно-черного цветом, с тем особенным красноватым оттенком который отчетливо выделяет гематит среди похожих на него минералов. Современное название этого минерала впервые встречается у Теофраста (древнегреческого естествоиспытателя и философа, жившего в 372–287 гг. до н.э. и написавшего трактат «О камнях»). Оно происходит от греческого слова «гэма» – кровь, что связано с вишневым или сургучно-красным цветом порошка минерала, как и синонимы гематита – «кровавик», «красный железняк». Еще один старинный синоним гематита – «железный блеск». Кристаллы гематита обладают высокими твердостью и плотностью, сильным полуметаллическим блеском, вишнево-красным цветом. Особые блестящие кристаллы таблитчатой формы раньше называли «спекуляритом», а тонкопластинчатые, иногда собранные в параллельные пакеты, – «железной слюдкой».

Весьма распространены сферолитовые коры гематита; в старину немецкие горняки называли их «Roter Glaskopf» – «красная стеклянная голова». Несравненно реже встречается другая форма расщепления кристаллов гематита – «железная роза», где пластинчатые кристаллы располагаются наподобие карт в развернутой колоде. Целятся «железные розы» наравне с самыми дорогими минералами. Знаменитые образцы происходят из Швейцарских Альп (Сен-Готард), хрусталеносных пещер приполярного Урала и Памира. Всемирной славой пользуются кристаллы и друзы гематита с острова Эльба, воспетые еще римским поэтом Вергилием. Гематит встречается также в плотных массах, в своеобразных порошковых выделениях («железная сметана»), а больше всего – в виде зернистых вкраплений в различных породах. В значительных количествах он выделяется при вулканических процессах. Известен факт, когда в 1817 г. при извержении Везувия всего за 10 суток образовалась метровая толща гематита.

Плотный гематит – великолепный минерал для вырезания различных фигурок. Именно от гематита происходит слово «гемма», обозначающее резной камень. В Древнем Египте и Вавилоне резной гематит широко использовался в качестве украшений, в Древней Греции резные камни на свой лад выполняли функции замков и ключей. Все то, что мы привыкли запирать, греки запечатывали личной печатью. Для изготовления таких печаток с углубленным изображением использовались чаще всего гематит и халцедон.

Другой сферой применения гематита была медицина. Знаменитый медик античности Диоскор называл гематит в числе пяти главных камней для врачевания (наряду с янтарем, лазуритом, нефритом и малахитом). Гематиту приписывалась способность заживлять кровоточащие раны, врачевать болезни мочевого пузыря и венерические заболевания.

Тонкий порошок гематита «крокус» в древности использовался для полировки золотых и серебряных изделий. Надо отметить, что абразивные свойства минерала, в отличие от медицинских, не потеряли своего значения и по сей день.

Однако, по-видимому, первым предназначением гематита стало его применение в виде минеральной краски. Древнейшая находка гематитовых красок в человеческих погребениях датируется примерно 40 тыс. лет до н.э. В 1954 г. во время раскопок стоянки «Маркина гора» у села Костенки Воронежской области на глубине 4,5 м была обнаружена могила, дно которой и кости скелета были обильно присыпаны мелкой красной охрой. Большую известность получила и другая находка минеральных красок: красных (из оксидов железа) и зеленых (из оксидов меди) во время раскопок около деревни Малая Сья у восточных отрогов Кузнецкого Алатау. Вообще, практически все известные человечеству фрески каменного века, созданные 15–20 тыс. лет назад, написаны красными и коричневыми оксидами и гидроксидами железа. Таковы изображения бизонов Альтамирской пещеры (Испания), оленей пещеры Фон-де-Гом (Франция), мамонтов Капской пещеры (Сибирь), антилоп, быков и охотников в Тассили (Алжир).

Красная гематитовая краска – мумия – являлась обязательным компонентом мумифицирования у древних египтян (откуда и происходит ее название). Амулеты из гематита в строго определенном порядке укладывались между бинтами мумий фараонов. Вплоть до Средневековья единственной желтой краской была охра. Она изготовлялась путем смешивания гематита с мелом. Лучшими охрами эпохи античности считались аттические, а также добываемые на островах Скирос и в Ахайе (Балканы). Позднее краску желтого цвета стали изготавливать из смеси оксида свинца с суриком.

Наконец, удивительные кристаллы кровавика («камня скорпиона») находили особое применение в Средневековой магии. Только при наличии на пальце перстня с кровавиком средневековый маг мог дерзать вызывать к общению духов умерших.

#### 1.2.4. Сидерит ( $\text{FeCO}_3$ )

Еще одним претендентом на звание первого рудного минерала железа в истории человечества является сидерит. Его природные проявления являются, пожалуй, наименее эффектными среди других железных руд. Они представляют, как правило, почки, конкреции или оолитовые (шаровидные) текстуры многочисленных коричнево-желтых оттенков.

Название минерала происходит от греческого слова «сидерос» – железо (которое, в свою очередь обозначает также звезду, т.е. железо это звездный металл – металл, приходящий с неба). Существует, однако, и другая версия происхождения слова сидерос, получившая распространение в последние десятилетия. Согласно этой версии греческое «сидерос» имеет кавказское происхождение от корня «сидо», что означает «красный». Важным обстоятельством, подтверждающим эту версию, является общепризнанный факт, говорящий о том, что родиной рудного железа является Малая Азия, откуда посредством легендарного народа кузнецов – халиберов, о железе узнали и древние греки. Отсюда же происходит еще одно название минерала – халибит. Другие распространенные названия: гирит, флинц, железный шпат, белая руда.

Особенно большое значение сидеритовые руды сыграли в развитии металлургии железа раннего средневековья, когда главным центром его производства стал Альпийский регион. Именно в Альпах находятся известные месторождения сидерита: Нейдорф и Эрцберг, а также знаменитая «Железная гора» – Айзенерц.

#### 1.2.5. Пирит и марказит ( $\text{FeS}_2$ )

Название «пирит» происходит от греческого слова «пирос» – огонь, огнеподобный. Удар по нему рождает искры, поэтому в древности кусочки пирита служили идеальным кресалом. Свое второе имя «колчедан» минерал получил в XVI в. – оно было присвоено пириту выдающимся немецким учёным Агриколой (Георгом Бауэром) и также имеет греческие корни, поскольку происходит от названия греческого полуострова Халкидики, богатого различными рудами. Впоследствии название «колчеданы» распространилось и на весь класс сульфидов, подобных пириту, а собственно пирит стали называть железным или серным колчеданом.

Желтый цвет пирита иногда маскируется бурой или пестрой побежалостью, поскольку он часто содержит примеси мышьяка, кобальта, никеля, реже – меди, золота, серебра. Самым характерным в облике минерала является форма его кристаллов – чаще всего это куб. Самый крупный из известных кристаллов пирита, размером 50 см по ребру был найден близ города Ксанти в Северо-Восточной Греции. В Древней Индии кристаллы пирита выполняли роль амулета, защищавшего от крокодилов.

В природе пирит широко распространен и очень заметен. Он буквально бросается в глаза золотистым цветом, ярким блеском почти всегда чистых граней, четкими кристаллическими формами. По этим причинам пирит известен с глубокой древности. Цветом и блеском он напоминает латунь, и даже золото, за что заслужил когда-то снисходительное прозвище «кошкино золото». Еще ярче блестит полированный пирит. Из полированного пирита делали зеркала древние инки. Древнейшими известными месторождениями пирита

являются Рио-Тинто и Новохун (Испанские Пиренеи), Рио-Марина (остров Эльба), Уральские горы.

Удивительным свойством пирита является замещение его кристаллами в восстановительной обстановке органических останков. При этом образуются эффектные окаменелости: пиритизированные раковины, куски древесины и даже целые фрагменты стволов и других частей растений и пр. Процесс замещения может идти очень энергично: в известном случае «фалунского человека» тело рудокопа, погибшего в глубокой (свыше 130 м) выработке, было полностью замещено пиритом всего за 60 лет. При этом полностью сохранился внешний вид человека. Возможно, отсюда и происходит знаменитая легенда о «каменном госте», известная у многих народов мира.

Марказит имеет тот же химический состав, что и пирит, но иную кристаллическую структуру и встречается гораздо реже пирита. В античные времена пирит и марказит отождествляли. Немецкие горняки позднего Средневековья, называя оба этих минерала серными колчеданами, все же выделяли марказит в особую разновидность «копьевидный», «лучистый», «гребенчатый» колчедан.

Лишь в 1814 г. выдающийся минералог Гаюи убедился в том, что марказит – особый минерал, а в 1845 г. австрийский минералог В.К. Хайденгер составил его первое научное описание и закрепил название «марказит». Древнее арабское «марказит» первоначально обозначало также пирит, сурьму и висмут. Ювелиры до сих пор называют пирит «марказитом».

#### 1.2.6. Магнетит ( $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_4$ )

Магнетит очень тяжелый минерал, обладающий полуметаллическим «тусклым» блеском, железно-черного цвета, с синей или радужной побежалостью. Для магнетита характерны черно-серые кристаллы.

По одной из легенд, как сообщает римский ученый Плиний, магнетит был назван в честь греческого пастуха Магнеса. Магнес пас свое стадо на одном из малоприметных плоскогорий в Фессалии и вдруг его посох с железным наконечником и его подбитые гвоздями сандалии притянула к себе гора сложенная сплошным серым камнем. Именно магнитность является редчайшим среди минералов отличительным свойством магнетита. О магнетите писали многие ученые и поэты древнего мира и Средневековья: Аристотель посвятил ему специальное сочинение («О магните»), Лукреций и Клавдиан описывали в стихах («...у железа магнит заимствовал жизнь и сила железа пищею служит ему...»), в сказках «Тысяча и одна ночь» рассказывается о магнитной горе среди моря, сила притяжения которой была столь велика, что выдергивала гвозди из кораблей, которые тут же разрушались и тонули.

Изучая таинственную силу магнитного железяка, древнегреческий философ Фалес из Милета писал: «...магниту, как и янтарю, присуще некое подобие души...». Однако реальное применение магниту, по-видимому, впервые было найдено в Китае, где во II в. до н.э. был изобретен компас. Древнейшие из известных компасы в странах Востока имели вид маленькой тележки, на которой сидел железный человечек и указывал протянутой рукой на юг.

Таким образом, задолго до открытия металлов, минералы железа привлекали к себе внимание человека и широко им использовались. Поэтому можно с уверенностью утверждать, что «случайное» открытие способа выплавки железа из руды было хорошо подготовлено всей предыдущей историей развития цивилизации.

### **1.3. Закономерности в появлении и развитии металлургии**

Как же произошло первое знакомство человека с металлом и откуда берет свое начало металлургическое производство? По современным представлениям первыми метал-

лами, с которыми мог познакомиться древний человек, являются, так называемые «самородные», к наиболее распространенным из которых относятся золото и медь. Серебряные самородки встречаются в природе значительно (в 20–30 раз) реже, чем золотые и медные, кроме того, они обладают менее привлекательным и ярким блеском, вследствие чего серебро вряд ли может претендовать на роль «первого» металла человеческой цивилизации. Правда, по мнению некоторых исследователей, эту роль мог сыграть и металл неземного происхождения, а именно метеоритное железо, которое могло привлечь внимание наших предков не только внешним видом, но и характерными явлениями, сопровождающими падение метеорита. Независимо от того, какой из упомянутых металлов был первым, привлечшим внимание человека, несомненно, что на протяжении эпохи «тесаного камня» у наших предков было достаточно времени для овладения примитивными методами металлообработки, т.е. прежде всего, приемамиковки (пластической деформации) металлов в холодном состоянии.

Отметим, что не только благородные металлы могут в земных условиях присутствовать в самородной форме. Известно, что в виде чистого металла в природе обнаруживается железо, а также и такие экзотические металлы как цинк или алюминий. Самородное (теллурическое, от латинского слова «теллус» – земля) железо встречается в виде мелких листочков и чешуек, вкрапленных в горные породы, чаще всего в базальт. Оно может также образовывать небольшие сплошные кусочки неправильной формы. В XX в. самородное железо находили, например, на острове Диско вблизи побережья Гренландии, в Германии (у города Кассель), во Франции (в департаменте Овернь), в США (в штате Коннектикут). Теллурическое железо всегда содержит значительные количества никеля, а также примеси кобальта, меди и платины (от 0,1 до 0,5 % (масс.) каждого элемента), оно, как правило, очень бедно углеродом. Различают два вида теллурического железа: аварит (содержание никеля до 2,8 % (масс.)) и джозефинит (до 50 % (масс.) и более никеля). Са-

морозное железо хорошо поддается ковке и, в принципе, могло бы использоваться древним человеком, если бы не его исключительная редкость.

Известны также находки самородного чугуна (сплава, содержащего от 3 до 5 % (масс.) углерода), например, на островах Русский (на Дальнем Востоке) и Борнео, а также в бухте Авария-Бэй (Новая Зеландия), где самородный чугун был представлен минералом когенимом – железоникелькобальтовым карбидом  $(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Co})_3\text{C}$ . Теллурическое железо или чугун, по современным представлениям, могли образоваться при взаимодействии высокотемпературной расплавленной магмы с каменным углем или при подземных пожарах угольных пластов на поверхности их контакта с железной рудой.

Собственно металлургическое производство, т.е. процесс извлечения (экстракции) металлов из руд, берет свое начало в эпоху «неолитической революции»<sup>1</sup> (10–6 тыс. лет до н.э.), когда человечеством была освоена технология термической обработки изделий. Первыми такими изделиями были керамические, а первым термическим агрегатом – костер без принудительного дутья, обеспечивающий температурный уровень 600–700 °С. С этого момента начинается постепенный рост температурного потенциала цивилизации, т.е. температурного уровня термообработки изделий и извлечения металлов из руд (рис. 1.3). Невозможно заметить ступенчатый характер кривой роста температуры, что можно объяснить следующим образом. Скачки в ходе кривой объясняются освоением и внедрением в производство новых более совершенных термических устройств, пологие участки монотонного медленного увеличения потенциала связаны с постепенным усовершенствованием конструкции уже известных агрегатов.

Температуры, необходимые для экстракции некоторых металлов из руд и термомеханической обработки основных материалов и металлов древности, иллюстрируются диаграммой, представленной на рис. 1.4. Её данные говорят о том, что для производства того или иного материала человечеством должен быть достигнут определенный прогресс в

---

<sup>1</sup> Сущность неолитической революции определяется большинством ученых как переход от присваивающего хозяйства к производящему

развитии конструкций термических устройств и технологии термообработки. В табл. 1.2 представлены основные термические устройства (печи) и уровень температур, который они обеспечивали.

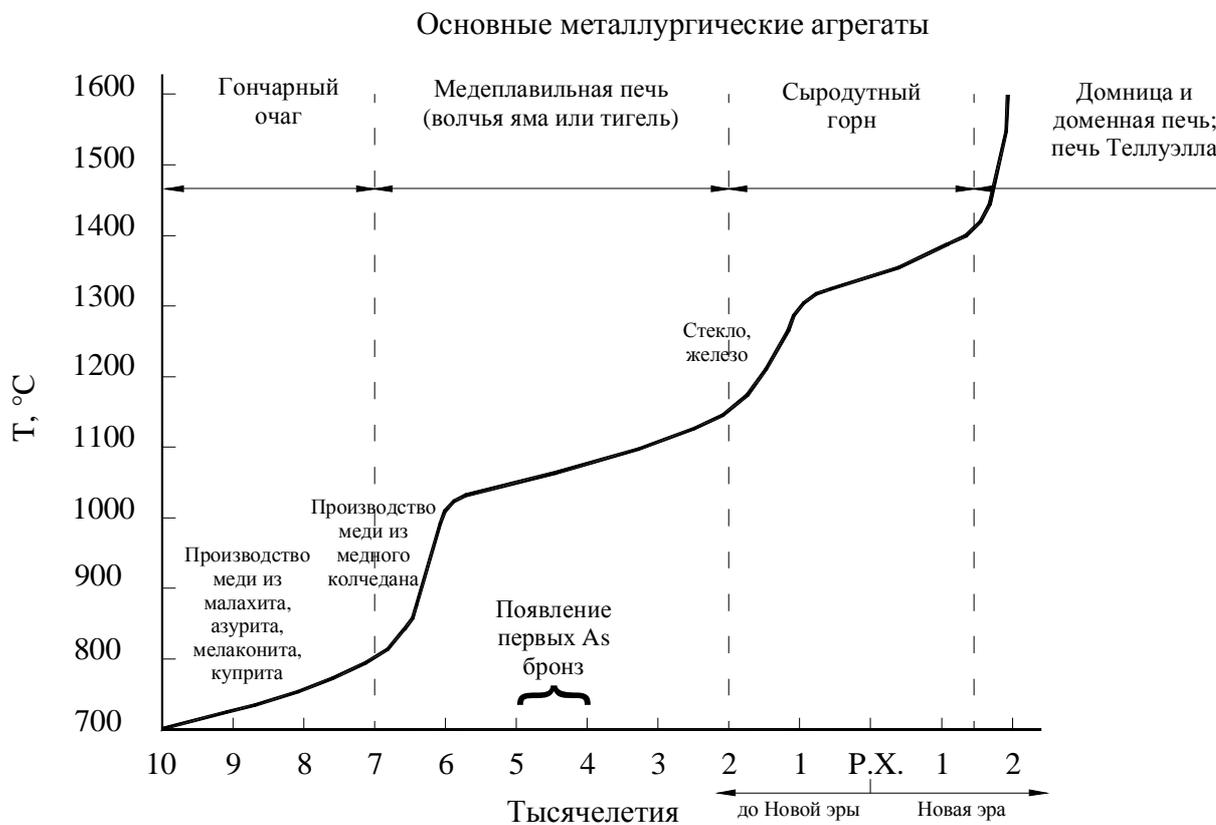


Рис. 1.3. Температурный уровень термообработки изделий и извлечения металлов из руд

Таблица 1.2

Основные термические устройства (печи) и обеспечиваемый ими уровень температур

Тип агрегата	Температурный уровень, °C
Костер без принудительного дутья	600-700
Гончарный очаг (горн) – печь с принудительным дутьем, подаваемым с помощью трубок от легких человека или от мехов, предназначенная для обжига керамики и тигельной плавки металлов)	700-950
«Волчья яма» – первый специально устраиваемый агрегат для экстракции металлов из руд	900-1200
Сыродутный горн	до 1300
Домница и печь Теллуэлла для стекловарения	свыше 1300

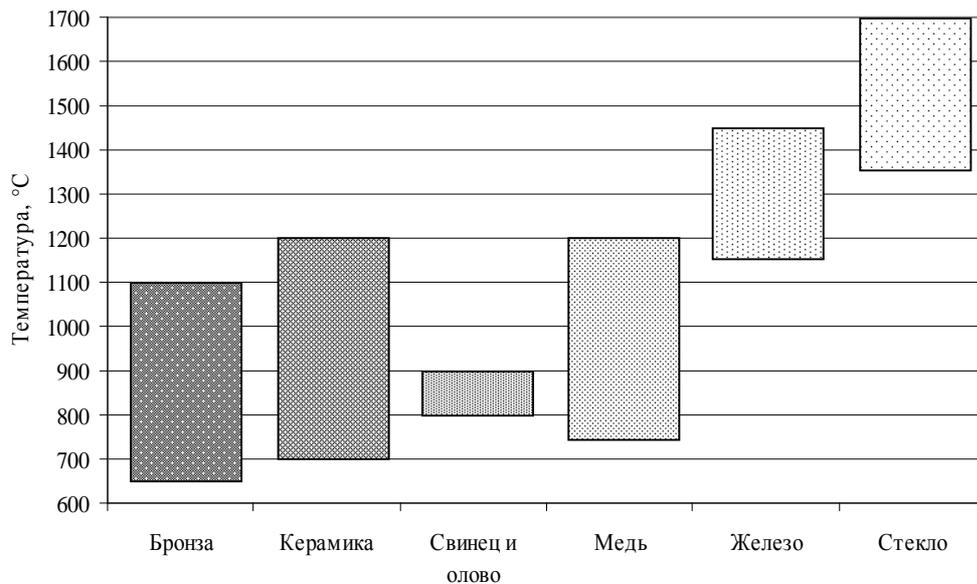


Рис. 1.4. Температурный уровень производства основных материалов древности

Однако достижение определенного температурного потенциала не является достаточным условием для производства нового материала (металла) и изделий из него. Необходимо выполнение еще нескольких условий:

- знания о минералах, содержащих извлекаемые металлы, или о минералах, использование которых совместно (в виде шихты, представляющей собой совокупность твердых сыпучих материалов, загружаемых в металлургический агрегат) позволяет получить металл (сплав) с необходимыми свойствами;
- конструкция агрегата должна предусматривать не только обеспечение необходимой температуры, но и условия для восстановления металла из его рудного минерала (как правило, оксида);
- наличие навыков и умений механической и термической обработки вновь получаемых металлов или материалов для придания им соответствующего товарного вида и потребительских свойств.

Исходя из вышесказанного, наиболее вероятным представляется постепенное «открытие» новых материалов и металлов для цивилизации первоначально в качестве побочных продуктов или отходов уже освоенных ранее производств. Так, например, первые ка-

пли – «корольки» – меди или железа могли быть получены в процессе обжига керамических изделий, для окрашивания которых применялись их легковосстановимые (легкоразлагаемые) минералы: медьсодержащие глины различных зеленых оттенков с вкраплениями минералов малахита, азурита, куприта или железосодержащие глины различных красно-коричневых оттенков, окраска которых обусловлена присутствием таких минералов как гематит или лимонит. Железистые или медистые шлаки с вкраплениями корольков металла могли также получаться в процессах производства глазури или обработки комплексных руд при выплавке из них серебра или свинца. Таким образом, процесс постепенного освоения цивилизацией новых металлов и материалов можно наглядно представить следующей схемой (рис. 1.5).

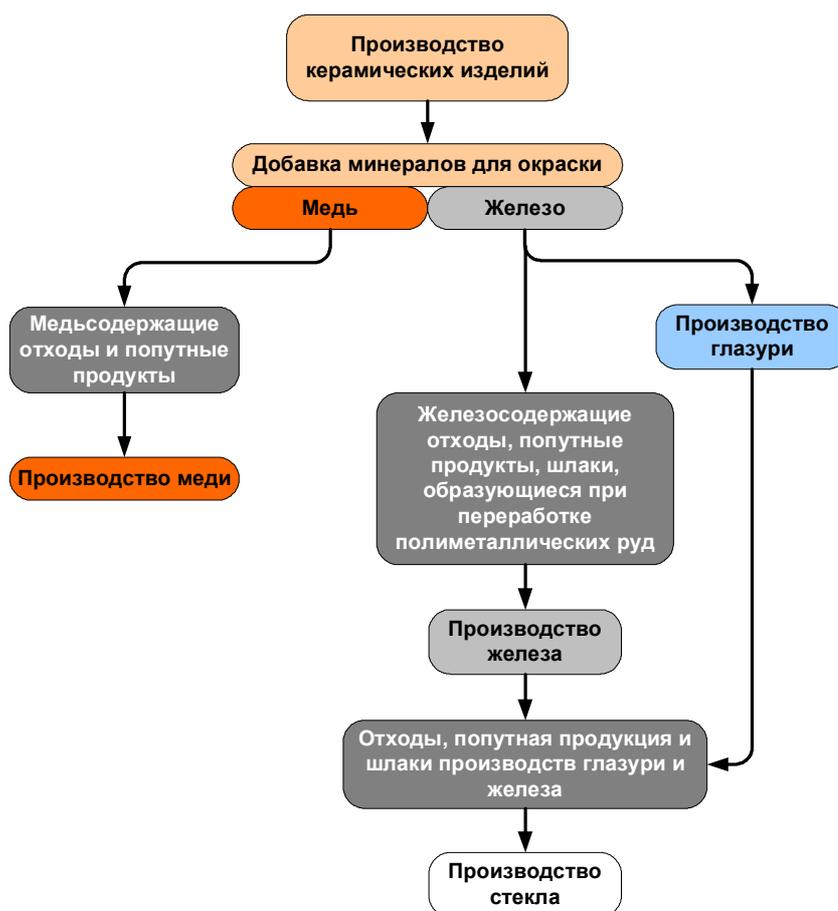


Рис. 1.5. Процесс постепенного освоения цивилизацией новых металлов и материалов

Ключевым моментом изложенной выше гипотезы является *многократная повторяемость* технологического процесса получения того или иного вида продукции и, соответственно, тех или иных отходов производства, которая не могла не обратить на себя внимание древнего мастера. В пользу этой гипотезы говорят также еще два обстоятельства: во-первых, практически все основные материалы цивилизации длительное время не получали широкого распространения при производстве орудий труда, являясь материалом для изготовления мелких (как правило, ювелирных) изделий; во-вторых, большинство разрабатываемых в древности месторождений, являлись полиметаллическими и шлаки, находимые в районах этих месторождений (места добычи и обработки металлов в то время совпадали), соответствуют хронологической последовательности производства «медь → серебро и свинец → железо», а не наоборот.

Таким образом, близкое общение человека с металлами насчитывает не менее 12 тыс. лет, однако древнейшие археологические находки металлических предметов имеют существенно менее почтенный возраст. Древнейшие изделия из золота и меди найдены в Египте и Малой Азии и датируются VII тыс. до н.э. Они представляют собой бусинки, колечки и подвески. В Малой Азии обнаружены также шлаки от плавки медной руды.

Древнейшими изделиями из свинца считаются найденные в Малой Азии при раскопках Чатал-Хююка бусы и подвески и обнаруженные в Ярым-Тепе (Северная Месопотамия) печати и фигурки. Эти находки датируются VI тыс. до н.э. К тому же времени относятся и первые железные раритеты, представляющие собой небольшие крицы, найденные в Чатал-Хююке. Старейшие серебряные изделия обнаружены на территории Ирана и Анатолии. В Иране их нашли в местечке Тепе-Сиалк: это пуговицы, датируемые началом V тыс. до н.э. В Анатолии, в Бейджесултане, найдено серебряное кольцо, датируемое концом того же тысячелетия.

Разница в несколько тысячелетий между предполагаемым знакомством человека с металлами и известными их раритетами, по мнению специалистов, объясняется чрезвы-

чайной редкостью и высокой ценностью металлических изделий в те далекие времена, что не позволяло помещать их в захоронения даже самых уважаемых членов общества. Однако, с точки зрения проблемы использования ресурсов, вышеупомянутое обстоятельство можно оценить и по-другому. Понятно, что вопрос об отходах металлургического производства имеет такой же возраст, как и сама металлургия. Рано или поздно металлические изделия теряли свои потребительские качества, даже в те времена, когда они использовались только в виде украшений. Но в отличие от предметов из камня и керамики, разрушение которых было необратимым, металлические изделия могли быть восстановлены. Таким образом, с освоением технологий экстракции и металлообработки, человечество вступило в эпоху принципиально новых производственных отношений – в эпоху глобального рециклинга ресурсов.

Для овладения технологией широкого кустарного (в современном понимании этого слова, а для эпохи Древнего Мира – промышленного) производства бронзы человечеству понадобилось не менее двух тысяч лет, а для железа – от трех до пяти тысяч (в зависимости от того, какие археологические раритеты принимать во внимание). В результате началом железного века большинством ученых считается время около 1200 г. до н.э.

Причина долгого освоения технологии изготовления из ковкого железа орудий труда с потребительскими свойствами, превышающими качественные характеристики бронзовых изделий, заключается в сложности процесса насыщения углеродом (т.н. «осталивания» или «цементации») их поверхности. Процесс изготовления изделий из осталенного ковкого железа был длительным и трудоёмким. Многочисленные исследования последних лет экспериментально доказали, что для получения науглероженного слоя, толщиной в 5 мм, необходимо было выдерживать предмет в восстановительной среде (как правило, в закрытом сосуде, где изделие или железная полосовая заготовка перекладывалась рогами и копытами животных), в течение не менее 9 ч. и при температуре более 900 °С.

Период с 1200 до 500 гг. до н.э. получил название «галльштатского» или раннего железного века. Его название происходит от небольшого городка Hallshtatt в Австрии, вблизи которого в середине XX в. профессорами Феттерсом (Австрия) и Шаабером (Германия) были проведены обширные археологические раскопки. В ходе раскопок были обнаружены поселения, могильники, рудники, большое количество предметов вооружения и орудий труда, датируемых IX–VII вв. до н.э. По современным представлениям именно эти находки в наибольшей степени отражают структуру развития металлургического производства, характерную для раннего железного века. Галльштатский период, как правило, определяется как переходный от бронзового века к собственно железному, поскольку в это время общее количество изделий из бронзы существенно возрастает по сравнению с предыдущей эпохой, а железо лишь постепенно «осваивает» все новые виды орудий труда и только к концу галльштатского периода становится металлом цивилизации номер один.

Латенский период железного века берет свое название также от географического региона, а именно от названия залива Ла-Тен Невшательского озера в Швейцарии. Данный период характеризуется вытеснением железом всех остальных известных в то время металлов из военной и производственной сфер. Таким образом, на долю золота, серебра, меди, бронзы и т.п. остается сфера изготовления предметов роскоши, искусства, ювелирного дела, монет и т.п. Временные рамки латенского периода обычно устанавливаются с V по I в. до н.э.

В период с I в. до н.э. по V в. н.э. в металлургии возникает разделение труда при производстве железных и стальных изделий, что наиболее характерно для Римской империи – крупнейшего рабовладельческого государства эпохи Древнего Мира. При рассмотрении дальнейших периодов, связывающих наиболее важные события в истории цивилизации и металлургии, мы будем придерживаться общепринятой хронологической последовательности: Средневековье (VI–XVI вв.), Новое и Новейшее время (с XVII в. до настоящего времени).

#### 1.4. Древние металлы

В настоящее время наиболее распространенной является следующая версия знакомства человека с металлами. Сначала наши пращуры обратили внимание на самородные золото и медь. Затем они познакомились с метеоритным железом и самородным серебром. Следующим шагом на пути прогресса стало освоение добычи рудного (жильного) золота и выплавки меди из легковосстановимых руд. В дальнейшем были изобретены способы производства меди, свинца, серебра и ртути из сульфидных руд. После этого были освоены технологии получения бронзы и рудного железа. Наконец, еще одним металлом, открытым человечеством, стало олово. Перечисленные металлы получили особое название: «семь металлов Древности». Еще в эпоху Древнего Мира они были сопоставлены с семью небесными объектами, которым древние люди приписывали особые магические свойства (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Семь металлов Древности

Металл	Цвет	
	по древнейшему вавилонскому гороскопу	по представлениям средневековых алхимиков
золото	желтый	желтый
серебро	зеленый	белый
медь	красный	зеленый
железо	синий	красный
ртуть	пурпурный	пурпурный
олово	белый	синий
свинец	черный	черный

Необходимо иметь в виду, что в древности мастера-металлурги должны были быть специалистами во многих вопросах: добычи руд, производстве древесного угля, экстракции из руд металлов и собственно металлообработки. Рассмотрим вышеупомянутые ме-

таллы и технологии, применявшиеся древними металлургами, по мере их освоения цивилизацией.

#### 1.4.1. Золото

Первыми золотоносными месторождениями, освоенными человеком, были россыпные. Золотые самородки находились в массе аллювиальных песков и гравия, представлявших собой продукты разрушения горных золотоносных пород, которые в течение длительного времени подвергались действию речных потоков. Поэтому древнейшие украшения из золота представляли собой именно золотые самородки, обработанные в форме бисеринок холодной ковкой. Эти отшлифованные бусинки выглядели как цветные камни, нанизывавшиеся вместе в различных сочетаниях. Об этом свидетельствуют археологические находки наиболее ранних украшений из золота, сделанные в долине Нила и в Малой Азии, датируемые VII тыс. до н.э.

Древнейший способ обработки золотоносной породы был очень прост. Песок и гравий отмывали в проточной воде, уносившей легкие материалы, а тяжелые частицы и, тем более, самородки золота оставались на промывочном лотке – первом горно-металлургическом инструменте цивилизации. Функцию лотка первоначально выполняла грубая ткань, что нашло отражение в древнеегипетской иероглифике: известный египтолог Лепсуис установил, что первым иероглифом, обозначающим у египтян золото, был символически изображенный кусок ткани, с которого стекала вода. В дальнейшем иероглиф, обозначающий золото, изменился и стал изображаться тремя кольцами. По одной из версий такую форму золотым слиткам придавали для удобства транспортировки и учета. Можно также допустить, что к этому времени соотношение в добыче золота изменилось в пользу рудных месторождений. При этом в технологии добычи появились более сложные и трудоемкие процессы – отделение руды от горной породы и ее измельчение.

Рудное золото стали добывать из жил, пронизывающих кварцевые породы – отсюда происходит еще одно его название «жильное золото». С древнейших времен известны месторождения жильного золота в Аравийской пустыне, в горной стране Этаби. Золото здесь находилось в кварцевых жилах, пронизывающих гранитные породы и кристаллические сланцы, ему сопутствовали минералы свинца, цинка и железа.

Способ добычи жильного золота практически не менялся в течение нескольких десятков столетий. Он был подробно описан греческим автором Агатархидом, посетившим египетские золотые рудники во II в. до н.э. Оригинал рукописи Агатархида не дошел до наших дней, однако, он почти полностью был процитирован в произведениях известного римского историка Диодора Сицилийского.

Для раздробления горной породы применялись огонь, вода и деревянные клинья. Около разрабатываемого участка породы разводили костер, породу накачивали, а затем быстро охлаждали, обильно поливая водой. В образовавшиеся трещины вбивали деревянные клинья, которые также поливались водой. Разбухая, они раскалывали горную породу. Обломки рудной породы снова нагревали в пламени костра, резко охлаждали и дробили молотами и кирками непосредственно в шахтах.

Раздробленную руду извлекали из шахт, глубина которых достигала 90 м, в плетеных корзинах или кожаных мешках. Затем ее толкли в больших каменных ступах до величины гороха, после чего мололи в ручных мельницах до мелкого порошка. Из такого материала золото можно было извлечь с помощью уже хорошо известной технологии отмывки, которую к этому времени стали осуществлять на специальных устройствах – промывочных столах. Вот как описывается этот процесс Диодором Сицилийским: «Сперва на широкой и слегка наклонной каменной доске раскладывается этот растертый в порошок камень, а затем поливается водой и размешивается. Затем его часть, содержащая землю, размытая посредством влаги, течет по наклонной доске вниз, а золото вследствие тяжести остается на доске. Рабочие повторяют эту операцию несколько раз, причем слегка расти-

рают вещество руками до тех пор, пока на доске не остаются только крупинки золота».

Отмытое золото сплавляли в небольшие слитки.

В середине XX в. на местах, где находились древние золотые рудники, археологами были обнаружены мельницы, дробилки и остатки каменных столов для обработки измельченной золотой породы. Наибольшую известность получили рудники в египетских районах Вади Аббаса и Икита, а также эфиопском – Бени-Шагул. О том, что Эфиопия очень богата золотом, писал еще Геродот, сообщавший, что два эфиопских племени на севере страны «доставляют в дар царю каждые три года два хеника (литра) самородного золота».

В III тыс. до н.э. жильное золото добывалось на территории Европы и Азии практически из всех известных его месторождений. Многие из них были выработаны уже к началу латенского периода железного века. Значительные запасы золота находились на Балканском полуострове и островах Эгейского моря.

Геродот особо отмечает месторождение на острове Сифнос: «Сифнос процветал и был самым богатым из всех островов. На нём были золотые и серебряные рудники, такие богатые, что на десятину доходов с них сифнийцы воздвигли в Дельфах одну из самых пышных сокровищниц. Ежегодно граждане острова делили доходы между собой».

О месторождениях золота во Фракии в античных источниках имеется множество свидетельств, подтверждающих их особое значение. Существует версия о том, что добыча золота на горе Пангее была начата ещё финикийцами, и с этим связано легендарное богатство их царя Кадма.

Самым знаменитым из фракийских рудников был Скаптегила (Скаптесула), он продолжал разрабатываться в эпоху Римской Империи, и был неоднократно упомянут в произведениях римского поэта Лукреция. В начале IV в. до н.э. Фракийскими месторождениями завладела Македония. Как отмечал В.И. Вернадский: «Золотые рудники Пангеи явились основой ее (Македонии) могущества. Эти древние рудники были захвачены Фи-

липпом II. Разработка их была проведена им очень энергично, дала сразу много золота и довольно быстро привела к их значительному истощению».

Кроме Балкан, крупные запасы золота в Европе находились на территории современных Испании, Франции, Венгрии, Румынии, Австрии, их разработка была начата древними иберами, кельтами, франками и даками. Главной золотоносной провинцией древней Европы была Иберия, которая стала затем называться карфагено-финикийским словом «Испания», перешедшим впоследствии и в латинский язык. Первым из золоторудных регионов Иберии стал разрабатываться юго-восточный (там находятся Андалусские горы). Здесь впервые в Европе, и практически одновременно с Древним Египтом, Месопотамией и Индией, появились украшения из холоднокованого самородного золота.

Вторым, по времени освоения, золоторудным регионом Иберии стал юг полуострова. В конце II тыс. до н.э. здесь возникло, основанное этрусками, государство Тартесс. 700–500 г. до н.э. – эпоха расцвета Тартесса и южных золотых промыслов провинции Сьерра-Морена. Но около 500 г. до н.э. столичный город Тартесс был завоеван карфагенянами и, видимо, разрушен, так как местонахождение его до сих пор не установлено.

Третий рудный район Иберии – северо-запад полуострова. Его расцвет пришелся на период Римской Империи. Именно здесь римляне впервые создали своё самое грандиозное горнодобывающее предприятие – знаменитые римские арругии (техногенные золотые россыпи). Дело в том, что золото в этом районе находилось не в отдельных кварцевых жилах, а в толще нижнепалеозойских песчаников и сланцев. Огромные по площади и по мощности рудные участки, гористый рельеф, рыхлость пород – всё это подсказало изобретение нового способа золотодобычи. Сначала обрушивали всю рудовмещающую породу. Для этого в ней делали параллельные штольни длиной до 450 м с постепенно вынимаемыми перемычками и подпорками. В результате происходило обрушение и раздробление породы. Затем эта горная масса размывалась водами из водохранилищ, специально устраиваемых на уровне 50–100 м выше горных разработок. Из созданных таким образом

россыпеш извлекалось золото. Именно по такой технологии и добывалась большая его часть для Римской империи.

В древнеегипетских и шумерских текстах часто можно найти упоминания о разновидностях употреблявшегося в древности золота. Усматривалось различие в его происхождении: «речное», «горное», «скалистое», «золото в камне», а также по цвету. Цвет нерафинированного золота зависит от его природных примесей: меди, серебра, мышьяка, олова, железа и пр. Древние металлурги принимали все эти сплавы золота за разновидности самого золота. Археологами найдены древние золотые изделия, охватывающие большую гамму цветов: от тускло-жёлтого и серого до различных оттенков красного цвета.

Золото различных желтых оттенков по своему составу приближается к чистому золоту и содержит лишь небольшие примеси серебра или меди. В сером золоте высока доля серебра, которое на поверхности изделия со временем превращается в хлорид, разлагающийся на свету с выделением микрокристаллов серебра, придающих поверхности сероватую окраску. Розовые и пурпурные оттенки золота обусловлены присутствием в нём примесей меди. Золото красно-коричневых цветов содержит в значительных количествах и медь и железо.

Технология очистки (рафинирования) золота от примесей была изобретена шумерами в начале III тыс. до н.э. Её описание содержится в рукописях библиотеки ассирийского царя Ашшурбанипала, а также приводится вышеупомянутым Агатархидом. Согласно этой технологии золото плавил вместе со свинцом, оловом, солью и ячменными отрубями в специальных горшках, изготовленных из глины, смешанной с костной золой. Образующийся шлак впитывался пористыми стенками горшка, а на его дне оставался очищенный сплав золота с серебром. Таким образом, из золота удалялись все примеси, кроме серебра. В одной из рукописей библиотеки Ашшурбанипала содержится гимн богу огня Гибилу: *«О, Гибиль, ты расплавляешь медь и свинец, ты очищаешь золото и серебро...»*

Именно на золоте человеком впервые были освоены металлургические приёмы холоднойковки и литья металлов. Отдельные этапы работы золотых дел мастеров изображены в стенных росписях некоторых гробниц фараонов IV–VI династий. Известность получило изображение процесса изготовления золотой отливки, найденное в гробнице фараона Мереруба (рис. 1.6), на котором можно видеть чиновника, отвешивающего необходимую порцию золота, и писца, записывающего его количество. Далее следует изображение шести человек, раздувающих горн специальными дутьевыми трубками. Затем мы видим мастера, разливающего расплавленный металл из тигля в форму, стоящую на земле, и его помощника, задерживающего шлак. На завершающей стадии операции двое кузнецов отбивают слиток камнями, придавая ему товарный вид.



Рис. 1.6. Процесс изготовления золотой отливки в Древнем Египте  
(VI династия Древнего царства, 2315–2190 гг. до н.э.)

На Ближнем Востоке и в Египте широко применялось листовое золото – фольга. Фольгой покрывали самые различные предметы: как металлические, так и деревянные. Например, с помощью ковки или органического клея золотая фольга прикреплялась к изделиям из бронзы, меди и серебра. При этом золотое покрытие спасало медь и бронзу от коррозии. Золотой фольгой часто покрывали деревянную мебель, прикрепляя её при по-

мощи маленьких золотых заклёпок. Более тонкие золотые листы приклеивались к дереву, предварительно покрытому слоем специальной штукатурки.

Золото стало первым металлом, из которого стали выковывать проволоку, который научились паять и полировать.

На новую ступень добыча и металлургия золота поднялись в эпоху Римской империи, когда в горно-металлургических технологиях стала широко применяться ртуть. Метод извлечения золота из руды с помощью ртути был изобретен на Ближнем Востоке и стал основным в Риме в начале Новой эры. Согласно описанию Плиния Старшего (I в. до н.э.) руду, содержащую золото, дробили и смешивали с ртутью, затем породу отделяли от ртути фильтрацией через кожаный (замшевый) фильтр, а золото получали из амальгамы путем выпаривания ртути. Технология золочения металлических изделий методом ртутного амальгамирования также получила распространение во времена римского владычества. В результате римляне сумели поднять организацию, технику и технологию разработки золотоносных районов на качественно новый уровень, что позволило достичь максимально возможных для того времени масштабов золотодобычи.

Следует отметить, что сами римляне не обнаружили ни одного нового месторождения золота, они лишь захватывали рудники, обустроенные другими народами, и обращали территории, на которых они находились, в свои провинции. Золото в Римской Империи превратилось в основу экономики и финансовой системы государства. Торговля Рима с провинциями была внутренней, и золото в ней принимало незначительное участие. Золотом римляне торговали со странами Востока: Индией и Китаем. Драгоценным металлом оплачивались восточные украшения и пряности. Так, например, при императоре Августе фунт шелка из Китая стоил фунт золота.

Славянское слово «золото», английское и немецкое «gold» родственны санскритскому корню «гол» или «зол», что означает «яркий, блестящий». К этому же корню восходят корни «жел» и «зел» в словах «жёлтый» и «зелёный», а также древнегерманский

«геолу» (современный английский «yellow» – жёлтый). В языках романской группы слова, обозначающие золото восходят к латинскому «aurum», которое, в свою очередь, происходит от этрусского корня, означающего «металл».

Итак, золото сыграло выдающуюся роль в создании и развитии горно-металлургического производства цивилизации. При добыче жильного золота были созданы технологии, применявшиеся затем при разработке месторождений других древних металлов: серебра, меди, свинца, олова, ртути и железа. Золото стало первым металлом, который научились обрабатывать холодной ковкой, из которого стали получать проволоку и отливать изделия. Золото впервые подвергли рафинированию, к нему впервые были применены технологии гидрометаллургии и металлотермической обработки. Это перечисление можно продолжить – по существу все металлургические технологии, применявшиеся в эпоху Древнего мира к серебру, меди, свинцу, олову и ртути были первоначально отработаны на золоте. В ряду древних металлов есть только одно исключение из правил – железо, технологии извлечения которого из руды и термомеханической обработки стали новой ступенью в развитии металлургии.

#### 1.4.2. Электрум (электрон)

В странах Древнего мира, особенно в Египте и Вавилоне, широко применялись изделия из природного сплава золота с серебром, который египтяне называли «зам» (азем), греки – «электрон», а римляне – «электрум». Полагают, что греческое название происходит от янтаря, который Гомер и Гесиод также называли электроном. Египетское название золота – «нуб» дало имя Нубии – «страна золота», а название «электрум» – Замбези – «река золота».

Грань между золотом и электроном весьма условна. Когда в сплаве высока доля золота, электрон выглядит как обычное золото, если же в сплаве много серебра, он имеет серебристо-белый цвет. В древнеегипетских изделиях из электрона, хранящихся в Каир-

ском музее, содержание серебра составляет от 20 до 40 % (масс.). Электрон тверже золота и гораздо лучше противостоит трению и износу, которым обычно подвергаются ювелирные изделия. Весьма вероятно, что электрон стал первым сплавом в истории цивилизации, который стали производить сознательно методом одновременного плавления двух металлов.

#### 1.4.3. Метеоритное железо

Метеориты – это железные или каменные тела, падающие на Землю из межпланетного пространства. Они представляют собой остатки метеорных тел, не разрушившихся полностью при движении в атмосфере.

Характерными признаками метеоритов являются: угловатая форма со сглаженными выступами, кора плавления, покрывающая в виде тонкой оболочки метеорит, и своеобразные ямки, называемые регмаглиптами. В изломе каменных метеоритов обычно видны многочисленные мелкие включения никелистого железа белого цвета и минерала троилита бронзово-желтого цвета; нередко бывают видны тонкие темно-серые жилки. Железосодержащие метеориты содержат значительно более крупные включения никелистого железа. После полировки поверхность железных метеоритов приобретает зеркальный металлический блеск. Иногда падают метеориты, имеющие более или менее правильную конусообразную, так называемую ориентированную, форму или многогранную – напоминающую форму кристалла. Такие формы возникают в результате атмосферной обработки (дробления и абляции) метеорного тела во время движения в атмосфере.

Метеориты имеют размеры от долей миллиметра до нескольких метров и весят, соответственно, от долей грамма до десятков тонн. Самый крупный из уцелевших от раскола – железный метеорит Гоба, найденный в Юго-западной Африке в 1920 г., весит около 60 т. Известно около 35 метеоритов, масса каждого из которых превосходит тонну.

Иногда, вследствие дробления метеорных тел одновременно падает группа метеоритов, в которой число отдельных метеоритов достигает десятков, сотен и даже тысяч. Такие групповые падения называются метеоритными дождями, причем каждый метеоритный дождь считается за один метеорит. В Приморском крае 12 февраля 1947 г. выпал Сихотэ-Алинский железный метеоритный дождь общей массой более 37 т.

Метеориты подразделяются на три главных класса: железные, железокремнистые и кремнистые. Однако можно проследить непрерывный переход от одного класса к другому. В среднем из шестнадцати упавших метеоритов один железный. Каждый железный метеорит содержит по массе до 91 % железа, до 8,5 % никеля и другие элементы. Метеориты двух других классов содержат от 1 % до 50 % железа.

Наиболее распространенными химическими элементами в метеоритах являются: алюминий, железо, кальций, кислород, магний, кремний, никель, сера. Химический состав отдельных метеоритов может значительно отклоняться от среднего. Так, например, массовое содержание никеля в железных метеоритах колеблется от 5 до 30 % и даже более. Среднее содержание в метеоритах драгоценных металлов и редких элементов (в граммах на тонну вещества метеорита): рутений – 10, родий – 5, палладий – 10, серебро – 5, осмий – 3, иридий – 5, платина – 20, золото – 5. Установлено, что содержание некоторых химических элементов тесно связано с содержанием других элементов. Так оказалось, что чем выше содержание никеля в метеорите, тем больше в нём галлия.

Минеральный состав метеоритов своеобразен: в метеоритах обнаружен ряд неизвестных или очень редко встречающихся на Земле минералов. Таковы: шрейберзит (рабдит)  $((\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Co})_3\text{P})$ , добреелит  $(\text{FeCr}_2\text{S}_4)$ , ольдгамит  $(\text{CaS})$ , лавренсит  $(\text{FeCl}_2)$ , мерриллит  $(\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5)$  и другие, которые присутствуют в метеоритах в незначительных количествах. В метеоритах открыто несколько десятков новых, ранее неизвестных, минералов, многие из которых названы по имени метеоритологов, например: фаррингтонит, юриид, найинджерит, криновит и др. Наличие этих минералов указывает на своеобразие условий

образования метеоритов, отличающихся от условий, при которых образовывались земные горные породы. Наиболее распространенными в метеоритах минералами являются: соединения никеля и железа (камасит (93,1 % (масс.) Fe; 6,7 % Ni; 0,2 % Co) и тэнит (75,3 % (масс.) Fe; 24,4 % Ni; 0,3 % Co)), оливин ( $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ ), пироксены – безводные силикаты (энстатит ( $\text{MgSiO}_3$ ), бронзит  $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$ , гиперстен  $(\text{Fe,Mg})\text{SiO}_3$  с 12–25 % (масс.) FeO), диопсид ( $\text{Ca}(\text{Mg,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$ ), авгит и плагиоклаз ( $m\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot n\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ ).

Некоторые специфические метеоритные минералы, например, лавренсит, очень нестойки в условиях Земли и быстро вступают во взаимодействие с кислородом воздуха. В результате на метеоритах появляются обильные продукты окисления в виде ржавых пятен, что приводит к разрушениям метеоритов. В некоторых редких типах метеоритов присутствует космическая кристаллическая вода, а в других, столь же редких метеоритах встречаются мелкие зерна алмаза. Последние представляют собой результат ударного метаморфизма, которому подвергся метеорит.

Отполированные и протравленные раствором азотной или какой-либо другой кислоты поверхности большинства железных метеоритов показывают сложный рисунок, называемый видманштеттеновыми (видманштеттовыми) фигурами (рис. 1.7). Эти фигуры впервые были обнаружены и изучены австрийским учёным Акоином Видманштеттеном (Widmannstätten) в 1808 г.

Рисунок состоит из пересекающихся полосок – «балок», окаймленных узкими блестящими лентами. В отдельных промежуточных участках наблюдаются многоугольные площадки – поля. Видманштеттеновы фигуры появляются в результате неодинакового действия травящего раствора на поверхность метеорита. Дело в том, что «балки», состоящие из камасита с малым содержанием никеля, травятся сильнее, чем поля, заполненные тонкой механической смесью зёрен камасита и тэнита с высоким содержанием никеля. Узкие ленты, окаймляющие балки и состоящие из тэнита, совсем не поддаются травлению.

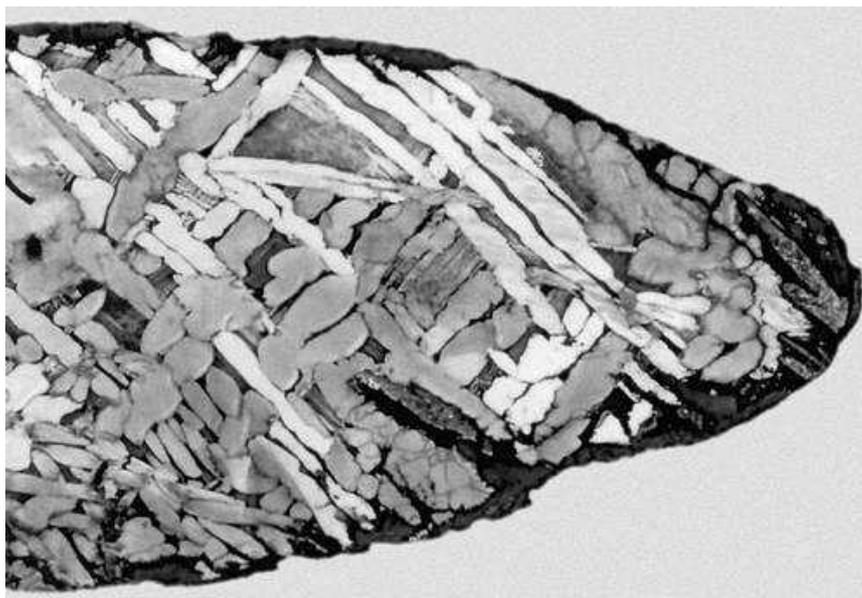


Рис. 1.7. Видманштеттеновы фигуры на протравленной поверхности  
железного метеорита Чабанкол (1938 г., Новосибирская обл.)  
(светлые области – тэнит, серые – камасит)

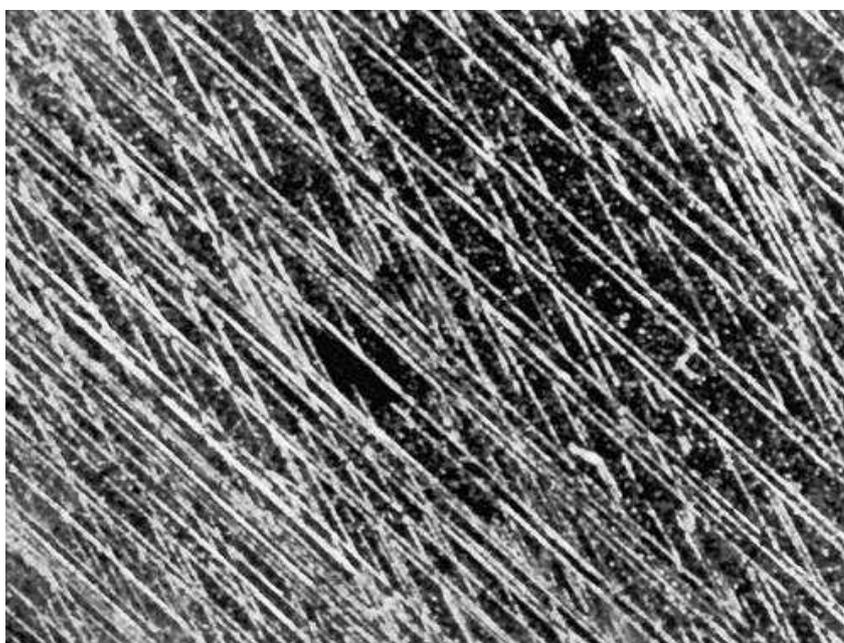


Рис. 1.8. Неймановы линии на протравленной поверхности  
железного метеорита Богуславка

Реже встречаются железные метеориты, состоящие целиком из камасита и показывающие при травлении тонкие параллельные линии, называемые неймановыми (рис. 1.8). Столь же редко встречаются железные метеориты (атакситы), которые не показывают никакого рисунка; они содержат наибольшее количество никеля.

Железокаменные метеориты (палласиты) представляют собой как бы железную губку, пустоты которой заполнены прозрачным минералом оливином. Другой тип железокаменных метеоритов, называемых мезосидеритами, в изломе показывает обильные включения никелистого железа в основной каменистой массе.

Трудно поверить, но в конце XVIII в. большинство ученых не допускало и мысли о том, что вселенная может «снабжать» землю железом. В 1751 г. вблизи немецкого города Ваграма упал метеорит. Спустя сорок лет венский профессор Штютце писал об этом событии: «Можно себе представить, что в 1751 г. даже самые просвещенные люди в Германии могли поверить в падение куска железа с неба – насколько слабы были тогда их познания в естественных науках. Но в наше время непростительно считать возможным подобные сказки».

Такой же точки зрения придерживался знаменитый французский химик Лавуазье, который соглашался с мнением ряда своих коллег о том, что «падение камней с неба физически невозможно». Ему вторил не менее известный ученый Бертолле: «Эти легенды, – говорил он, – нельзя объяснить не только физикой, но и ничем разумным вообще». После таких авторитетных резолюций в 1790 г. французская Академия наук даже приняла специальное решение: впредь вообще не рассматривать сообщений о падении камней на Землю. Во многих музеях метеориты изъяли из коллекций, чтобы «не сделать музей посмешищем».

Поэтому, неудивительно, что самым известным в мире метеоритом является тот, исследования над которым позволили впервые доказать космическое происхождение метеоритов. Этот метеорит был найден в России на берегу Енисея около Красноярска.

Метеорит Палласа, или «палласово железо», так его именуют сегодня, попал в Петербург в 1772 г. Созданная всего полстолетием ранее Петербургская Академия Наук к тому времени превратилась в научный центр европейского ранга, ее членами были многие известные ученые.

Высокая репутация Академии послужила причиной тому, что и физик Эрнст Флоренс Фридрих Хладни в 1756 г. отправился в Петербург. Неудивительно, что палласово железо, хранившееся в кунсткамере Петербургской Академии Наук, в 1794 г. привлекло его внимание и послужило толчком в изучении метеоритов. Он издал в Риге сочинение «О происхождении куска железа, открытого Палласом, и о некоторых находящихся в связи с этим явлениях природы». Хладни впервые правильно объяснил происхождение этой глыбы и развил теорию космического происхождения метеоритов и их возгорания при попадании в земную атмосферу.

Почти десятилетие спустя природа подтвердила выводы Хладни о природе и происхождении метеоритов. 26 апреля 1803 г. во Франции вблизи небольшого городка выпал град метеоритов. Французская Академия Наук поручила расследовать это явление Жану Батисту Био (получившему впоследствии широкую известность в качестве автора теплофизического критерия – критерия Био). Факты были неопровержимы, и он вынужден был сделать те же выводы, что и Хладни.

Известны многочисленные свидетельства использования метеоритного железа. Полярная экспедиция Росса в 1818 г. обнаружила, что эскимосы Баффиновой Земли делали ножи и наконечники гарпунов из железа, отделяемого ими с большим трудом от крупного метеорита, лежащего на берегу бухты Мельвиль.

В конце XIX в., во время одной из экспедиций в Гренландию известный американский полярный исследователь Роберт Пири вблизи мыса Йорк – северной оконечности острова – обнаружил огромную глыбу, наполовину ушедшую в землю. Глыба оказалась железным метеоритом, который на протяжении столетий служил местным жителям при-

родным складом железа. По мере необходимости эскимосы отбивали от глыбы куски и обрабатывали их молотками, придавая металлу нужную форму. Так они изготавливали ножи, орудия труда и другие изделия. К моменту встречи с Пири метеорит весил примерно 34 т. С колоссальными трудностями находка была доставлена в Нью-Йорк, где и хранится до сих пор в Музее естественной истории.

Однако известны случаи, когда масса космических странников, встретивших на своем пути Землю, была неизмеримо больше. Например, в конце XIX в. в Аризонской пустыне была обнаружена громадная воронка диаметром более 1200 м и глубиной 175 м. Ее образовал гигантский железный метеорит, упавший в доисторические времена.

Самым древним предметом из железа, известным археологам, считаются бусы из полых трубочек, найденные английским археологом Петри при раскопках египетских могил конца IV в. до н.э. Бусы сделаны из кованого железа, в котором обнаружено до 7,5 % (масс.) никеля, что характерно для железа метеоритного происхождения. К концу того же тысячелетия относится и кинжал из метеоритного железа, найденный на юге Месопотамии, где когда-то находился шумерский город-государство Ур (на территории нынешнего Ирака).

Известно, что у древнеримского царя Нумы Помпилия (VII в. до н.э.) был железный щит, изготовленный из «камня, упавшего с неба». Для властелина одного индийского княжества Джехангара в 1621 г. были выкованы две сабли, кинжал и наконечник пики из метеоритного железа. Шпаги Александра I и Боливара, героя Южной Америки, были сделаны из космического железа. Наконец, согласно преданию, мечи Тимура (Тамерлана) и жившего почти на тысячелетие ранее предводителя гуннов Атиллы имеют «небесное» происхождение.

#### 1.4.4. Серебро

Из благородных металлов серебро наиболее распространено в земной коре. Его содержание в недрах Земли в 20 раз превышает содержание золота. Но серебро редко встречается в самородном виде. Распространенность его самородков по отношению к золотым составляет не более 20 %, а к медным – менее 1 %. При этом самородки серебра залегают, как правило, в глубинных зонах рудных месторождений. Возможно, впервые металлическое серебро получили из жил в породах, а не промывкой речных песков, поскольку, в отличие от золота, извлечение серебра из них затруднено. Именно этим можно объяснить тот факт, что в медном веке серебро, как правило, ценилось дороже золота. Например, в Египте серебро было дороже золота вплоть до III тыс. до н.э. Дешевле золота серебро стало лишь после того, как древние мастера освоили процесс его получения из свинцовых руд.

Известный египтолог Лукас считает, что впервые серебро попало в руки человека в виде самородных золотосеребряных сплавов с массовым содержанием золота менее 50 %. Он подтверждает это анализами древнеегипетских серебряных изделий, которые всегда содержат золото, иногда до 40 %.

Древнейшие серебряные изделия обнаружены на территории Ирана и Анатолии. В Иране их нашли в местечке Тепе-Сиалк: это пуговицы, датируемые началом V тыс. до н.э. В Анатолии, в Бейджесултане, найдено серебряное кольцо, датируемое концом того же тысячелетия.

Металлургия серебра возникла в прямой связи с добычей свинца из соединений, где свинец и серебро встречались вместе: археологические находки из двух этих металлов, как правило, синхронны. Свинцовые руды, содержащие значительное количество серебра распространены во многих регионах мира. Известны их месторождения в Испании, Греции, Иране, на Кавказе. Процесс отделения серебра от свинца, называемый купеляцией, был известен уже в IV тыс. до н.э.

Блестящий цвет серебра издавна связывали с Луной, что отразилось в названии металла. В Древнем Египте серебро называлось словом «хат», что означало «белый». Современное латинское название «argentum» происходит от греческого слова «аргос» – белый, блестящий.

В быту серебро почти повсюду появилось позднее меди и золота. Из него изготавливали, главным образом, посуду, украшения и ювелирные изделия. Быстро научились делать серебряную фольгу и фурнитуру, которыми украшали одежду и мебель. Уже в III тыс. до н.э. Серебро использовали для пайки медных изделий.

Плиний Старший пишет о том, что египтяне «окрашивали» серебро, при этом он отмечает, что «как ни странно, но ценность серебра возрастает, если его великолепный блеск потускнел». Судя по рецептам с применением серы или яичного желтка, Плиний имеет в виду чернение серебра, которое широко применялось впоследствии во времена Средневековья.

Крупнейшими серебряными рудниками, разрабатывавшимися в эпоху Древнего мира, были Лаврионские в Греции и римские у Нового Карфагена. О последних из трудов римских авторов известно, что они занимали территорию свыше 400 стадий в окружности, и на них постоянно работало свыше 40 тысяч человек.

#### 1.4.5. Свинец

Свинец от большинства других металлов отличают низкая температура плавления и присутствие в природе в виде довольно непрочных химических соединений. Наиболее распространенным минералом свинца является его сульфид (PbS) – галенит (от лат. «галена» – свинцовая руда), месторождения которого в древности не были редкостью. Известен случай, когда богатое свинцовое месторождение было обнаружено в Америке в результате лесного пожара: на месте сгоревшего леса под слоем золы были найдены небольшие слит-

ки свинца. Возможно, именно таким путем свинец и попал впервые в руки древнего человека.

Древнейшими изделиями из свинца считаются найденные в Малой Азии при раскопках Чатал-Хююка бусы и подвески, и обнаруженные в Ярым-Тепе (Северная Месопотамия) печати и фигурки. Эти находки датируются VI тыс. до н.э.

Свинец обладает массой достоинств: это самый пластичный из металлов, он прокатывается до тончайшего листа, легко подвергается механической обработке, обладает прекрасными литейными свойствами. Из недостатков можно отметить лишь невозможность изготовления из него проволоки.

В древности свинцу, как и другим металлам, приписывались магические свойства. В известном греческом героическом мифе свинец послужил средством уничтожения чудовища Химеры. Герой мифа Беллерофонт кружил на спине крылатого коня Пегаса, которого он укротил с помощью богини Афины, над изрыгающим огонь страшилищем, и осыпал его стрелами. Наконец, он бросил в пасть чудовища слиток свинца. Свинец расплавился в огненном дыхании Химеры, протек через глотку и разрушил внутренности бестии. Возможно, этот миф стал причиной того, что свинец считался металлом, обладающим защитной силой. Поэтому у греков было принято носить на груди тонкие свинцовые пластинки, защищавшие от колдовства, особенно от недобрых любовных чар. Свинец вообще широко использовался в магических ритуалах многих народов, часто свинцовые предметы размещались у входа в дома для защиты их обитателей от негативной энергии окружающего мира.

Выполнял свинец и простые утилитарные функции. В той же Древней Греции пластинки из свинца использовались в качестве почтовых принадлежностей. Известно несколько свинцовых писем, найденных на территории Причерноморья. С давних времен известны и краски, сделанные на основе свинца. Свинцовые белила, например, умели изготавливать еще три тысячи лет назад. Крупнейшим поставщиком белил в те времена был

остров Родос. Способ, по которому здесь изготавливали краску, был далеко не совершенным, но достаточно надежным. В бочку наливали раствор уксуса, сверху укладывали ветки кустарника, а на них куски свинца. После этого бочку закупоривали. Когда спустя некоторое время бочку открывали, свинец оказывался покрытым белым налетом – это и был готовый продукт производства. Впоследствии из свинцовых белил научились получать ярко-красную краску, названную суриком. Для этого свинцовые белила пережигались в специальных глиняных сосудах.

Мягкость свинца не позволяла ему конкурировать с медью, бронзой или железом в качестве материала для производства орудий труда. Но он оказался прекрасным материалом для изготовления труб и деталей водопроводов. Построенные в Вавилоне и признанные одним из семи чудес света висячие сады Семирамиды орошались водой через сложную систему колодцев и труб, сделанных из свинца.

Наибольшее развитие в эпоху Древнего Мира трубное производство получило в Римской Империи. Римляне изготавливали трубы не только свинцовые, но также бронзовые и оловянные. В Риме, по свидетельству современников, существовала настоящая индустрия трубного производства с соответствующими товарными знаками, клеймами мастеров и штампами заказчиков.

Одним из замечательных инженерных достижений древних римлян была система водопроводов, по которым вода ежедневно поступала в главные города Римской империи. Многокилометровый водопровод часто проходил по пересеченной местности. Для его прокладки через ущелья римляне применяли два различных способа: либо строили через ущелье мост с небольшим уклоном в сторону стока, либо использовали принцип сифона, согласно которому вода в трубе должна всегда возвращаться к своему первоначальному уровню. Для этого сооружали систему труб, которые круто спускались по одному склону ущелья и поднимались по другому. В тех случаях, когда глубина ущелья была относительно небольшой, строили мосты. Там же, где ущелье было слишком глубоким, соору-

жали сифон. Известно более двадцати сифонных сооружений, относящихся ко времени Римской империи. Схема одного из таких сооружений, находящегося на территории современной Франции, приведена на рис. 1.9.

Конструкцию сифона, применявшегося в Древнем Риме, правильнее называть обратным сифоном, или дюкером, так как вода в нём движется по U-образной траектории в отличие от обычного сифона, имеющего П-образную форму. Поскольку вода движется по U-образной траектории, сифон начинает работать, как только она вводится в одно из его плеч. В простом U-образном сифоне вода, введенная на одном конце, поднимется до того же уровня на другом. Римские сифоны имели значительную длину, поэтому потери на трение становились заметными, и приемный конец приходилось устраивать на уровне несколько ниже подающего конца.

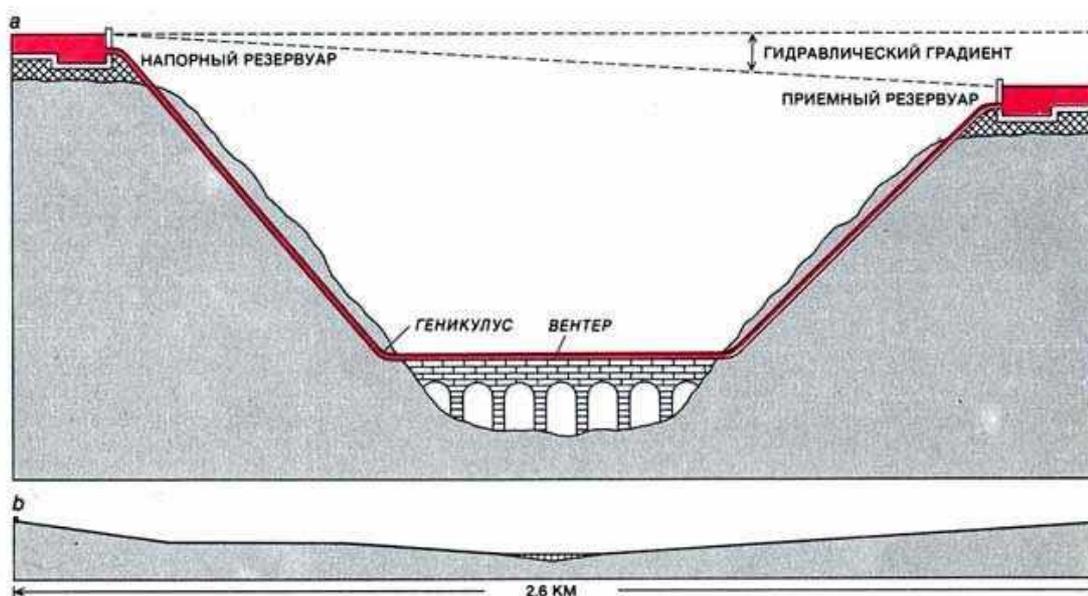


Рис. 1.9. Схема древнеримского сифона (а)

(для наглядности масштаб по вертикальной оси увеличен) и

истинный профиль и градиенты Бонанского сифона водопровода Жье (Франция) (б)

Обычно сифон начинался в точке, где водопровод, проложенный в виде открытого канала из каменной кладки, достигал края ущелья, которое нужно было пересечь. В этом

месте вода стекала в напорный резервуар, выложенный из кирпича и установленный поперек канала («кастеллум»). По существу, этот резервуар был распределительным, так как сифон состоял не из одной (как в современной гидротехнике), а из нескольких (до девяти) тонких труб, уложенных параллельно друг другу. Их входные концы располагались в ряд в нижней части резервуара.

Подсоединенные к напорному резервуару, трубы опускались по короткому откосу до земли и проходили по склону ущелья с заглублением примерно на 1 м. Подземная прокладка труб, использованная, по-видимому, для их защиты от повреждения человеком, предотвращала также чрезмерное расширение труб в жаркие дни.

Сифонные трубы могли прокладываться до самого дна ущелья, следуя его профилю, однако на дне часто строился невысокий мост («вентер»), с тем, чтобы нижняя часть U-образного сифона была более плоской для уменьшения перепада высот. Вентер создавал два резких перегиба («геникулус») на концах моста, вследствие чего могли возникать напряжения в стыках труб при ударе водяной струи, поэтому римляне обычно укрепляли здесь трубы массивной каменной кладкой. Однако он сокращал расстояние от верха до низа U-образного сифона и, следовательно, уменьшал статическое давление.

После второго геникулуса трубы поднимались по противоположному склону ущелья. Наверху вода поступала в приемный резервуар, аналогичный напорному, а из него – в обычный водопровод. Римляне почти не пользовались кранами, и вода текла непрерывно, обеспечивая промывку канализационных стоков.

Сифоны как инженерные сооружения внушают уважение уже своими размерами. Общая длина девяти сифонов в лионской водопроводной системе достигает 16,6 км. Если каждый сифон состоял из девяти труб, то общая длина труб должна быть около 150 км. Для изготовления такого количества труб требовалось 12–15 тыс. т свинца, и очевидно, что добыча и транспортировка такого огромного количества свинца требовала гигантских усилий.

По-видимому, это и послужило причиной невысокой распространённости в Римской Империи сифонов по сравнению с мостами-акведуками. Так как римляне строили только сложные сифоны, принято считать, что более широкому применению сифонов препятствовали вовсе не технические трудности. Очевидным фактом является то, что сифоны обходились римлянам дороже, чем мосты.

Древние греки также применяли сифоны. Среди сифонов древности наиболее известен исключительно большой сифон в Пергаме в Малой Азии. Он относится ко времени правления эллинского монарха Евменеса II (197–159 гг. до н.э.), т.е. к доримским временам, и состоит из одной трубы длиной 3 км, спускающейся на очень большую глубину – 190 м. Вода в сифоне создавала статическое давление примерно 19 атм.

В течение многих лет этот сифон был причиной многих заблуждений ученых. Поскольку многочисленные римские сифоны были неизвестны или не удостоивались должного внимания, пергамский сифон создавал ложное впечатление, что древние греки преуспели больше римлян в теории гидравлики и что они были более искусными инженерами, способными изготавливать трубы для больших давлений, тогда как римлянам это не удавалось.

Перемещение воды по трубам в римских сифонах осуществлялось под значительным давлением. В 1875 г. французский инженер Эжен Бельгран изготовил копии римских труб и подверг их испытаниям на разрушение, которое происходило только тогда, когда давление в трубах достигало 18 атм. Такие трубы могли успешно работать в сифоне, опускающемся на 180 м ниже исходного уровня.

Римское трубное производство подробно описывает Марк Витрувий Поллио. В восьмой книге своего сочинения «Архитектура» (2-ая половина I в. до н.э.) он главное внимание уделяет водопроводам и материалам, из которых делают трубы для них. Витрувий обращает внимание на целесообразность изготовления свинцовых труб длиной не менее 3 м при толщине около 8 мм. Такие трубы могли выдерживать давление воды до 1,5 атм. При

необходимости древние римляне пользовались значительно более толстыми трубами. Например, в водопроводе Алатри, где трубы должны были выдерживать давление до 10 атм., толщина их стенок достигала 35 мм.

Трубы изготавливали из литых свинцовых листов, которые сначала изгибали на деревянном сердечнике, после чего продольные края образованной трубы соединяли, а сердечник вынимали. Продольный шов выполняли различными способами. Чаще всего трубы грушевидного сечения запаивали по шву оловянно-свинцовым припоем. Однако встречались паяные соединения встык или внахлестку и даже трубы с желобчатым изгибом кромок, уплотненные замазкой (рис. 1.10). Труба получалась овального или грушевидного поперечного сечения с непрерывным продольным швом. (Интересно, что шов, очевидно, не был самым слабым местом трубы; в испытаниях, проведенных Бельграном, разрушение происходило не по шву, а по боковой стенке.) Таким способом было трудно изготавливать трубы большого сечения, поэтому римские сифоны состояли из нескольких тонких труб. Диаметр труб составлял от 20 до 300 мм. Обычно же они имели наружный диаметр 250–270 мм и толщину стенки от 30 до 50 мм. Судя по сохранившимся остаткам, трубы изготавливались длиной около 3 м. Такие трубы затем замуровывали в каменную кладку, чтобы сохранить их герметичность.

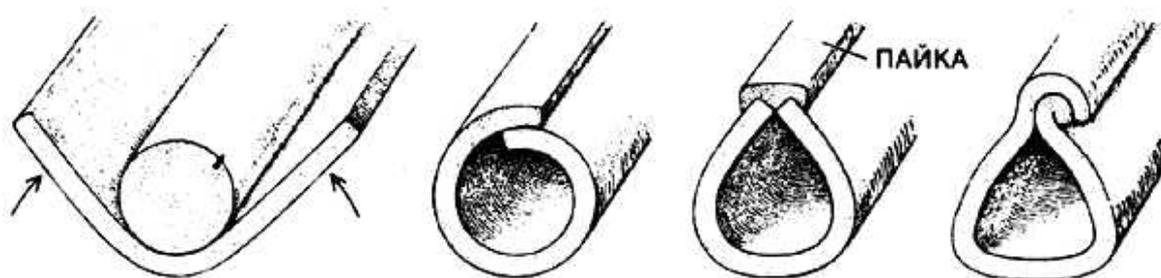


Рис. 1.10. Варианты выполнения продольного шва древнеримских свинцовых труб

По широко распространённой в середине прошлого века гипотезе американских токсикологов, свинцовый водопровод являлся одной из причин быстрой деградации римской нации, вызывая отравление свинцом. Установленным фактом является то обстоятельство, что обнаруживаемые при раскопках останки римлян эпохи империи содержат большие количества свинца. Из-за систематического отравления малыми дозами свинца продолжительность жизни римских патрициев не превышала 25 лет.

Хорошо известно, что все растворимые в воде соединения свинца высоко токсичны. На устойчивость свинца к воде оказывает большое влияние растворённый в ней диоксид углерода (углекислый газ). При малых количествах он образует на поверхности свинца соединение, не растворимое в воде, и тем способствует устойчивости свинца. Если же содержание углекислого газа в воде сравнительно велико, а именно так было с водой, питавшей древний Рим, то диоксид углерода, реагируя со свинцом, образует гидрокарбонат свинца, который хорошо растворяется в воде. Поступая в организм в малых порциях, свинец задерживается в нем и, постепенно замещая кальций, входящий в состав костей, вызывает хроническое отравление.

Однако более поздние исследования подвергли сомнению гипотезу о том, что именно свинцовый водопровод стал причиной катастрофических последствий для Римской империи. На внутренней стороне каждой свинцовой трубы ученые обнаружили непроницаемый слой безопасных для человеческого организма соединений кальция, возникший благодаря постоянному контакту труб с богатой кальцием горной водой. Как уже было сказано выше, вода текла по водопроводу непрерывно и поэтому была в контакте со свинцовыми трубами лишь недолгое время. Толстая же корка карбоната кальция, которая постепенно образовывалась в трубах, служила изоляцией, так что через некоторое время после установки сифонных труб прямой контакт воды со свинцом прекращался полностью. Некоторые учёные также считают, что римляне знали об опасности свинцового отравления.

Скорее всего, причиной свинцового отравления был не столько водопровод, сколько использование оправленной в свинец посуды и свинцовых косметических красок. Кроме того, свинцовые сосуды широко использовались для хранения вина, поскольку свинец придает вину сладкий вкус и способствует консервации.

Важнейшими районами добычи свинцовых руд в эпоху Древнего Мира были месторождения: Рио-Тинто в Испании, Лаврионское в Греции, а также острова Эгейского моря Кипр, Родос, Эвбея, Сифнос. В больших количествах добывали свинец кельты: в Альпах, Галлии, Британии.

Подробные сведения имеются об эксплуатации свинцово-серебряных месторождений Древней Греции. Разработка знаменитых Лаврионских рудников, расположенных в южной части Аттики, была начата еще во II тыс. до н.э. Именно серебро Лаврионских рудников стало основой могущества Афинского государства. Общая протяженность горных выработок на них достигла почти 120 км. О том насколько большое значение имели для Афин Лаврионские рудники, можно судить по тому, что одна из сохранившихся речей знаменитого греческого оратора Демосфена полностью посвящена вопросу о необходимости поставки для них леса. Леса вокруг рудников были вырублены и израсходованы на



Рис.1.11. Гефест и циклопы куят щит Ахиллу  
(древнеримский барельеф)

плавку металла уже к началу I тыс. до н.э.

Неудивительно, что горная промышленность по представлениям древних греков находилась под особым покровительством богов. Главным специалистом по горному делу считался бог Монтиус, а главным металлургом и куз-

нецом – Гефест. Их помощниками были одноглазые циклопы, из которых наиболее почитались молотобойцы: Аргес, Бронтес и Стеренос (рис. 1.11). Специальные божества ран-

гом пониже ведали такими явлениями, как самовозгорание руды под землей (Пироклион), подземным треском – обвалами (Полифем), болезнями рудокопов (Гернес).

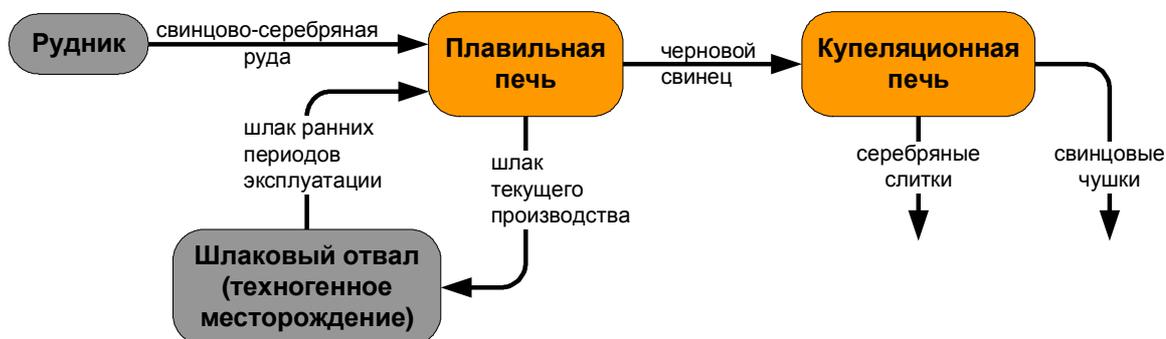


Рис. 1.12. Схема производства серебра и свинца с элементами рециклинга на Лаврионских рудниках (Древняя Греция)

Общая схема производства на Лаврионских рудниках представлена на рис. 1.12. Глубина шахт Лаврионских рудников достигала 120 м, а высота штолен составляла не более метра. Поэтому рудокопы работали чаще всего лежа на спине или на животе. Поднятую на поверхность руду, дробили в ступах из твердого камня – трахита, а затем измельчали в специальных мельницах. Дробленую руду промывали, а затем плавил с использованием древесного угля в круглых каменных печах диаметром около метра. Производительность такой печи достигала 4 т руды в сутки. Первоначально технологический уровень процесса был весьма несовершенен и большое количество металла терялось со шлаком. Так, в отвалах шлака, относящихся к IV в. до н.э., содержание свинца достигает 10–15 % (масс.). Однако в I в. до н.э. шлаки содержали уже не более 2–3 % (масс.) свинца. В результате этой плавки достигалось отделение от свинца серы, меди, железа, цинка и других примесей кроме серебра. То есть получался свинцово-серебряный сплав или «сырой» свинец. Для разделения свинца и серебра применяли купеляцию: окисление свинца, отделение оксида (глета) от серебра и последующее «повторное» восстановление свинца из оксида. По этой причине производство требовало больших затрат древесного угля. Готовый свинец раз-

ливался в слитки массой около 15 кг, на которые ставилась марка владельца выработки или плавильной мастерской.

#### 1.4.6. Ртуть

Природа не богата ртутью. Она очень редко встречается в самородном состоянии – в виде капелек на горных породах. Одним из самых известных месторождений самородной ртути является гора Терлиг-Хая в Туве. Ее название переводится как «потная скала» – действительно на ее каменных откосах время от времени выступают капельки ртути, создавая впечатление того, что скала «потеет».

Основным ртутным минералом и единственным, образующим рудные скопления, является киноварь. Это красивый камень, словно покрытый алыми пятнами крови. Отсюда и происходит его название: греческое «киннабарис» переводится как «кровь дракона». Оно связано с древней легендой о погибшем в горах драконе и пролитой им крови, превратившейся в замечательный минерал. Глыбы киновари из богатых месторождений действительно очень похожи на куски кровавого мяса.

Киноварь была одной из первых минеральных красок, использованных человеком. Ею пользовались в Древнем Мире практически повсеместно. В эллинистическую эпоху в Греции и Египте ртуть называли «хюдор скифакон» – «скифская вода», по аналогии с «купрумом» – «металлом из Кипра». Скифы, населявшие тогда причерноморские степи, добывали киноварь, по-видимому, из Никитовского месторождения, находящегося на территории Донбасса. Здесь на различной глубине (до 20 м) обнаружены древние горные выработки, в которых были найдены древние орудия труда, в том числе и из камня.

Еще более древний рудник «Хайдаркан» («Великий рудник») расположен в Ферганской долине. В нем также сохранились многочисленные следы древних работ: металлические и деревянные клинья, светильники, глиняные реторты для обжига киновари, отвалы образующихся при этом огарков. Археологические исследования показали, что ртуть в

Ферганской долине добывали на протяжении многих столетий, вплоть до XII–XIV вв., когда вследствие завоеваний Чингисхана и его преемников эти края пришли в запустение.

В Средней Азии разрабатывались и другие месторождения ртути: например, для персидских царей династии Ахеменидов (VI–V вв. до н.э.) ртуть доставляли из Зеравшанских гор, расположенных на территории Таджикистана и Узбекистана.

Крупнейшим в истории Древнего Мира месторождением ртути было Альмаденское, расположенное на территории Испании. Плиний Старший упоминает в своих сочинениях, что Рим закупал ежегодно в Испании до 5 т ртути. Римляне долгое время называли ртуть «*argentum vivum*» – «живое серебро», это название сохранилось в современных английском и немецком языках. Технология извлечения ртути из киновари описывается многими древними авторами: Теофрастом, Диоскоридом, Плинием и др.

Живший в III в. до н.э. Теофраст, ученик Платона и последователь Аристотеля, сообщает, что ртуть можно получить, растирая киноварь с уксусом медным пестом в медной ступе. Этот же способ упоминает и Плиний, но он описывает еще одну технологию экстракции ртути. В его «Естественной истории» написано: «Киноварь помещают в железной чашке на глиняное блюдо, покрывают другой чашкой, которую замазывают глиной, раскаляют на огне, раздуваемом с помощью меха, и собирают осевший на глине пот, который имеет вид серебра и подвижность воды». По-видимому, способ получения ртути с помощью нагрева киновари в закупоренном железном сосуде был в те времена общеупотребительным, поскольку его приводит в своих сочинениях также и современник Плиния врач Диоскорид. Кстати именно он и предложил общепринятое сегодня название ртути как химического элемента: «гидраргирум», что означает «серебряная вода».

В том, что именно врач имел в те времена дело с ртутью, нет ничего удивительного. Ее широко использовали при лечении самых разнообразных заболеваний, например, при болезнях суставов или кожи. Порой применение ртути в лечебных целях носило весьма оригинальный характер. Известны случаи, когда ее вливали больному при предполагае-

мом завороте кишок. По мнению древних эскулапов, ртуть, благодаря своей тяжести и подвижности, должна была пропутешествовать по хитросплетениям кишок и расправить своей тяжестью их перекрутившиеся части.

В древности и ртуть, и киноварь чаще всего использовались в виде красителей, например, для личных печатей: оттиски получались благородного пурпурного цвета, не выцветали и сохранялись очень долго. При добавлении к киновари мышьякового минерала реальгара получали краску канареечного цвета. В Китае киноварную краску до сих пор добавляют в тесто. Сернистая ртуть применялась как ярко-красная краска («вермильон»). От красного цвета происходит и русское название металла: «ртуть» одного корня со словами «руда» и «рдеть», обозначавшими у древних славян красный цвет. Следует также отметить, что в основе упомянутых слов лежит древнейший индоевропейский корень «рд» и однокоренными со словами «руда» и «рдеть» являются слова «радость» и «радуга», в которых корень «рад» имеет смысл «светлый», «яркий».

Широкое применение ртути в металлургии Древнего Мира началось после того, как была открыта ее способность, подобно свинцу, экстрагировать и концентрировать золото, то есть осуществлять с помощью ртути процесс купеляции.

В силу редкости киновари, а значит и ртути, амальгамирование золота сначала использовали только для повторного извлечения металла. Самое раннее описание этого процесса содержится в знаменитом труде Витрувия «Архитектура»: *«Если золото вплетено в одежду, которая износилась..., эту одежду разрывают на куски, которые бросают в горшок и сжигают в нем на огне. Получившуюся золу бросают в воду, и туда же добавляют ртуть. Ртуть привлекает к себе все мельчайшие частицы золота и соединяется с ними. Затем воду выливают через холст, который выжимают руками. Ртуть просачивается сквозь неплотное переплетение нитей холста, а золото остается на внутренней стороне холста в совершенно чистом виде»*. Схема этого процесса приведена на рис. 1.13.

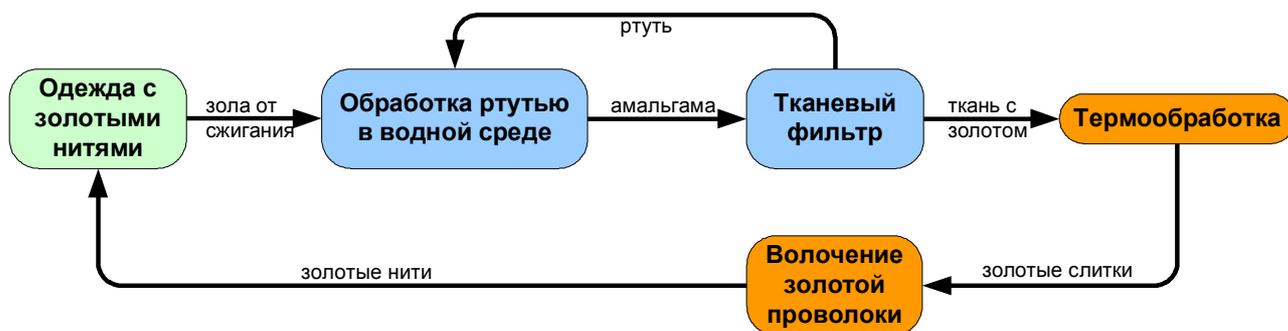


Рис. 1.13. Применение ртути для рециклинга золотой проволоки

Таким образом, благодаря свинцу и ртути были заложены основы технологии рафинирования металлов. Кроме того, свинец оказался металлом – основателем промышленного трубного производства.

#### 1.4.7. Медь

Задолго до знакомства с медью в виде металла, человек прекрасно научился распознавать многие ее минералы. Дело в том, что основные минералы меди часто располагаются непосредственно на поверхности земли и имеют яркую окраску. Это, например: малахит, бирюза, азурит, хризоколла и др. Изделия из этих минералов обнаруживаются в древнейших человеческих захоронениях, относящихся к эпохе неолита. Так, малахитовые бусы были найдены в древнем поселении Чайоню-Тепези в Анатолии (VIII тыс. до н.э.), а фигурки из азурита – на острове Крит (VI тыс. до н.э.). Следует отметить, что практически все минералы меди, из-за их своеобразной цветовой гаммы, наряду с минералом свинца галенитом, широко использовались в древности в косметических целях (например, для окраски глазниц). Дадим краткую характеристику наиболее распространенным в древности минералам меди.

Малахит (от греч. «малахе» – мальва) представляет собой водный карбонат меди ( $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$  или  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ ). Малахит очень рано получил распространение в качестве поделочного камня, из которого изготавливались амулеты, бусы, кольца и другие

мелкие изделия. Он широко использовался в качестве краски для настенных росписей и в виде косметического средства. После изобретения керамики, он стал применяться для окрашивания глазури и цветного стекла.

Азурит (от перс. «ладжвард» – лазурный, голубой) также является водным карбонатом меди ( $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$  или  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ ). Это очень красивый и яркий минерал, цвет которого изменяется от лазурного до ультрамаринового. Азурит часто сочетается с малахитом и всегда находится на поверхности или близко от нее.

Хризоколла (от греч. «хризос» – золото и «колла» – клей) это синий или синезеленый водосодержащий силикат меди ( $\text{Cu}_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]_2(\text{OH})_{12} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , где  $n = 8$ , реже 0 и 4). В древности использовался как поделочный камень для изготовления мелких ритуальных предметов и амулетов, а также в качестве косметического средства. Свое название получил в связи с тем, что материал, изготовленный на основе хризоколлы, в древности использовался при пайке золотых изделий.

Бирюза (от перс. «пируза» – победитель) – в древности достаточно распространенный минерал, гидрофосфат меди ( $\text{CuAl}_6[\text{PO}_4]_4 \cdot [\text{OH}]_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ). Бирюза может быть различных цветов от ярко небесно-голубого до блекло-зеленого. В древности, также как многие другие минералы меди, использовалась в качестве поделочного камня и минеральной краски.

Несколько позднее человек познакомился с сульфидом меди ( $\text{CuFeS}_2$ ) – халькопиритом (от греч. «халькос» – медь и «пирос» – огонь), который и стал основной медной рудой в эпоху Древнего Мира.

Как уже отмечалось выше, первоначально человеку стала известна самородная медь. Некоторые ученые полагают, что она даже могла быть первым металлом цивилизации, поскольку медные самородки встречаются в природе чаще золотых. Самородную медь и теперь находят во многих регионах Земли. Богаты ею Малая Азия, Индокитай, Алтай, но особенно – страны Нового Света: США, Мексика, Боливия и др. И в настоящее время не

являются редкостью медные самородки массой несколько килограммов. В 1977 г. в карьере Береговом у Онежского озера был найден самородок массой 200 кг, хранящийся в Карельском музее археологии. Крупнейшим проявлением самородной меди считается сплошная медная жила, обнаруженная на полуострове Кьюсиноу (озеро Верхнее, США), масса которой оценивается примерно в 500 т.

Можно предполагать, что в древности находок самородной меди было значительно больше, чем сейчас. Необходимо отметить, что самородная медь концентрируется именно в верхних горизонтах месторождений и ей сопутствуют малахит и азурит, то есть окисленные формы меди. Для полиметаллических месторождений меди в Азии и Европе характерно также присутствие в верхних горизонтах минералов никеля и мышьяка. В глубинных участках месторождений, как правило, располагаются минералы олова, свинца, цинка и сульфидные медные минералы.

По этой причине древние предметы из рудной меди содержат значительные количества никеля (иногда до 5 % (масс.)) и мышьяка (до 2 % (масс.)). Присутствие этих примесей показали химические анализы более двух третей раритетов из Месопотамии, Египта, Малой Азии, Индии, датируемых временем не позднее III тыс. до н.э. Древнейшими же изделиями из рудной меди в настоящее время считаются, найденные в 1962 г. в Чатал-Хююке (плоскогорье Конья, Турция) бусинки, колечки и подвески. В одном из жилищ этого поселения был обнаружен и шлак от плавки медной руды. Эти находки относятся к VII тыс. до н.э. Такой же возраст имеет и найденное в Чайоню-Тепези медное шило, характерное высоким массовым содержанием мышьяка – 0,8 %.

Добыча медной руды осуществлялась по той же технологии, что и добыча рудного золота. Старейшие медные рудники обнаружены на территории Месопотамии, Испании и Балканского полуострова. В эпоху античности одним из крупнейших месторождений меди стал остров Кипр, от его позднелатинского названия «купрум» и произошло современное название меди как химического элемента. Русское название металла происходит от

древнеславянского слова «смида», обозначающего металл вообще. Отметим, что термин «смида» восходит к тем древнейшим временам, когда праславяне и прагерманцы были ещё единым народом. Впоследствии в германских языках термин «смида» стал употребляться для обозначения человека, работающего с металлом, и закрепился в форме «смит» (англ.) или «шмидт» (нем.) – «кузнец». Данное обстоятельство ещё раз подтверждает тот факт, что наши пращуры были знакомы с металлами ещё до распада славяно-германской ветви индоевропейцев.

Добытую руду дробили, а затем перебирали вручную. Наиболее древним способом плавки медной руды является тигельный: руду смешивали с древесным углем и помещали в тигли, изготовленные из глины перемешанной с костной золой. Размеры тиглей были небольшими, так высота тигля, обнаруженного в Египте археологом Брантоном составляет всего лишь 12 см. В тиглях предусматривались отверстия для выхода газов: в крышке, и для подачи дутья: сбоку, примерно на середине высоты. После этого тигли помещались в печь, и начиналась плавка. Температура, необходимая для получения меди, содержащей около 1–2 % (масс.) примесей (мышьяка, никеля, сурьмы и др.), составляет около 900–950 °С. Она достигалась уже в примитивных гончарных очагах времен неолита.

Количество меди, производимое в тиглях, было очень небольшим и составляло, как правило, несколько сот грамм. Поэтому довольно быстро перешли к производству меди в ямах. Для этого медную руду, перемешанную с древесным углем, помещали в неглубокие ямы (глубиной до 30 см), дно которых было выложено камнями. Над слоем шихты насыпали ещё некоторое количество древесного угля, а сверху укладывали ветви деревьев и небольшое количество земли таким образом, чтобы не препятствовать притоку воздуха внутрь кучи. Место плавки старались располагать на склонах холмов, чтобы использовать естественное движение воздуха. То, что оно способствовало раздуванию огня, было замечено в глубокой древности. Таким был первый промышленный металлургический агрегат.

По завершению плавки несгоревшее топливо убирали, а полученный металл дробили на удобные для использования куски. Это делалось немедленно после затвердевания металла, так как на этой стадии медь особенно хрупка и легко разбивается на куски молотком. Для придания сырцовой меди товарного вида ее подвергали холодной ковке. Очень рано было обнаружено, что медь представляет собой мягкий и ковкий металл, легко уплотняющийся и освобождающийся от грубых включений при простейшей механической обработке.

Холодная ковка меди позволяла получать очень сложные изделия. Например, по такой технологии был сделан котел диаметром 0,5 м, найденный в гробнице фараона Перибсена (XXVII в. до н.э.). После освоения технологии медного литья в IV тыс. до н.э., техника изготовления медных изделий поднялась на новый уровень. Прекрасными образцами ранних изделий из меди являются таз и кувшин, найденные в гробнице египетской царицы IV династии Хетепхерес. Таз и корпус кувшина выкованы, носик же кувшина отлит, вставлен в специально подготовленное отверстие и прикреплен к корпусу холодной ковкой.

Народами, достигшими наиболее значительных успехов в освоении технологий металлургии меди уже в хальколите, в настоящее время считаются шумеры в Месопотамии, иберы на Пиренейском полуострове и народы населявшие в то время Малую Азию. Интересные археологические находки, также датируемые IV тыс. до н.э., были сделаны в 1972 г. в Болгарии недалеко от города Варна. Там был обнаружен древний некрополь с большим количеством золотых и медных изделий. Всего было исследовано более 60 захоронений и найдено свыше 2000 металлических предметов. Некоторые исследователи считают, что сокровища из Варны представляют собой свидетельство более высокой культуры, чем культура современных им цивилизаций.

При всех своих достоинствах медь имела и очень существенный недостаток: медные инструменты быстро затуплялись. Даже в холодноупрочненном состоянии износостой-

кость и другие свойства меди были не настолько высоки, чтобы медные инструменты и орудия могли полностью заменить каменные. Поэтому на протяжении медно-каменного века («хальколита») камень успешно конкурировал с медью, что и нашло отражение в названии эпохи. Решающий шаг в переходе от камня к металлу был сделан после изобретения бронзы.

#### 1.4.8. Бронза и латунь

Бронзой называются сплавы меди с другими металлами. Известно большое количество бронз: свинцовая, сурьмяная, мышьяковая, висмутная, бериллиевая и проч. Наибольшую известность имеет оловянная бронза, и долгое время считалось, что именно она была первым медным сплавом, который научился производить человек. Однако в настоящее время достоверно установлено, что первые бронзы были мышьяковыми.

Выше мы уже отмечали, что минералы мышьяка (как правило, это леггоразлагаемые сульфиды) часто присутствуют в медных месторождениях. Отметим, что эти минералы обладают ярким цветом и были известны человеку еще в каменном веке. Реальгар (от араб. «рахьял-чхар» – рудный порошок) из-за ярко-красного цвета считался магическим камнем, а аурипигмент (от лат. «аурум» – золото и «пигмент» – цвет) ассоциировался с солнцем. Таким образом, сплав с некоторым содержанием мышьяка получался естественным путем уже при производстве меди. Возможно, положительное влияние на качество металла присутствия в шихте минералов мышьяка было рано замечено древними металлургами, возможно, их добавление в шихту носило ритуальный характер, но в отдельных регионах производство мышьяковых бронз началось еще в V тыс. до н.э.

Одновременно с широким производством медных и бронзовых изделий сформировалась первая индустрия металлолома, поскольку литейная технология позволяла поставить переработку изношенных и утративших потребительские свойства изделий «на поток» (рис. 1.14).

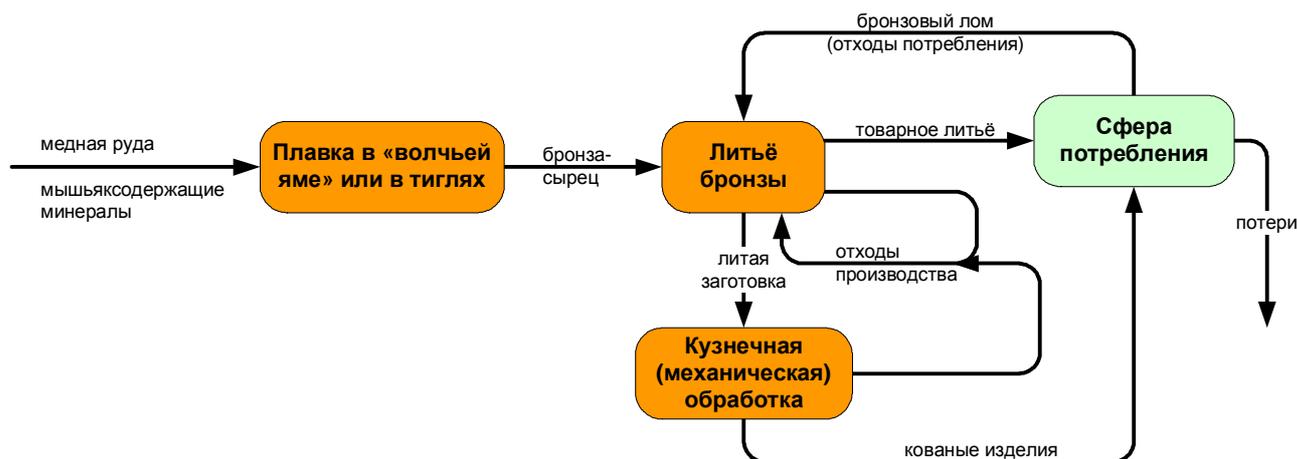


Рис. 1.14. Рециклинг лома в эпоху мышьяковой бронзы (III тыс. до н.э.)

Одним из регионов, где металлургия бронзы имеет древнейшую историю, является Кавказ. На территории Грузии, Армении и Азербайджана найдены бронзовые предметы: шильца, долота, наконечники стрел и мелкие украшения, массовое содержание мышьяка в которых составляет от 5 до 20 %. Такое высокое содержание мышьяка в сплаве может быть объяснено только его целенаправленным введением в шихту, а между тем количество найденных предметов явно указывает на массовый характер древнего производства. Аналогичные находки сделаны в Месопотамии: здесь, в местечке Норсун-Тепе, обнаружены остатки древней печи, частицы медной руды и небольшие кусочки сплава, содержащего до 6 % (масс.) мышьяка. Эти находки датируются IV тыс. до н.э.

Присутствие мышьяка в бронзе в количестве до 6 % (масс.) существенно (более чем в два раза) повышает ее прочностные свойства. При большем содержании мышьяка металл становится хрупким, но резко улучшаются его литейные характеристики. Немаловажное значение имел в древности цвет сплава: при добавлении к меди 1–3 % (масс.) мышьяка получается металл красного цвета, 4–12 % – золотистого, свыше 12 % – серебристо-белых тонов. Таким образом, можно было из мышьяковой бронзы получать изделия похожие на золотые и серебряные, особенно часто этим приемом пользовались при производстве украшений: археологами найдены литые бусы, подвески, кольца, содержащие до

30 % (масс.) мышьяка. Наоборот, древнее оружие из бронзы никогда не содержит более 6 % (масс.) мышьяка.

Можно с уверенностью утверждать, что ранний бронзовый век представляет собой эпоху безраздельного господства мышьяковой бронзы. Олово пришло на смену мышьяку только во II тыс. до н.э. Отметим, что качество изделий из оловянной и мышьяковой бронз примерно одинаково, при этом технология обработки оловянной бронзы заметно сложнее, так как зачастую требует горячейковки (хотя и при низких температурах). Редко на поверхности земли встречаются минералы олова. Почему же оловянная бронза повсеместно вытеснила мышьяковую?

Главная причина заключалась в следующем. Как мы уже знаем, в древности люди относились к металлическим предметам чрезвычайно бережно, в виду их высокой стоимости. Поврежденные предметы отправлялись в ремонт, или на переплавку. Но отличительной особенностью мышьяка является возгонка уже при температурах около 600 °С. Именно в таких условиях и проводился смягчающий отжиг бронзовых изделий при их перековке. Таким образом, теряя часть мышьяка, металл изменял свои механические свойства в худшую сторону. Объяснить это явление древние металлурги не могли. Однако достоверно известно, что вплоть до I тыс. до н.э., изделия из медного и бронзового лома стоили дешевле, чем изделия из «первородного» металла.

Было и еще одно обстоятельство, способствовавшее вытеснению мышьяка из металлургического производства. Пары мышьяка ядовиты: их постоянное воздействие на организм приводит к ломкости костей, заболеваниям суставов и дыхательных путей. Побочным явлением присутствия мышьяка в организме является быстрый рост волос и ногтей. Неудивительно, что древние металлурги не производили впечатление крепких и здоровых людей. Хромота, сутулость, деформация суставов были профессиональными заболеваниями мастеров работавших с мышьяковой бронзой.

Данное обстоятельство находит отражение в мифах и преданиях многих народов: в древнейших эпосах металлургии часто изображаются хромыми, горбатыми, иногда – карликами, со скверным, раздражительным характером, косматыми волосами и отталкивающей внешностью. Даже у древних греков бог-металлург Гефест был хромым.

В заключении разговора о медных сплавах отметим ещё один – с цинком, называемый в русском языке «латунь». Исследования последних десятилетий показали, что это сплав был достаточно широко распространён в бронзовом веке, например, его применял народ моссинэков, населявший юго-восточное побережье Чёрного моря. Наиболее известным, и едва ли не единственным, упоминанием латуни в литературе является текст произведений Платона «Тимей» и «Критий», где латунь называется «орихалком». В упомянутых произведениях Платон рассказывает о легендарной стране Атлантиде и её богатствах. Перечисляя металлы, он называет орихалк, золото, серебро и железо. Причём орихалк ставит на первое место, нигде не упоминая ни о меди, ни о бронзе. Можно сколько угодно сомневаться в истинности рассказов Платона о государственном устройстве Атлантиды, однако, с точки зрения металлурга, Платону не было никакого смысла выдумывать какой-то никому в его время не известный металл и при этом ставить его на первое место в ряду других, хорошо известных. Обозначая другие металлы, он везде использует обозначения, существовавшие в его время, поэтому можно предположить, что и орихалк во времена Платона был хорошо известен, а его название понятным не только специалистам. Другое дело, что в античном мире этот металл, по-видимому, был весьма редок, что объясняет отсутствие упоминаний о нём у других античных авторов.

Нельзя не отметить, что название «орихалк» созвучно названию медно-цинкового минерала «аурихальцит». Таким образом, если предположить, что Атлантида действительно существовала, но не имела месторождений самородной меди и оловянных руд, то её благополучие могло опираться на залежи аурихальцита или орихалка, то есть самородной латуни. Самородная латунь в природе крайне редка. Некоторое время считалось, что

существование её в самородном виде невозможно. Однако, во второй половине XX в. в одном из медных месторождений Урала были обнаружены значительные количества самородной латуни.

Отметим также, что Платон перечисляет только самородные металлы. И, если Атлантида – не миф, то можно предположить, что в основе раннего и быстрого развития атлантов лежала именно самородная латунь, которая и была первым «рабочим металлом человечества».

#### 1.4.9. Олово и оловянная бронза

Олово стало последним из семи великих металлов древности, ставшим известным человеку. Оно не присутствует в природе в самородном виде, а его единственный минерал, имеющий практическое значение, касситерит (от греч. «касситерос» – олово) является трудновосстановимым и малораспространенным. Тем не менее, и этот минерал был известен человеку уже в глубокой древности. Дело в том, что касситерит является спутником (хотя и редким) золота в его россыпных месторождениях. Благодаря высокой удельной массе золото и касситерит в результате промывки золотоносной породы оставались на промывочных лотках древних старателей. И хотя факты использования касситерита древними ремесленниками неизвестны, сам минерал был знаком человеку уже во времена неолита.

По-видимому, впервые оловянная бронза была произведена из полиметаллической руды добытой из глубинных участков медных месторождений, в состав которой наряду с сульфидами меди входил и касситерит. Древние металлурги, уже располагавшие знаниями о положительном влиянии на свойства металла реальгара и аурипигмента, достаточно быстро обратили внимание на новый компонент шихты – «оловянный камень». Поэтому появление оловянной бронзы произошло, скорее всего, сразу в нескольких промышленных регионах Древнего Мира. Известно, что новый сплав в значительных количествах

выплавляли в начале II тыс. до н.э. в Индии и Индокитае, в Малой Азии, на Пиренейском полуострове (иберы), на островах Эгейского моря.

Также оловянная бронза применялась в Древнем Египте. В гробнице высокопоставленного египетского чиновника XVIII династии (Новое царство, около 1450 г. до н.э.) найдено изображение технологического процесса получения бронзовых отливок (рис. 1.15). Трое рабочих под наблюдением надсмотрщика подносят металл. Двое рабочих с мехами раздувают огонь в горне. Рядом находятся изображения плавильные тигли и кучи древесного угля. В центре показана операция разливки. Иероглифический текст поясняет, что эти картины иллюстрируют отливку больших бронзовых дверей для храма, и что металл по приказу фараона доставлен из Сирии. Факт отливки столь крупного изделия позволяет считать, что к тому времени египетскими мастерами был накоплен серьёзный опыт в области литья бронзы.



Рис. 1.15. Литьё бронзы в Древнем Египте (Новое царство, около 1450 г. до н.э.).

Древнейшим предметом из олова считаются браслеты, найденные на острове Лесбос. Они датируются III тыс. до н.э. Тем не менее, из этой единичной находки трудно делать выводы о степени распространенности металла в эпоху бронзового века. Даже в I тыс. до н.э. металлическое олово имело крайне ограниченное распространение: оно применялась, главным образом, для изготовления мелкой косметической посуды и некоторых деталей защитного вооружения, требовавших высокой пластичности (например, из олова делали «книмиды» – доспехи защищавшие голени ног, которые держались на них без

шнуров и застежек, а лишь благодаря упругости и эластичности). Практически все добываемое в то время олово расходовалось на производство бронзы.

Главными месторождениями олова в эпоху Древнего мира были: Испания, Индокитай, Британские острова, которые греки называли «оловянными» – касситеридами, кроме того, оловянная руда добывалась на Апеннинском полуострове (этрусками), в Греции (в Хризейской долине около города Дельфы), в Сирии.

Олово было одним из наиболее дефицитных и дорогих металлов Древнего Мира, даже в Римской империи, распоряжавшейся ресурсами всего Средиземноморья, олово стоило в 7–10 раз дороже свинца.

Преимущества оловянной бронзы перед медью, мышьяковой бронзой и латунью заключались в высокой твердости, коррозионной стойкости и прекрасной полируемости. От способности олова повышать твердость бронзы и происходит его современное международное название. Отметим, что корень «ст», звучащий в слове «стан» и во многих производных от него словах современных языков, является одним из древнейших общеиндоевропейских корней и обозначает признак прочности или устойчивости. Целый ряд предметов быта и вооружения стало возможно производить только после освоения технологии производства и обработки оловянной бронзы. Это относится, например, к изготовлению длинных мечей, бритвенных ножей, но, особенно, к полированным зеркалам. Можно сказать, что появление оловянной бронзы ознаменовало собой переворот в древней магии.

Особое отношение к зеркалу характерно для всей территории древней Евразии. С помощью зеркала древний человек мог вступать в магические отношения с потусторонним миром: у многих народов существовало представление об отражении лица в зеркале, как о выражении духовной сущности человека. В связи с этим нельзя не вспомнить, сохранившееся до наших дней поверье, согласно которому разбитое зеркало означает несчастье. Возможно, оно является следствием представления о гибели зеркала, как следствия смерти человеческой души. Интересно, что в погребениях скифов, сарматов и гуннов,

найденных в Поволжье, Приуралье и на Алтае и охватывающих период от V в. до н.э. до V в. н. э., часто встречаются разбитые зеркала.

Наибольшее распространение зеркало получило в качестве главного ритуального предмета культа женского солнечного божества. В эпоху античности ручки зеркал обычно выполнялись в виде женской фигуры, держащей над собой зеркало. Зеркало было главным атрибутом богинь Солнца в Иране, Египте, Индии, Китае и Японии. Особое отношение к зеркалу отразилось на выборе металла для его изготовления. Цвет и блеск, имитирующие солнечный, высокая отражательная способность и нетускнеющая поверхность – таков был уровень требований, предъявляемых в древности к зеркальному сплаву. И этим сплавом стала оловянная бронза.

В зеркалах, как ни в одном другом виде бронзовых изделий, можно проследить этапы освоения древними мастерами технологии термической и механической обработки медно-оловянных сплавов. Например, древние греческие, египетские, скифские зеркала начала I тыс. до н.э. и содержащие до 12 % (масс.) олова, подвергались только холодной ковке, что не давало возможности достигать высоких параметров твердости и полируемости. Этруски делали зеркала из сплава с 14–15 % (масс.) олова. Перед холодной ковкой такой сплав необходимо было подвергнуть «гомогенизации» – выдержке при определенной температуре для растворения хрупкой эвтектики. Этрусские металлурги проводили гомогенизацию сплава в течение 4–5 ч. при температуре около 650 °С. Поэтому этрусские зеркала обладали прекрасной полируемостью и высокой коррозионной стойкостью.

Еще больше олова, до 23 % (масс.), содержат золотисто-желтые зеркала сарматов изготовленные в V–III в. до н.э. Изделия из такого сплава можно было получить только путем горячейковки бронзы при температуре «красного каления» (600–700 °С) и последующей закалки в воде. Подобную технологию использовали также в Индии, Китае и Таиланде.

Наконец, на пороге новой эры практически повсеместное распространение получил тройной сплав меди, олова и свинца. Такие бронзы, содержащие до 30 % (масс.) олова и до 7 % (масс.) свинца, являются самыми твердыми и сложными для обработки. Но они позволяют производить металл с высокой отражательной способностью и коррозионной стойкостью, а также с прекрасными литейными свойствами и полируемостью. Изделия из такого сплава получили особенно большое распространение в Китае, Средней Азии и Римской империи, хотя Плиний отмечает, что они имели чрезмерно высокую стоимость и были доступны только очень состоятельным людям.

По мнению большинства историков, своим названием бронза обязана крупному римскому порту Брундизию (совр. Бриндизи), через который осуществлялась торговля империи с восточными странами. Однако существует и другая версия, упоминаемая римским историком Плинием, который считал, что название металла происходит от персидского слова, обозначающего «блеск меча».

Итак, освоение технологии производства бронзовых изделий существенно обогатило знания древних металлургов. При выплавке бронзы впервые была освоена технология составления шихты из нескольких компонентов, а при обработке сплава стали применяться горячая ковка и закалка изделия.

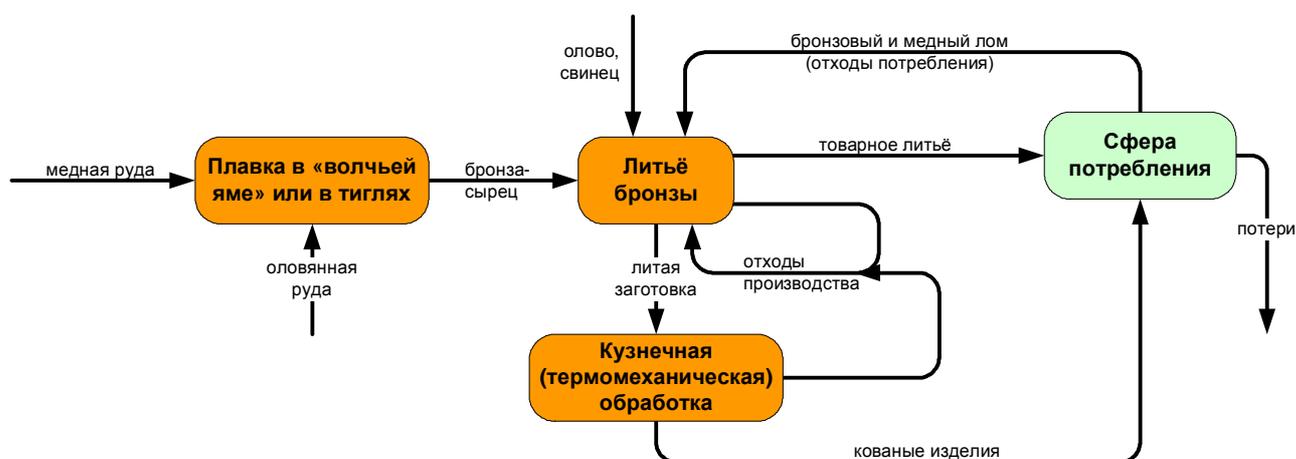


Рис. 1.16. Рециклинг лома в эпоху оловянной бронзы (II тыс. до н.э.)

С превращением оловянной (а затем и свинцовой) бронзы в основной рабочий металл цивилизации, технология рециклинга металлолома усложнилась (рис. 1.16). На литейной стадии производства в металл стали добавлять металлические олово и свинец, а кузнечная обработка литых заготовок стала включать операции горячейковки и закалки. Развитие получила торговля бронзовым и медным ломом.

## Глава 2. МЕТАЛЛУРГИЯ В ЦИВИЛИЗАЦИИ ДРЕВНЕГО МИРА

*«Введение железа в каком-либо народе  
означает конец его дикого существования  
и начало образованности»*

*Юлий Цезарь, «Записки о галльской войне»*

### 2.1. «Технократические» государства Древнего мира

Значительные усилия исследователей истории человечества, предпринятые в последние десятилетия XX в. с применением самых различных методов существенно изменили научные представления о ранних этапах развития цивилизации. Оказалось, что наряду с хорошо известными со школьной скамьи государствами Средиземноморья, Средней Азии, Индии и Китая существовали и другие, обладавшие даже более развитой производственной культурой. Лидерство этих государств (или, как чаще их называют историки, государственных образований или племенных союзов) в развитии, в частности, металлургических технологий в период раннего Железного века сейчас представляется бесспорным. Такие государственные образования, о некоторых из которых будет рассказано ниже, уместно называть «технократическими», в отличие от упомянутых «авторитарных» государств, небезуспешно доказавших свое право на жизнь за счет жесткой организации стратегически важных отраслей производства и структуры общественных отношений.

Вообще историю развития человеческой цивилизации в известной степени можно представить в виде постепенно сменяющих друг друга технократических и авторитарных структур. Первые обеспечивали быстрое развитие производственной базы общества «в ширину», вторые, успешно выделяя наиболее прогрессивные технические и технологические решения, за счет лучшей организации всей производственной структуры

добивались выдающихся успехов, идя «в глубину» и превосходя, в итоге, своих более изобретательных, но менее целеустремленных учителей. История знает немало подобных примеров. Хорошо известно, что технология добычи и обработки золота была заимствована жителями Древнего Египта у соседних народов из страны, которую египтяне так и называли «Золотая» – Нубия (от древнеегипетского слова «нуб», что значит «золото» или «золотая земля»). Небывалое могущество ассирийского царства в 900–600 гг. до н.э. опиралось на технологии извлечения (экстракции) металлов из руд и металлообработки, перенятые им у соседней державы хеттов, распавшейся в результате переселения на территорию Греции и Малой Азии дорийских племен на рубеже I тыс. до н.э. Возвышение Римской империи не было бы возможным, не окажись римляне примерными учениками, перенявшим и внедрившими лучшие металлургические технологии заимствованные ими у этрусков и кельтов. Это перечисление можно продолжить, причем примерами не только из древней, но и из последующей истории цивилизации. Вышеописанная закономерность в развитии человечества будет подробно рассмотрена далее, в разделе «Ресурсы как фактор государственного развития».

Рассуждая о технократических цивилизациях Древнего Мира нельзя не затронуть вопрос о древних металлургических центрах, послуживших основным источником знаний о технологиях экстракции и обработки металлов. По современным представлениям, которые хорошо коррелируются с изложенной ранее гипотезой о постепенном закономерном открытии человечеством новых материалов и металлов из отходов (или в качестве отходов) ранее освоенных производств, появление металлургии железа изначально происходило не в одном, а в нескольких регионах. Чаще всего называются два таких региона: Малая Азия (конкретно Анатолийское плоскогорье), где металлургию железа осваивали и развивали последовательно: хатти и хетты, и предгорья Гималаев в истоках Инда, т.е. район так называемого Пятиречья (современный Пенджаб). На наш

взгляд недооцененной в этом отношении остается роль Уральского региона и Индокитайского полуострова.

### 2.1.1. Хеттское государство – родина железа?

Азиатская часть современной Турции (называемая также Малой Азией) – полуостров Анатолия – с древнейших времен была связующим звеном, соединявшим Азию с Европой (рис. 2.1). Однако не только благоприятным географическим положением, хорошим климатом и плодородием почв отличалась Малая Азия в древности. Решающую роль в экономическом и культурном развитии Анатолии играли ее природные богатства. В недрах полуострова находились богатейшие и относительно легкодоступные месторождения металлов, что сыграло огромную роль в экономической и политической истории обществ, формировавшихся с начала бронзового века в различных районах Малой Азии.

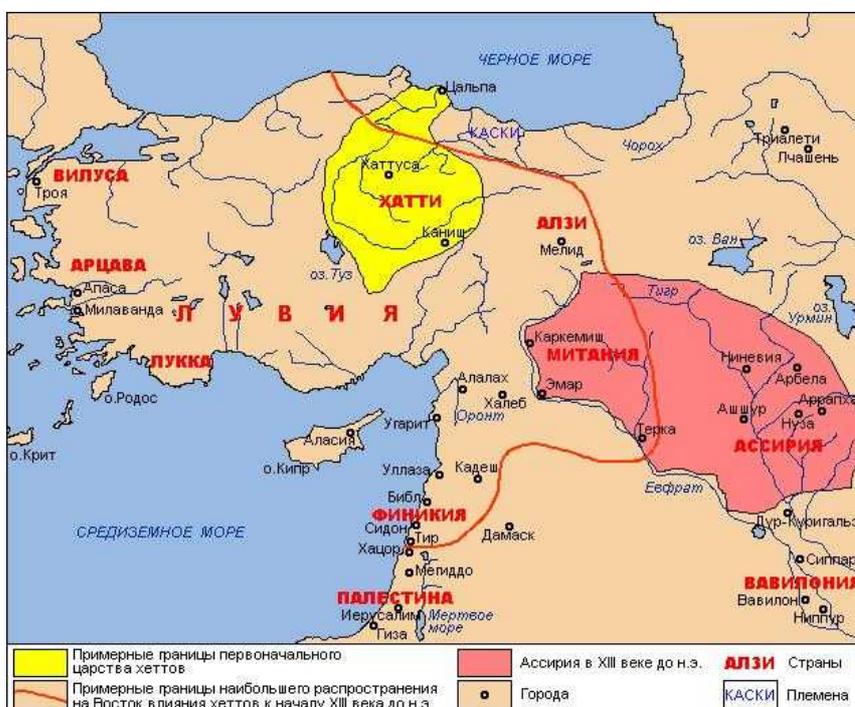


Рис. 2.1. Хеттское государство

В периоды энеолита и раннего бронзового века значительных успехов в экономическом и культурном развитии добилась Центральная Малая Азия, на что указывают датированные VI–V тыс. до н.э. археологические материалы, обнаруженные на городищах Аладжа-Хююка, Алишар-Хююка, Хороз-тепе, Кюль-тепе.

Именно при раскопках Аладжа-Хююка были обнаружены считающаяся в настоящее время древнейшими (датированные некоторыми специалистами VI тыс. до н.э.) предметы из железа рудного происхождения – небольшие крицы, произведенные, по-видимому, тигельным способом.

Следует отметить, что в эпоху бронзового века из Малой Азии в рамках активных торговых операций в больших количествах вывозилось золото, серебро и медь, в то время как вывоз железа и железной руды местными властями, по-видимому, был запрещен, в виду чего иноземные купцы пытались заниматься их контрабандой. К концу III тыс. до н.э. на большую часть анатолийского полуострова распространилось название «страна хатти», хотя в действительности племен, населявших Малую Азию было много больше. В это же время в Анатолии возникли несколько политических образований типа городов – государств: Каниш, Хаттуса, Бурушхатум (Пурусханда), Куссар, Цальпа, Вашхания и др. В них пользовались письменной аккадской клинописью, заимствованной у ашшурских купцов.

Новая страница в жизни Анатолии началась около 2000 г. до н.э., когда на территорию полуострова проникли индоевропейские племена хеттов (в египетских источниках – народ Kheta). Подробности их происхождения не ясны до сих пор. Открытие хеттов принято считать одним из наиболее значимых событий в истории археологической и филологической идентификации.

До начала XX в. ученые почти не знали о хеттах. В нескольких дошедших до нас египетских и ассирийских надписях, а также в Библии встречаются упоминания о «стране Хетта». Из египетского источника можно понять, что около 1300 г. до н.э. хет-

ты воевали с Египтом за господство над Сирией и Палестиной. Борьба проходила с переменным успехом и ни одной из сторон не удалось одержать решительной победы над противником. В итоге хетты не уступили мощной египетской державе ни на поле битвы, ни в искусстве дипломатии.

Начавшиеся в конце XIX в. раскопки в центральных районах Малой Азии показали, что центр Хеттского государства располагался именно здесь. Археологи нашли сотни глиняных плиток, покрытых упоминавшейся выше аккадской клинописью. Прочесть их, однако, не удалось – надписи были составлены на неизвестном в то время хеттском языке. Расшифровать их смог в 1915 г. чешский языковед Бедржих Грозни. Он доказал, что хеттский язык родственен славянским, германским, романским языкам, составляющим индоевропейскую языковую семью (чтобы убедиться в этом достаточно сравнить хеттские слова «ватар» и «небишь», с их русскими аналогами «вода» и «небо»). Это открытие стало научной сенсацией. Получалось, что хетты стояли особняком на Древнем Востоке, другие народы которого говорили на языках афро-азиатской семьи, похожих на современные арабский и еврейский. В научной литературе население Хеттской империи, говорящее на вышеупомянутом, так называемом «несийском» языке, и принято называть хеттами, в отличие от древнего населения этой страны – хатти, в обиходе у которого был свой язык, получивший название «протохеттского».

Рассказывая о языке хеттов, нельзя не отметить родственность хеттского названия меди «кувана» со славянским корнем «ков» и многочисленными производными от него словами. Общность хеттского и славянского терминов, связанных с одним из первых металлов человечества, говорит о глубокой древности знакомства наших общих предков с металлургией. При этом общность хеттского термина именно со славянским, а не с германским, греческим, итальянским или другим, указывает на наибольшую близость хеттов именно к праславянам, хотя нельзя не отметить, что в те далёкие времена все индоевропейские языки были ещё очень близки друг к другу.

Остается неясным, откуда хетты пришли в Малую Азию – с запада (с Балканского полуострова) или же с востока, через горные перевалы Кавказа, однако следует отметить, что заселенные хеттами земли сильно отличались от обширных речных долин Нила, Тигра и Евфрата, где зародились другие великие цивилизации Древнего Мира.

Страна, ставшая ядром хеттской державы, находилась в восточной части центрального плато Малой Азии. Она была в основном расположена по среднему течению реки Галис (ныне Кызыл-Ирмак, в Турции) между горными системами Тавра (на Юге) и Понта (на Севере). Впоследствии, примерно с VI–V вв. до н.э., эта территория стала называться Каппадокией.

На плато, окруженном горами, отделяющими его от Черного и Средиземного морей, господствовал континентальный климат. Атмосферных осадков выпадало немного, поэтому для развития земледелия здесь по большей части требовалось искусственное орошение. Неудивительно, что в большинстве районов Хеттского государства разведение скота оказалось выгоднее, чем земледелие. Незря хетты слыли на Востоке прекрасными коневодами; их колесничное войско представляло собой грозную силу.

Присматривать за многочисленными отдалёнными горными долинами хеттские цари доверяли своим родичам или вельможам. Таким образом, Хеттское государство складывалось из мелких полусамостоятельных княжеств. На первый взгляд, оно казалось слабее своих соседей (некоторые историки называют его «рыхлым», слабоорганизованным). Однако государство хеттов длительное время прекрасно выдерживало военные столкновения с сильными соперниками. За шесть столетий своей истории (1800–1200 гг. до н.э.) оно не проиграло ни одного противоборства.

В чём же секрет силы Хеттского государства? Рассмотрим устройство хеттского общества более подробно. Благодаря наличию в Малой Азии рудных месторождений и лесов хетты в отличие от соседних государств, располагавшихся в долинах больших рек, имели в достатке металлы и древесину, они отказались от посредничества асси-

рийских и вавилонских купцов и пользовались благами природы самостоятельно. Поэтому во время военных конфликтов хеттские цари не стремились захватывать ключевые торговые дороги и города, как это делали правители Египта, Ассирии и Вавилона. У хеттов всё было свое, и они могли планировать свои военные походы более свободно, не тратя времени на овладение морским портом, водной переправой или укреплением на важном торговом пути. Хеттские войска наносили тщательно подготовленные удары по обширным территориям, охватывая со всех сторон пункты, оказывавшие наибольшее сопротивление. Именно так был захвачен в 1595 г. до н.э. Вавилон, а в конце XV в. до н.э. завоёваны большая часть Митании и Куццуватна (современная Юго-Восточная Турция и Ливан).

Важную роль играло и то, что Хеттское царство не имело природных границ в виде крупных рек, горных цепей или труднопроходимых пустынь. Окружённое в той или иной степени зависимыми от него княжествами, оно надёжно чувствовало себя за этим достаточно широким «рыхлым» поясом. Хетты не хуже своих соседей умели собирать силы в кулаках, когда это было необходимо, однако в их отношениях с зависимыми от них странами существовала специфическая особенность. Ее существо можно понять из наставлений, которые давал своему преемнику хеттский царь Мурсили: *«Общайся только с придворными! От горожан и крестьян царю нечего ожидать. Им нельзя верить, а общение с ничтожными лишь порождает опасность»*. В аналогичном обращении египетского фараона Ахтоя смысл иной: *«Не делай различия между сыном знатного человека и простолудином. Приближай к себе человека за дела его...»*. Конечно, Ахтой не был «демократом». Просто он знал, что главная угроза трону происходит от непокорных египетских вельмож. Мурсили же твердо рассчитывал не верность хеттской знати. Почему? Дело в том, что отношения между царём и «благородными» людьми у хеттов носили иной характер, нежели в Египте или Вавилоне. В отличие от Древнего Востока, знатные хетты не считались рабами царя, как остальное население,

по-видимому, у хеттов было развито присущее индоевропейским народам представление о «благородстве» как о врождённом качестве; оно не зависело ни от степени близости к царю, ни от занимаемой должности.

«Чистыми», т.е. свободными, хетты признавались, если не несли отработочной (луццы) или продуктовой (саххан) повинности. Они объединялись в собрание воинов – «панку», от мнения которого зависел выбор нового монарха из числа представителей царского рода. Поэтому, царь не оказывал давления на знать, бывшую надёжной опорой трона. Таким образом, организация хеттского общества резко выделяет его среди современных ему авторитарных государств. Необходимо также отметить особую роль Хеттской религии в социальной жизни общества. Как считали сами хетты, существовала «тысяча богов Хатти», включавшая божества хаттского, индоевропейского (несийского, лувийского, палайского, арийского), хурритского, ассиро-вавилонского и другого происхождения. Главным божеством был бог грозы, именуемый «царем неба, господином страны Хатти», супругой которого считалась богиня Солнца.

Технократический характер хеттского государства хорошо отражен в письменных источниках, где подробно описана деятельность плотников, каменщиков, ювелиров, гончаров, пекарей, сапожников, прядильщиков, портных, ткачей, рыбаков, поваров, медников. Археологами обнаружены кварталы, которые можно определить как профессиональные мастерские. Поблизости от Аладжа-Хююка был раскопан квартал горшечников с двумя печами для обжига гончарных изделий. В Богазкёе обнаружен квартал, в доме-мастерской которого осталось большое количество металлургического шлака. Прядением и ткачеством занимались на дому: большое количество веретён и грузиков от ткацких «станков» обнаружено во многих поселениях Центральной Анатолии.

Добыча и обработка металлов (меди, бронзы, золота, серебра, свинца и железа) и поделочных камней (ляпис-лазури, мрамора, яшмы, диорита), как уже отмечалось выше, издавна занимали особое место в хозяйственной жизни Малой Азии. Наиболее рас-

пространёнными металлами у хеттов были бронза и медь, из которых производили основные виды орудий производства, оружия, различной утвари, культового инвентаря, украшений и т.п. Золото и серебро имели меньшее практическое применение, если не считать их важное значение (в особенности серебра) в качестве мерил стоимости. Из них изготавливались посуда, различные украшения, предметы культово-ритуального значения и т.д.

Памятники хеттского искусства обращают на себя внимание многообразием и оригинальностью форм и типов (серебряные и бронзовые фигурки животных, чаши и кувшины из золота, золотые орнаменты, уникальные каменные идолы из Кюль-Тепе, образцы керамики (посуда, ритоны, вазы)). Высокого уровня достигла в Хатти обработка камня, прекрасным примером которой признается высеченная в скале скульптур-



Рис. 2.2. Хеттский воин (барельеф на Царский вратах Хаттусы)

ная галерея в Язылыккая. Сохранились оригинальные образцы хеттской глиптики: на царских печатях помещены надписи, выполненные хеттской иероглификой и клинописью. Специалисты считают хеттское искусство в целом довольно примитивным в сравнении с искусством современных ему речных цивилизаций Египта и Месопотамии, однако нельзя не отмечать присущую ему внутреннюю энергию, особенно заметную в резных рельефах (рис. 2.2). На них, в частности, отчетливо заметны антропометрические особенности хеттов (например, брахикефалия – круглоголо-

вость), отличавшие их от предшественников и современников в Анатолии.

Производство и применение железа являются исключительной особенностью производственной культуры хеттского общества, что подтверждается данными хеттских клинописных текстов, датируемых XV–XIII вв. до н.э. Существовали разные виды метеоритного и земного, рудничного железа («железо» и «небесное железо», «чёрное железо», «хорошее железо», «железо очага»). По обработке «хорошего железа» (видимо, стали) Центральная Малая Азия занимала лидирующее положение среди современных хеттам стран Ближнего Востока. В хеттских текстах сохранились сведения о массе (от 1 сикля, т.е. около 8,4 г до 90 мин, т.е. около 45 кг) и размерах железных изделий. В большом количестве изготавливались из железа ларцы, кинжалы, ножи и их лезвия (клинки), постаменты для статуэток божеств, сами статуэтки, предметы культоритуального назначения и т.д. В хеттских текстах упоминаются железные статуи богов и животных, но все эти предметы носили особый характер: они посвящались храмам либо предназначались в подарок царям. По-видимому, самое раннее упоминание о таких крупных предметах содержится в надписи царя Анниты (около 1750 г. до н.э.), где он отмечает, что им получены в качестве дани от города Пурусханды железные скипетр и трон. В хеттских текстах упоминаются кузнецы по железу («железоделатели»), сопоставляемые с кузнецами по золоту, серебру и меди. По-видимому, железоделательная техника была освоена в хеттский период лишь несколькими искусными мастерами, которые могли назначать высокую цену за свои изделия. Однако, железо производили в самых разных местах Хеттского государства, в особенности в северных и северо-восточных районах.

Превосходство народов Малой Азии в умении как обрабатывать, так и выплавлять железо подтверждается знаменитым фрагментом из письма хеттского царя Хаттусили III к одному из современников, вероятно, фараону Рамзесу II: «Что до хорошего железа, о котором ты мне писал, хорошего железа в Киццуватне нет. Сейчас плохая по-

ра для производства железа. Они сделают хорошее железо, но пока еще не закончили работу. Когда они закончат, я pošлю его тебе. Теперь я посылаю железное лезвие для кинжала».

Опрометчиво было бы вычитывать слишком многое из этого отрывка. Он не доказывает, например, что хеттский царь накладывал эмбарго на вывоз железа для военных целей. Ссылку на «плохую пору для производства железа» можно объяснить, предположив, что, как и в других современных ему обществах, у хеттов выплавкой железа занимались крестьяне в домашних условиях зимой, когда на полях не было работы. Таким образом, вполне вероятно, что поздним летом или осенью запасы железа сильно оскудевали.

Как бы ни были искусны хетты в производстве железных изделий, общий уровень технологии оставался недостаточным для превосходства железных орудий труда и оружия над бронзовыми. Поэтому и хеттская армия, уже имевшая на вооружении некоторое количество железного оружия, не имела безусловного преимущества над войском противника, вооруженного бронзовым оружием. Хеттское государство, в итоге, пало под давлением племен Эгейского Мира, вторгшихся на территорию Малой Азии в конце XIII века до н.э. Египетские источники называют эти племена «народами моря» и отмечают, что «ни одна страна, начиная с Хатти, не устояла перед их войсками». Хеттская держава перестала существовать примерно в то же время, когда в войне с ахейцами пала и знаменитая Троя, непосредственно связывающая цивилизации Малой Азии и Балканского полуострова.

## 2.1.2. Этруски – предтечи европейской цивилизации

*«Чего люди сумеют добиться,  
возделывая землю, плавя металл  
и возводя строения,  
зависит от их духовной силы»*

*Гай Саллюстий, римский историк, об этрусках*

После падения хеттского государства распространение знаний о металлургии железа не только не ослабевает, но, наоборот, приобретает новый импульс. Данное обстоятельство может быть объяснено, с одной стороны, переселением ряда народов, входивших в состав хеттской державы, на новые территории, а, с другой стороны, аннексией некоторых хеттских земель могущественными соседями, прежде всего, Ассирийским царством. По-видимому, от хеттского племени халиберов получили знания о металлургии железа древние греки. Народом же, который явился прямым наследником хеттских металлургических традиций многими историками признаются расены, как они называли себя сами, или этруски, как их называли римляне. Справедливости ради, необходимо отметить, что существует и другая версия происхождения расенов, базирующаяся на теории переселения их на Аппенинский полуостров из Уральского или Алтайского центров – постепенно: через регионы Дона и Дуная.

Подобно другим технократическим цивилизациям Древнего Мира этруски остаются для современной исторической науки загадкой. По вопросу их происхождения не существовало единого мнения еще в древности. В V в. до н.э. греческий историк Геродот предположил, что тирренцы (как называли расенов греки) пришли в Италию из Малой Азии, а точнее из Анатолии, в период между 1200 и 900 гг. до н.э. (т.е. в результате дорийского переселения, приведшего к падению хеттской империи). Причем, по мнению Геродота, тирренцы воспользовались водным путем, колонизовав вначале острова между Сицилией, Сардинией, Корсикой и побережьем Аппенинского полуостро-

ва. Упомянутое водное пространство и теперь носит название Тирренского моря. В согласии с Геродотом вопрос о происхождении этрусков – тирренцев решали римские историки Страбон, Плиний Старший и Тацит. По мнению другого греческого историка, Гелланика из Митилены, этруски – это потомки протогреческого племени пеласгов, принимавшего участие в дорийском переселении, а затем достигшего водным путем устья реки По. Дионисий Галикарнасский считал этрусков исконными жителями Италии. Наконец, по наиболее поздней версии немецкого ученого Нибура этруски попали в Италию по суше с севера, через Восточные Альпы. В пользу последней версии говорит то обстоятельство, что археологические памятники, аналогичные раннеэтрусской культуре (так называемой культуре Виллановы), открыты в некоторых районах Юго-Восточной Европы, главным образом на территории нижнего течения Дуная.

Язык этрусков, который с покорением Италии Римом был вытеснен латинским языком, оставив в нем значительные следы своего влияния, известен из многочисленных (свыше 9 тыс.) надписей. Этрусский алфавит, по-видимому, был создан по греческому (халкидскому) образцу. Фонетика и морфология этрусского языка до сих пор изучены недостаточно, а синтаксис и семантика практически совсем не исследованы. Не решен и вопрос о принадлежности этого языка к какой-либо лингвистической группе: различные ученые доказывают его связь и с урало-алтайскими, и с финно-угорскими, и с кавказскими, и с протохеттскими языковыми группами. По одной из современных версий этрусский язык имеет индоевропейское происхождение и родственен славянским языкам. Последнее утверждение можно проиллюстрировать на следующих примерах: этрусское слово «торна» («дорога») созвучно славянскому «торить», т.е. прокладывать дорогу; этрусское «тупи» («потоп») ассоциируется со славянским «топь»; имена главных этрусских божеств означают: Тин – «день», Поя – «полиця»; слово «лаутни» (или «лаудни»), обозначающее у этрусков «слуга» (хозяина), созвучное славянскому «люди» (хозяина). Наконец, главный гвоздь, вбивавшийся этру-

сками в стену храма, назывался «клувень», аналогичное славянское слово звучит как «главень».

Первоначальной территорией расселения этрусков было западное побережье Апеннинского полуострова – район современных Тосканы (Этрусканы) и Лация. Политически Этрурия представляла собой федерацию двенадцати самостоятельных городов-государств. В случае выбытия одного из членов федерации, например, вследствие военного разгрома или стихийного бедствия, в состав объединения принималось другое государство. Наиболее известными этрускими городами были: Вейи, Тарквинии, Цере, Вольсинии, Русселы, Ветулония, Арреций, Перузия, Волатерры, Вольцы, Кортон, Клузий, Фезулы. В каждом из независимых этруских государств кроме главного города имелись города, подчиненные метрополии. В своей внутренней жизни многие из этих подчиненных городов пользовались автономией.

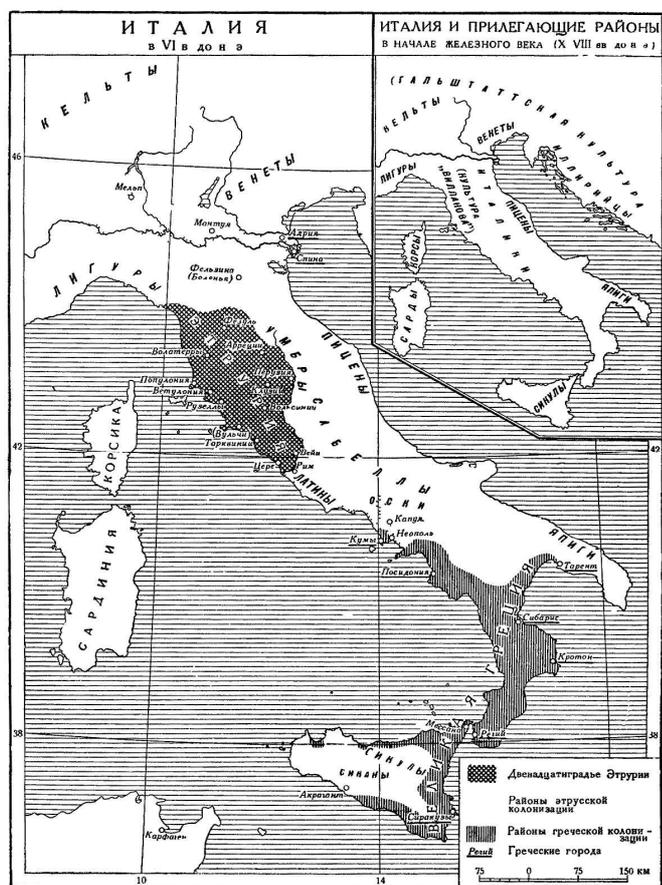


Рис. 2.3. Италия во времена этрусков

К 600 г. до н.э. этруски распространили свое влияние на территорию всей Северной и Центральной Италии (рис. 2.3). Этрусками было основано государство Тартесс в юго-восточной части Пиренейского полуострова, в их честь названо Тирренское море, а название Адриатического моря, по одной из распространённых версий, происходит от этрусской колонии Гадрия (по другой версии название морю дали греки – «Адриатика» по-гречески значит «безлесье»). Их дальнейшей экспансии препятствовали: на Юге – Карфаген, на Востоке – Великая Греция, на Севере и Западе – Кельтские государства. С соседями этруски время от времени воевали или мирились, но почти постоянно торговали, причем с немалой для себя выгодой. Одним из укреплений на торговом пути на юг была деревня, называвшаяся Римом. Под влиянием этрусков это поселение расцвело. Около 300 лет, вплоть до 510 г. до н.э. цари этрусков из династии Тарквиниев правили Римом и направляли его рост.

Федерация этрусских государств по существу являлась религиозным союзом. Каждую весну в святилище бога Вертулина в Вольсиньях собирались главы и представители этрусских городов. К этим собраниям были приурочены общенародные пиры и ярмарки. Собравшиеся обсуждали вопросы общей политики, совершали жертвоприношения и выбирали главу союза из числа двенадцати этрусских царей.

Сведения о религии этрусков сохранились лучше, чем о других сторонах жизни этрусского общества. Главными божествами этрусского пантеона были верховный бог Вертулин и троица богов – Тин, Уни и Менрва. Тин был божеством неба, громовержцем и считался царем богов. По своим функциям Тин соответствовал греческому Зевсу или римскому Юпитеру, а богиня Уни – Гере и Юноне. В образе богини Менрвы видны черты, свойственные, с одной стороны, греческой Афине: покровительство ремеслам и искусствам, а с другой стороны – римской Минерве: обеспечение плодородия земель, дарование потомства и преумножение рода.

Кроме перечисленных богов этруски поклонялись также огромному количеству добрых и злых демонов, которые во множестве изображены в этруских гробницах. Подобно хеттам, ассирийцам, вавилонянам и другим ближневосточным народам этруски представляли себе демонов в виде фантастических птиц и животных, а иногда и людей с крыльями за спиной.

Важное место в этруском обществе занимало жречество. Жрецы – гаруспики (от лат. *Haruspīcina* – гадание по печени) ведали гаданием по внутренностям жертвенных животных, в первую очередь по печени. Их репутация была столь высока, что и в последующие столетия, уже во времена Империи, римские патриции отправляли своих сыновей в Этрурию для изучения гадания по внутренностям, считая это весьма полезным для будущих полководцев.

Рабы в этруском обществе появились, по-видимому, лишь в VI–V вв. до н.э. Они выполняли роль слуг в домах и хозяйствах богатых аристократов или гладиаторов на многочисленных ритуальных представлениях. Основную массу зависимого населения составляли обрабатывавшие земельные наделы аристократа за долю урожая крестьяне, называвшиеся «этэра», а также ремесленники и обслуживающий персонал городов, именовавшиеся «лаутни».

Особую роль в светской жизни этруского государства играли «лукумоны» (лукумоны), избираемые из состава совета старшин, в который входили главы родовых общин. Власть лукумонов была пожизненной, но не наследственной. Их функции окончательно не установлены: полагают что лукумон был верховным судьей, военным предводителем и главным жрецом государства.

Основой процветания этруского общества были металлургия и земледелие. Земледелие опиралось на широкую речную сеть, в состав которой входили По, Тибр, Арно, Авенция, Весидия, Цэцина, Умбро, Альбиния и десятки других рек. Южная Этрурия, почвы которой были вулканического происхождения, имела обширные озера: Цимин-

ское, Алсеитское, Статоненское, Вольсинское, Сабатинское, Тразименское. При необходимости этруски применяли искусственное орошение, дренаж и даже регулирование течения рек. Они первыми в Италии стали строить речные каналы. Известные археологической науке древние этрусские каналы находились у городов Вейи, Спины, Коды.

Как и повсюду в Италии, в Этрурии разводили коров, овец, свиней; занимались этруски и коневодством, но в ограниченных масштабах. Конь считался у них священным животным и применялся, как и на Востоке, исключительно в военном деле.

Этруская металлургия базировалась на трех крупнейших для того времени полиметаллических месторождениях: на севере металлоносные рудники располагались в районе Сиены, на юге – в горах Толфа у Чивитавекья. Главным же районом добычи руд, прежде всего железных, был остров Ильва (современная Эльба). Греки называли этот остров Эталия – «Дымный» – из-за сильного дыма от множества плавильных печей. Историк Диодор Сикул сообщает, что издали вместо острова виднелась лишь «густая пелена дыма». Этрурия контролировала самые значительные запасы меди, драгоценных металлов и, возможно, олова в центральном районе Средиземноморья.

Археологи обнаружили на земле этрусков шахты, тоннели, конусообразные плавильни и гигантские кучи шлака. Шахты оказались настолько богатыми, что их стали снова эксплуатировать во время II Мировой войны для нужд итальянской военной промышленности. Итальянские исследователи подсчитали, что за период своего двухсотлетнего расцвета (VI–V вв. до н.э.) этруски выработали, по крайней мере, полмиллиона тонн железа.

Необходимо отметить, что добываемая на Ильве руда представляла собой минерал сидерит. При его термообработке выделялось большое количество углекислого газа, что затрудняло ход плавки. Поэтому процесс проводили в две стадии: сначала руду обжигали в открытых печах простой конструкции, а потом собственно плавил в сыродутных горнах для получения кричного железа. Такая обработка руды требовала боль-

ших затрат древесного угля и леса на острове были быстро вырублены. После этого производство железа было перенесено на материк – в основном в район Популонии, Ветулонии и Волатерр. Кроме того, мастерские по производству изделий из железа обнаружены археологами в ПUTEОЛЕ, Капуе, Ноле, Суессе, Марцаботто.

В октябре 1999 г. в Пьомбино и на Эльбе состоялась конференция, посвященная вопросам железа этрусков. По этому поводу тосканским кузнецом Джино Брамбилья были проведены успешные опытные плавки. Наблюдение и контроль с применением современных приборов обеспечили студенты-металлурги из Миланского университета под руководством профессора Никодеми, председателя Итальянской ассоциации металлургии (AIM), который и организовал конференцию. Председатель конференции, профессор Герхард Шперль из Леобена, был научным консультантом эксперимента, подтвердившего эффективность методов практической археологии в истории металлургии.

В эпоху римских завоеваний Этрурия сохранила роль главного металлургического центра Аппенинского региона. Известно, что когда римский полководец Сципион Африканский Старший в 205 г. до н.э. комплектовал армию для похода на Карфаген, этрусские города внесли немалую долю в сбор средств на ведение войны. Согласно списку Ливия, один лишь город Ареццо поставил тысячи шлемов, щитов, копий, боевых топоров, мечей и кинжалов – всем этим добром заполнили 40 боевых кораблей.

Общепризнанно, что этруски являются непревзойденными мастерами Древнего Мира в области ювелирных технологий и бронзового литья. Искусством, в котором этруски, безусловно, опередили свое время, является зубоврачебная техника. Археологические находки рассказывают нам, какими гениальными и изобретательными были древние дантисты. Для протезов они использовали зубы телят и волов, обтачивая их, а также вырезали протезы и коронки из кости, крепя их крошечными крючками. Этрусское изобретение – мосты – выполнялись из очень мягкого золота и крепились над

линией десен с опорой на здоровые зубы. Интересно, что все известные челюсти, над которыми потрудились древнейшие из дантистов, принадлежали женщинам. Некоторые эксперты полагают, что золотые протезы могли подчеркивать положение их владельцев в обществе. Изящная форма некоторых мостов свидетельствует о том, что дантисты преследовали не только восстановительные, но и косметические цели.

Уместно отметить, что этрусские женщины (как это вообще характерно для технократических цивилизаций) пользовались свободой, невозможной ни в одном из других регионов Средиземноморья того времени. Это подтверждают многочисленные археологические свидетельства. В фамильных склепах ложа жён устраивались с не меньшей пышностью, чем у мужей, отцов, братьев и сыновей. Сопутствующие им вещи: бронзовые зеркала, флаконы с благовониями, вазы из цветных металлов, как правило, снабжены надписями. Это свидетельствует о том, что этрусские женщины, по крайней мере, высших классов, были грамотны. Зеркала вообще представляли собой настоящие произведения искусства – они украшались мифологическими сюжетами с надписями над головами изображённых фигур, объясняющими сцену.

После замужества этрусские женщины сохраняли своё родовое имя, их не заставляли замыкаться внутри домашних стен. Настенная живопись этрусков показывает их наслаждающимися пирами и спортивными зрелищами наравне с мужчинами. Обвинения этрусков со стороны греческих и римских авторов в свободе нравов и сексуальной распущенности проистекали, по-видимому, от непонимания особенностей социального устройства этрусков представителями авторитарных обществ, где женщины пользовались немногими правами и находились на попечении отца или мужа.

Возвращаясь к разговору о ювелирном мастерстве этрусков, отметим, что всеобщее восхищение вызывают их, так называемые гранулированные украшения. Они представляют собой медные пластинки со сложными узорами, выложенными тысячами мельчайших (диаметром около 0,2 мм) золотых шариков. Ни у одного другого народа

гранулированные изделия не достигали такой высокой степени совершенства. К концу I тыс. н.э. искусство изготовления подобных украшений было окончательно забыто. Только в XIX веке исследователи предприняли попытки восстановить секреты техники, но безрезультатно. Долгое время никто не мог объяснить, как можно прикрепить золотую крупинку к медному основанию, не расплавляя ее при этом. Если бы крупинка расплавилась, капля жидкого золота растеклась бы по меди. При охлаждении растекшаяся капля приварилась бы «намертво», но был бы утрачен изысканный внешний вид изделия.

Секрет был раскрыт только в 1933 г. Технология оказалась далеко не простой. Наиболее правдоподобной представляется следующая версия: сначала узор из золотых шариков приклеивали к листу папируса, который затем накладывался на медную основу шариками вниз. Затем драгоценный «бутерброд» постепенно нагревали. Во время нагрева успевала произойти незначительная диффузия золота в медь и наоборот. В результате в чрезвычайно узкой зоне контакта шарика и пластины образовывался медно-золотой сплав.

Температура плавления чистого золота равна 1063 °С, а сплавы золота с медью плавятся при более низких температурах. Например, сплав, состоящий из равного количества атомов золота и меди, плавится уже при 910 °С. Именно это обстоятельство является ключевым для разгадки секрета ювелиров Этрурии. Они повышали температуру до тех пор, пока расплавлялась только зона образовавшегося сплава, а сами золото и медь оставались в твердом состоянии. При последующем охлаждении расплав затвердевал, и золотая крупинка, практически не потеряв своей сферической формы, приваривалась к основанию из меди. Этот процесс одновременно происходил во всех крупинках, и весь приклеенный к папирусу узор оказывался как бы «сведенным» (по аналогии с переводными картинками) на медь. Папирус при столь высокой температуре сгорал дотла, и изделие было готово. Медь окислиться не успевала, так как процесс

происходил достаточно быстро и значительную часть кислорода принимал на себя при сгорании папирус.

Секрет изготовления самих золотых шариков, применявшихся для зернения, был открыт еще позже – в 1992 г., когда удалось выяснить и доказать на практике (эксперименты были проведены в Мурло в Тоскане), что этрусские ювелиры вначале разрезали золотую проволоку на крошечные сегменты, которые затем смешивались с угольной пылью и нагревались в глиняных тиглях до 1100 °С – температуры, при которой зернышки золота начинали приобретать сферическую форму. Охлажденное содержимое выливалось из тигля, а уголь размывался, после чего зернышки сортировались по размерам.

Произведения этрусского искусства из бронзового литья представлены во многих музеях мира. Один из оригинальных экспонатов – фигурный сосуд (онхойя) в виде головы юноши, хранится в Лувре. Эта находка интересна, прежде всего, тем, что внутри сосуда найдена золотая диадема: на широкой золотой ленте закреплены листья лавра и плюща с ягодами. Концы ленты закруглены с обоих концов, на которых, как на полукруглом поле, помещен миниатюрный рельеф: Тезей, убивающий Минотавра. Столь популярный у римлян обычай украшать голову золотой диадемой был заимствован, как говорят древние авторы, из Этрурии.

К числу лучших памятников относится также бронзовая фигура лежащего юноши, выставленная в Эрмитаже. При ее реставрации было установлено, что она состоит из шести отдельно отливавшихся частей, искусно спаянных друг с другом.

Крупнейшими шедеврами древней бронзовой скульптуры признаются «Химера из Ареццо» и «Капитолийская волчица» – эмблема Вечного города, также отлитая этрусскими мастерами. Необходимо отметить, что в этрусской мифологии волку (или собаке) отводилось особое место, связанное с погребальными культами. Некоторыми исследователями высказывается предположение, что легенда о волчице, вскормившей

Ромула и Рема, была занесена в Лациум именно этрусками. Весьма символично, что этрусски, вскормившие и воспитавшие римлян, в итоге были ими же завоеваны и ассимилированы. Но случилось это уже в III в. до н.э. А первый серьезный удар по процветавшему до этого государству был нанесен силами другого мощного технократического союза Древнего Мира – кельтского. Знаменитый кельтский военный набег 390 г. до н.э. подорвал этрусскую торговлю на севере и востоке, в результате набега часть кельтских племен укрепились к югу от Альп и перерезала пути, соединявшие Этрурию с побережьем Адриатического моря. Именно с этого момента начинается постепенное ослабление этрусского двенадцатиградия, которое завершилось в 89 г. до н.э. распространением Римом на этрусков своего гражданства.

Необходимо отметить, что в культурном отношении влияние этрусков на соседние народы оставалось очень сильным и после политического и военного ослабления государства. Считается, что Рим находился под прямым влиянием этрусской культуры вплоть до I в. до н.э., а германцы, через посредство альпийских племен, переняли у этрусков руническое письмо.

### 2.1.3. Кельты – «факелоносцы древнего мира»

*Я сын Ремесла,*

*Ремесла, сына Внимания,*

*Внимания, сына Размышления,*

*Размышления, сына Знания,*

*Знания, сына Вопроса,*

*Вопроса, сына Поиска,*

*Поиска, сына Понимания,*

*Понимания, сына Ума,*

*Ума, сына трёх богов Ремесла.*

*«Разговор двух мудрецов», кельтская сага*

Происхождение кельтов, также как и происхождение хеттов и этрусков – других народов, создавших выдающиеся технократические цивилизации Древнего Мира, неизвестно. Учёные выдвигают различные версии их движения к центру Европы, где они поселились, по-видимому, около 1200–1000 гг. до н.э. В это время они занимали территорию восточной Франции, Швейцарии, юго-западной Германии, Австрии и Чехии (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Важнейшие кельтские центры и места археологических находок

Антропоморфные признаки кельтов чётко отличают их от соседних народов: германцев на севере, славян на востоке, итальянских народов на юге. Некоторые учёные даже выделяют кельтов в особую расу (кельтскую или альпийскую), характерными чертами которой являются: брахикефалия (круглоголовость), широкое лицо, тёмные глаза и волосы.

Кельтская цивилизация признаётся многими современными историками вершиной предистории Европы, первой разновидностью общеевропейской культуры. Под-

чёркивая просветительскую деятельность кельтов, известный историк Юбер называл их «факелоносцами древнего мира»<sup>1</sup>.

Название «кельты» (Keltoi) впервые было использовано Геродотом. Затем его применяли и другие греческие историки. Римляне же называли кельтский народ «галлами» (Galli) и от этого слова позже произошли названия Цизальпийская Галлия (в северной части современной Италии), Нарбонская Галлия (в южной Франции) и Трансальпийская Галлия в центре современной Франции, хорошо известная по Галльской войне, которую в последнем столетии до нашей эры вёл, а затем и подробно описал выдающийся римский военачальник и государственный деятель Г.Ю. Цезарь.

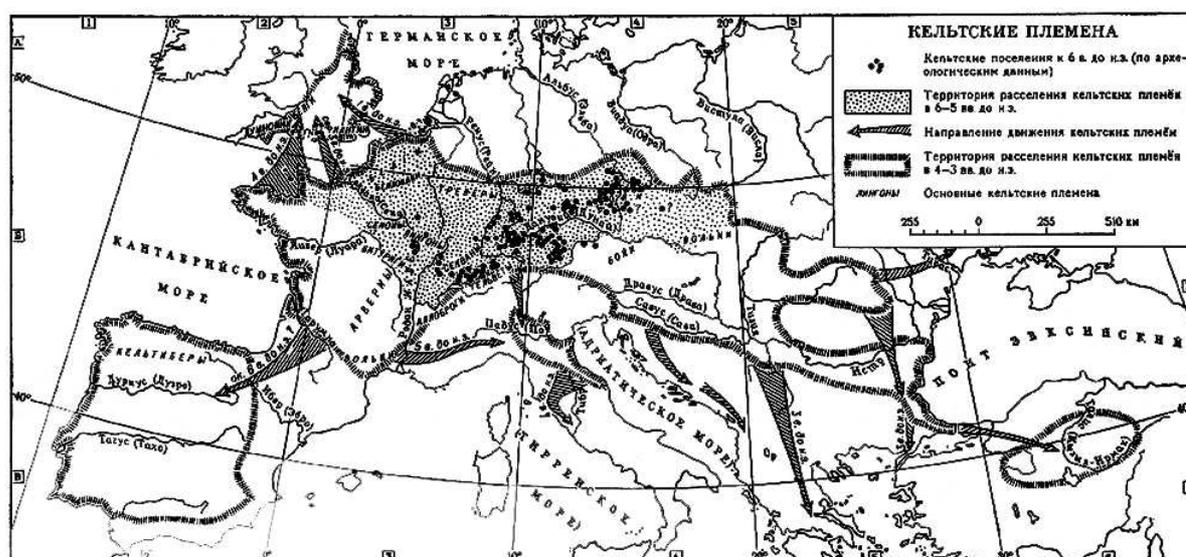


Рис. 2.5. Расселение кельтов по территории Европы

Эпоха между 800 и 400 гг. до н.э. известна как время расселения кельтов по территории Европы (рис. 2.5). В период наивысшего расцвета кельтской цивилизации их «государство» располагалось на территории современных Германии, Франции, Бельгии, Британии и Ирландии, Испании, Альпийских государств, включая бассейн реки По (который занимало племя инсубров), а также части Балканского полуострова, Карпат-

<sup>1</sup> Hubert H. The Rise of the Celts. New York, 1988

ского региона и Малой Азии, куда проникло племя галатов. О былом могуществе кельтов до сих пор говорят многие географические названия, пришедшие из кельтского языка: реки Дунай и Рейн, горы Альпы, области Галлия и Аквитания во Франции, Галисия в Испании, Богемия в Чехии, Галатия в Турции. Кельтские племена дали названия целым странам: Бельгии – белги, Швейцарии (Гельвеции – лат.) – гельветы, Британии – бритты (Brittani) и Шотландии – скотты (Scotti).

В центральной Европе до сих пор встречаются топонимы с элементами *bri* (холм), *mag* (равнина) и *dun* (форт). Кельтами были основаны Париж и Турин. До сих пор в славянских языках для обозначения западных соседей используется слово «немцы», восходящее к названию кельтского племени неметов. Таким образом, в дохристианскую эпоху в Европе доминировали кельтские диалекты. Однако специалисты до сих пор не пришли к единому мнению по вопросу о том, существовал ли когда-либо пра-кельтский язык, послуживший первоначальной основой для многочисленных позднейших диалектов, либо, наоборот, взаимопроникновение различных диалектов привело в итоге к формированию единого кельтского стиля. Считается, что кельты не сохраняли информацию в письменном виде, однако, известен (по крайней мере с 600 г. до н.э.) кельтский алфавит – «огам» (или «оуэм»). Буквы огама представляли собой набор горизонтальных и косых линий, прочерченных с одной, другой или по обе стороны от базовой вертикальной черты.

В Британии найдено около трёхсот огамических надписей, высеченных на камне. Все они надгробные и очень короткие, содержащие, как правило, имена умершего и его отца.

Известно, что огам считался священным и обычно использовался для специальных записей. Кельтские жрецы – друиды – владели и пользовались для обычных посланий и писем греческим алфавитом; но при этом позднее валлийские барды продолжали

использовать огам для записи оставшихся в их памяти традиций друидов. В конечном итоге Христианская Церковь силой вытеснила огам и заменила его латынью.

Древние античные авторы характеризовали кельтов как ярких, динамичных, ловких, воинственных и бесстрашных людей, чтивших обычаи гостеприимства, любивших пиршества. Римские источники говорят о них как о прирождённых наездниках и все как один подчёркивают щегольство кельтских женщин. Они сбрасывали брови, носили узкие пояса, подчёркивающие тонкую талию, украшали лицо налобными повязками, и почти каждая имела бусы из янтаря. Массивные браслеты из золота звенели при малейшем движении. Причёски напоминали башни – для этого волосы смачивались известковой водой. Мода в одежде – по-восточному яркой и пёстрой – часто менялась.

Кельты носили штаны – нераспространённую в античном мире одежду, свободные рубахи и плащи, которые застёгивались разнообразными застёжками – фибулами. Знатных людей украшали пояса. Женщины и мужчины носили на ногах и руках браслеты из золота, бронзы, железа, янтаря или стекла. Отличительным признаком воинов были богато украшенные металлические шейные обручи. У кельтов был закон – надо быть худым: кому не налезал «стандартный» пояс, того штрафовали.

Женщины, к которым относились с почтением, были не менее искусными воинами, чем мужчины. Любая кельтская женщина, со своим темпераментом, была опасной силой, с которой стоило считаться. В ранней кельтской истории не был необычным тот факт, что женщины воевали наравне с мужчинами.

Из описания Юлия Цезаря видно, что основу войска любого кельтского племени составляли профессиональные военные дружины со своими военачальниками (цезарь называет их «всадники»). Эти воины были хорошо обучены биться пешими и конными и имели великолепное вооружение. В случае особо крупных войн или походов набиралось ополчение из членов рода (или «паги» – так называлась у кельтов кровнородственная община). Эти воины составляли основную массу задних шеренг фаланги –

строя, который кельты применяли не менее широко, чем «цивилизованные государства». Первые ряды построения составляли воины-профессионалы. Наличие строя говорит о том, что среди ополченцев периодически проводились сборы для обучения. Такая военная система обеспечивала кельтам частые победы.

Исходя из изображений и описаний военных баталий, можно предположить, что кельты сражались почти обнажёнными, со щитом и в шлеме, и лишь в войнах с римлянами стали применять защитные доспехи. Возможно, кельты были первыми воинами-наёмниками Древнего Мира, поступавшими на службу ко всем, кто мог позволить себе заплатить ту цену, которую они запрашивали. Известно, что в армии Ганнибала число наёмников-кельтов составляло большую долю как в пехоте, так и в коннице.

В период IV–II вв. до н.э. кельты осуществляли регулярные, практически ежегодные, набеги на государства античного юга, вынуждая их откупаться данью. Наибольшую известность получил кельтский набег 390 г. до н.э., в ходе которого кельтские войска сначала разгромили римлян в битве у реки Аллия, а затем заняли и разграбили Рим. В руках у римлян остался лишь Капитолийский холм, ночное нападение кельтов на который было отбито после того, как гуси криками предупредили защитников холма о нападении неприятеля. В итоге кельты ушли из Рима, взяв выкуп в 1000 фунтов золота. Римские хроники рассказывают о том, что во время выплаты выкупа вождь кельтов Бренн бросил на чашу весов свой тяжёлый железный меч и произнёс ставшую крылатой фразу «Горе побеждённым» – римляне вынуждены были уравновесить чаши весов дополнительной порцией золота. К 150 г. до н.э. граница между Римом и кельтами проходила по реке По.

По мнению авторитетного исследователя истории европейской цивилизации Латенской эпохи М.Б. Щукина<sup>2</sup> в V в. до н.э. кельты стояли примерно на той же ступени социально-экономического развития, что и римляне, и у них даже были общие источники культурного влияния – этруски и греки. Но затем пути развития этих цивилизаций

---

<sup>2</sup> Щукин М.Б. На рубеже эр. СПб, 1994

разошлись: римляне развивали свою социально-военную организацию, а кельты совершенствовали область религиозно-мистических представлений. Самым поразительным аспектом кельтской культуры было наличие у них могущественной корпорации друидов, которые были жрецами, совершавшими жертвоприношения, предсказателями, астрологами, магами, врачевателями, воспитателями юношества, поэтами и судьями, обладавшими правом отлучения от культа тех, кто не повиновался их решениям. Построенная на принципах жёсткой иерархии и строгой внутренней дисциплины, имевшая большой политический авторитет, корпорация друидов не находит аналогий в религиозных организациях ни Древнего, ни Нового времени. Таким образом, единство кельтской цивилизации базировалось на религиозной основе.

Судя по сообщениям античных авторов, друиды были обладателями особого учения, по отношению к которому Цезарь употребляет слово «disciplina». Друиды излагали это знание своим ученикам вдали от людей и их жилищ, в тишине и как бы в непосредственном общении с «сакральным», в глубине пещер и лесов. Молодые кельты приобщались друидами к священным тайнам природы (в частности, у друидов были глубокие знания астрономии и астрологии) и человеческой жизни. Они узнавали о своих обязанностях, из которых главная состояла в том, чтобы стать воином и уметь умирать. Хотя сами друиды были освобождены от военной службы, они, тем не менее, воспитывали молодёжь воинственного народа, поскольку были «воинами знания». Под покровительством друидов находились священные дубовые рощи, и само их название возникло, по-видимому, от слова «дуб» («дрис»).

Кельты верили во множество божеств. Особенностью их религиозных представлений является то, что между подлинными богами и героями нет ясной и определённой границы. В кельтских легендах боги живут как люди, а люди переходят в мир богов.

Для кельтской религиозной традиции характерны следующие особенности:

- тройственность божественных образов (трёхголовый бог считался самым могущественным);
- широкое распространение анималистических мотивов;
- устойчивый культ богинь-матерей.

Римский поэт Лукан (I в. до н.э.) называет трёх кельтских богов, которым устраивались человеческие жертвоприношения – Тевгатеса, Эзуса и Тараниса. Человека, посвящённого в жертву Тевгатесу, топили в бочке, Эзусу – вешали на дереве, Таранису – сжигали в деревянной клетке.

Известно, что кельты совершали большие жертвоприношения перед битвами и после их победного конца, а на священных местах оставляли часть военных трофеев.

Кельтские поселения римляне называли «оппидумами», т.е. военными городами. Действительно, кельтские города обносились геометрически правильными кольцевыми крепостными валами и строились на господствующих над окружающей местностью возвышенностях. На территории современной Баварии известно восемь больших кельтских городов. 650 га занимал, например, город Кельхайм, другой город, Хайденграбен, был в два раза больше – 1600 га, на такой же площади раскинулся и Ингольштадт (здесь приводятся современные названия немецких городов, возникших на месте кельтских). Известно, как именовался главный город кельтов, на месте которого вырос Ингольштадт – Манчинг. Его окружал крепостной вал длиной в семь километров. Это кольцо было идеально с точки зрения геометрии. Древние строители ради точности круговой линии даже изменили течение нескольких ручьёв. Дома и мастерские ремесленников, занимавшихся одним видом производства, в оппидумах располагались тесными группами. Практически существовали улицы отдельных ремёсел, как это было позднее и в средневековых городах.

Основу кельтской экономики составили скотоводство, горное дело и металлургия, кроме того, кельты были выдающимися мастерами столярного дела. Немецкий писа-

тель Хельмут Биркхан в своей книге о кельтской культуре говорит, о гениальности кельтских техников, которые изобрели столярный верстак. Их повозки под лошадиную упряжь считались лучшими в Европе того времени.

Горное производство располагалось главным образом в щедрых на ископаемые ресурсы Альпах. Здесь кельты добывали медь, олово, свинец, ртуть, в том числе и из глубокозалегающих (свыше 100 м глубиной) месторождений. В Альпах были построены первые в Европе соляные шахты, а на горных реках освоена отмывка золота, добыча которого измерялась тоннами.

Однако все вышеперечисленные достижения кельтов не были бы возможны без развития металлургического производства, дававшего орудия труда для всех остальных отраслей хозяйства. Особенно интенсивно кельтские соляные копи, медные и железные рудники, железоплавильные мастерские и кузницы исследовались в последние 50–60 лет. Благодаря консервирующим свойствам соли в шахтах найдено большое количество хорошо сохранившихся орудий труда: железные и бронзовые кирки, топоры, долота, а также остатки одежд из кожи животных. Раскопки в местах рудных месторождений показали, что извлечённую из шахт руду измельчали на специальных каменных плитах при помощи больших каменных молотов. Дальнейшая переработка руды велась в обжигательных и плавильных печах.

Одним из центров железного производства был город, располагавшийся на месте современного Магдаленсберга в Каринтских Альпах. Здесь и теперь можно найти отвалы шлака двухсотметровой длины и трёхметровой ширины – это остатки переработки железной руды. Рядом стояли печи – сыродутные горны, в которых руда превращалась в металл. Неподалёку находились кузни, где продукты плавки – железные «крицы», представлявшие собой смесь металла и тестообразного шлака – после кропотливой искусной обработки становились стальными мечами, наконечниками копий, шлемами или инструментами.

Экспериментальное воспроизведение кельтской металлургии, сделанное австрийским учёным Гарольдом Штраубе, показало, что в их сыродутных горнах можно было довести температуру до 1400 °С. На умение кельтов достигать высоких температур указывает также то обстоятельство, что они были единственным европейским народом Древнего Мира, умевшим делать из расплавленного стекла браслеты, не имеющие швов. Обнаруженные археологом Г. Рикочини надписи говорят об оживлённой торговле железом и сталью с Римом, который оптом закупал их в виде слитков, напоминающих кирпичи или полосы.

Высочайших результатов достигли кельты в изготовлении так называемых «наварных» изделий, у которых на мягкую железную подоснову наваривалось (методом печной или кузнечной сварки) стальное лезвие. Длинные (до 80 см) мечи, изготовленные таким способом, были самым мощным оружием того времени. Сталь для «осталивания» оружия и инструментов кельты получали, главным образом, науглероживанием железа в огне древесного угля. Однако существовал и гораздо более эффективный способ, о котором сообщает древнегреческий историк Диодор Сицилийский из Агириона: *«...Они (кельты) закапывали прокованные железные пластины в землю и держали их там до тех пор, пока ржавчина не съедала все слабые части. Из оставшихся более прочных частей они ковали свои превосходные мечи и другое оружие. Изготовленное таким образом оружие разрезает всё, что попадает на его пути, ибо ни щит, ни шлем и ни тем более тело не могут противостоять удару этого оружия, настолько велики преимущества такого железа...».*

Дело в том, что полученная в горне железная крица была очень неоднородна по химическому составу. Она представляла собой смесь железа и стали и даже после тщательной проковки участки с низким содержанием углерода перемежались с участками с высоким содержанием углерода. Такая неоднородность была причиной неравномерной коррозии, так как во влажной земле участки с низким содержанием углерода окисляются

ся намного быстрее. После длительного пребывания в земле мягкие участки крицы разрушались и оставалась сталь. Этот дорогой и длительный процесс получения стали кельтские кузнецы использовали в особых случаях, когда надо было изготовить оружие особо высокого качества, поэтому с большой долей вероятности можно предположить, что упоминание в легендах и сказаниях многих народов чудо-оружия (у славян – знаменитого меча-кладенца) имеет вполне реальный прототип – мечи из стали, полученной таким трудоёмким способом.

Однако кельтами применялся и ещё один, наиболее замечательный способ оставления кричного железа, дававший удивительные результаты. В соответствии с этой технологией приготовления стали, предварительно прокованное железо измельчалось до состояния мелкой стружки и подмешивалось в корм домашней птицы, чаще всего – гусей. Проходя через чрезвычайно агрессивный кислотный пищевой тракт птиц, мягкое железо быстро корродировало, и в итоге оставалась только высококачественная твёрдая сталь, использовавшаяся для изготовления лезвий мечей и кинжалов.

Большое значение кельты придавали художественной обработке металлических изделий – особенно рукоятей мечей и ножен, которые обычно изготавливались из бронзы. Чаще всего для инкрустации использовались золото, кораллы и эмаль, но применялись также стекло и самоцветы. Гравированные и чеканные кельтские узоры, как правило, имеют растительные и звериные мотивы.

В технике литья кельтам во всех подробностях были известны различные виды сплавов – ими широко применялось литьё в «обратную форму», особенно после того, когда в V в. до н.э. в моду вошли «маскообразные фибулы» и другие предметы с рельефами. Сначала из воска искусно изготовлялась сложная модель будущего изделия, которая покрывалась глиняной оболочкой. Когда глиняная оболочка засыхала, её обжигали, затем из готовой формы выливался расплавленный воск, после чего форму заполняли расплавленной бронзой. Готовое изделие извлекали, разбивая глиняную форму, так

что каждое изделие, по существу, было уникальным. Эта кельтская техника в латенское время неустанно совершенствовалась и достигла кульминации во II в. до н.э.

На высокий уровень мастерства кельтских металлургов указывают и археологические раритеты, найденные в могиле некоего князя по имени Фикс. В этой могиле были обнаружены два бронзовых изделия большого размера: котёл для вина ёмкостью 1100 л и сосуд для мёда, вмещающий 400 л. Останки князя были перевезены в музей Штутгарта. Сорокалетний древний вождь был ростом в 1,87 м, поражают кости его скелета, они чрезвычайно массивны. По заказу музея завод «Шкода» взялся сделать копию бронзового сосуда, в который был налит мёд. Толщина его стенок – 2,5 мм. Однако раскрыть секрет древних металлургов так и не удалось: у современных мастеров при изготовлении сосуда бронза всё время разрывалась. Кроме сосудов в могиле находилось множество металлических предметов из золота, серебра, бронзы и, конечно, железа. Тут же стояла и повозка князя, собранная из 1450 деталей, в том числе, железных и бронзовых.

Отметим, что большинство авторов, исследовавших кельтскую цивилизацию, признаётся, что созданное кельтами своеобразное искусство сумело противостоять давлению античной культуры. Творения кельтских мастеров основаны на иных эстетических принципах, чем античные произведения, в них нет идеальной гармонии и соразмерности. Они проникнуты сверхъестественным мистицизмом, им присущи гротескные образы и экспрессивная динамика загадочных композиционных решений.

Неудивительно, что в наиболее распространённые технические языки современной Европы – английский и немецкий – название главного металла цивилизации – железа – пришло именно из кельтского языка. По-кельтски «железо» произносилось (по мнению большинства специалистов) как «изарнон» или «изара», по-английски оно теперь звучит как «айрон», а по-немецки – «айзен».

## 2.2. Ресурсы металлов и развитие цивилизации

Выше мы рассмотрели особенности организации и развития металлургического производства в технократических цивилизациях Древнего Мира – у хеттов, этрусков, кельтов. Отметим, что эти цивилизации развивались в условиях если не изобилия, то, по крайней мере, безусловного достатка природных ресурсов, прежде всего – ресурсов металлов.

Противоположностью технократическим цивилизациям являются авторитарные государства, например, те, о которых пойдёт речь ниже: Египет, Ассирия, Римская империя. Для этих государств характерен постоянный дефицит ресурсов всех видов: социальных, материальных, энергетических. Собственно формирование, существование и развитие жёстко социально-организованных обществ возможно именно в условиях недостатка ресурсов, когда структура государства и организация производства требуют постоянного захвата новых, богатых ресурсами, территорий. В производственной сфере это также означает преимущественное внедрение и эксплуатацию надёжных и эффективных технологий, импорт высококачественных материальных и интеллектуальных ресурсов. При этом, в значительной мере, утрачивается изысканность и глубина технологических и технических решений, поскольку внедряется прежде всего то, что даёт наибольший эффект в кратчайшие сроки.

Учитывая, что социальная структура, общественные отношения и история упоминаемых ниже государств подробно рассматриваются в других учебных дисциплинах и описываются в специальной и популярной литературе, остановимся далее только на особенностях металлургического производства Египта, Ассирии и Римской империи.

### 2.2.1. Египет – страна золота и меди

Принято считать, что древние египтяне внесли значительный вклад в развитие металлургии золота, меди и бронзы, однако исторические факты говорят о том, что данное утверждение несколько преувеличено. Действительно, золото появилось в Египте ещё в додинастическую эпоху, и древнейшие известные золотые раритеты найдены археологами именно в Египте. Однако последние исследования показали, что большая часть египетского золота имеет нубийское происхождение. Добывать золото сами египтяне стали намного позже, после повторного завоевания Нубии<sup>3</sup>, которое продолжалось более 400 лет. Начало ему положил фараон Секусерт (1887–1849 гг. до н.э.), а завершил фараон Тутмос III (1525–1473 гг. до н.э.). Лишь после этого в сознании современников Египет стал ассоциироваться со страной золота: так, например, царь Митании Тушрат писал фараону Аменхотепу II (1455–1419 гг. до н.э.), требуя от него золото в обмен на руку своей дочери: «...Пришли мне золота столько, сколько нельзя измерить, ...ибо в стране моего брата (в Египте) золото рассеяно как пыль...». Откуда возникли богатства Египта, поражавшие воображение жителей соседних государств? Дело в том, что в Египте добыча рудного золота была поставлена на государственную основу – ведь всё оно принадлежало фараону – и жесточайшим образом контролировалась. Максимальный уровень ежегодной добычи был достигнут в XV в. до н.э. и составлял около 50 т. При этом египтяне не останавливались на достигнутом и продолжали захват золотосных провинций Северной Африки, дойдя к середине XIII в. до н.э. до пятого порога Нила (на территории современной Эфиопии) (рис. 2.6). В это время была создана первая из известных в мире «Карта золотых рудников» Египта.

---

<sup>3</sup> Первое завоевание Египтом Нубии произошло в III тыс. до н.э., но оно было непродолжительным и не оказало существенного влияния на развитие производственной базы египетского общества

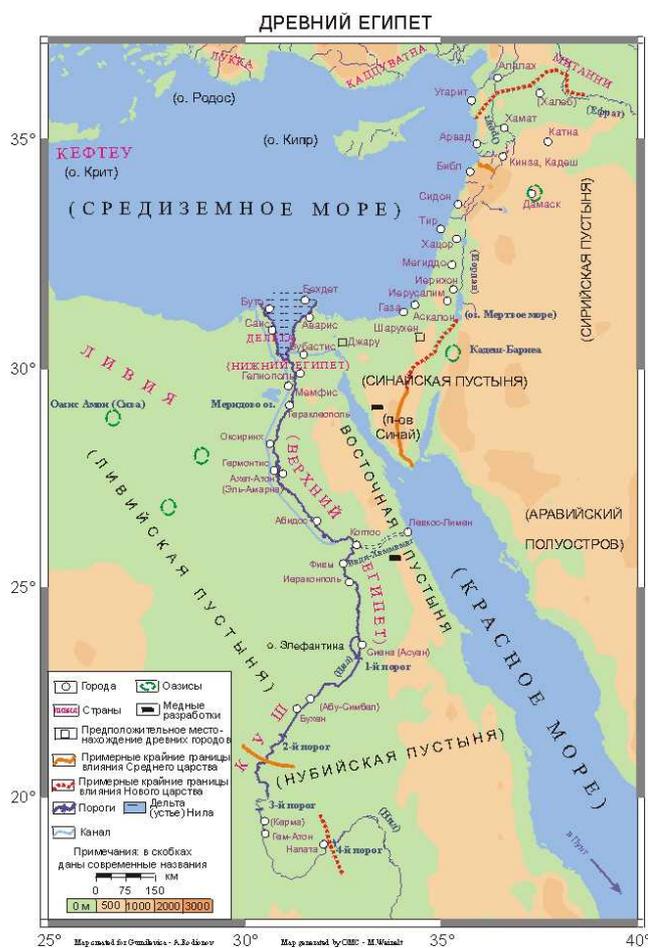


Рис. 2.6. Древний Египет

подвергалось рафинированию, т.е. специальной очистке. Между тем, шумеры изобрели технологию рафинирования золота ещё на рубеже IV и III тыс. до н.э. В древних египетских текстах упоминание об очистке золота и делении его на сорта по степени чистоты (на «серебристое», «хорошее» и «изящное») появляется только после 1200 г. до н.э.

Изготовление сплавов золота с серебром и медью в Египте также начали практиковать лишь во времена Нового Царства, т.е. после 1500 г до н.э.. Однако эта технология у египтян так и не достигла высокого уровня: на поверхности таких золотых предметов, обнаруженных в гробницах IX–VIII в. до н.э. часто можно наблюдать включения серебра в виде произвольно разбросанных светлых пятен.

Однако технический и технологический уровень древней египетской золотопромышленности оставался низким, вплоть до завоевания Египта римлянами: железные инструменты в египетских шахтах появились лишь в III в. до н.э. (у кельтов значительно раньше – уже в VII–VI вв. до н.э.), а технология извлечения золота из руды купелированием с помощью ртути – вообще только в римский период.

Результаты химического анализа показывают, что вплоть до XIII в. до н.э. египетское золото не

Большие проблемы имелись у египтян и в производстве медных и бронзовых изделий. В основном они были связаны с нехваткой энергетических ресурсов, а именно – качественной древесины, использовавшейся при производстве древесного угля. Известность получил энергетический кризис, поразивший Египет в XII в. до н.э., когда были вырублены почти все агатовые пальмы и акации и металлургическое производство в стране было резко сокращено. Пришлось выходить из положения, вводя жёсткий контроль за расходом металла: по всей стране были созданы конторы, осуществлявшие учёт металлических инструментов (в основном медных): они ежегодно взвешивались, устанавливалась степень износа, после чего владельцу инструмента выдавалась порция металла, необходимая для восстановления первоначального вида изделия. Ремонт производили в специальных государственных мастерских. Бронза использовалась, главным образом, для изготовления оружия и ритуальных предметов.

С развитием металлургии железа ситуация ещё более обострилась, поскольку экстракция железа из руды и его термомеханическая обработка требовали значительно более высоких затрат древесного угля, чем металлургия меди. Поэтому, пока это было возможно, египтяне пытались приобретать металл, облагая данью (железом, медью, оловом) народы Малой Азии, куда они постоянно совершали военные походы.

Таким образом, всю историю существования Египта как самостоятельного государства можно представить как историю войн за ресурсы (в первую очередь, за ресурсы металлов). Внутри самого государства развивалась в основном индустрия металлообработки, при этом наибольшее значение придавалось, говоря современным языком, глобальному «рециклингу» металлов.

### 2.2.2. Ассирия – первая мировая империя

Ассирия – государство с богатейшей и древней историей – располагалась в северо-западной части Месопотамии (рис. 2.7). Оно сформировалось на территориях, пер-

воначально освоенных шумерами, в конце III тыс. до н.э. и просуществовало почти до конца VII в. до н.э. Период наивысшего расцвета Ассирии приходится на IX–VIII в. до н.э. и в значительной степени связан с развитием металлургии железа.

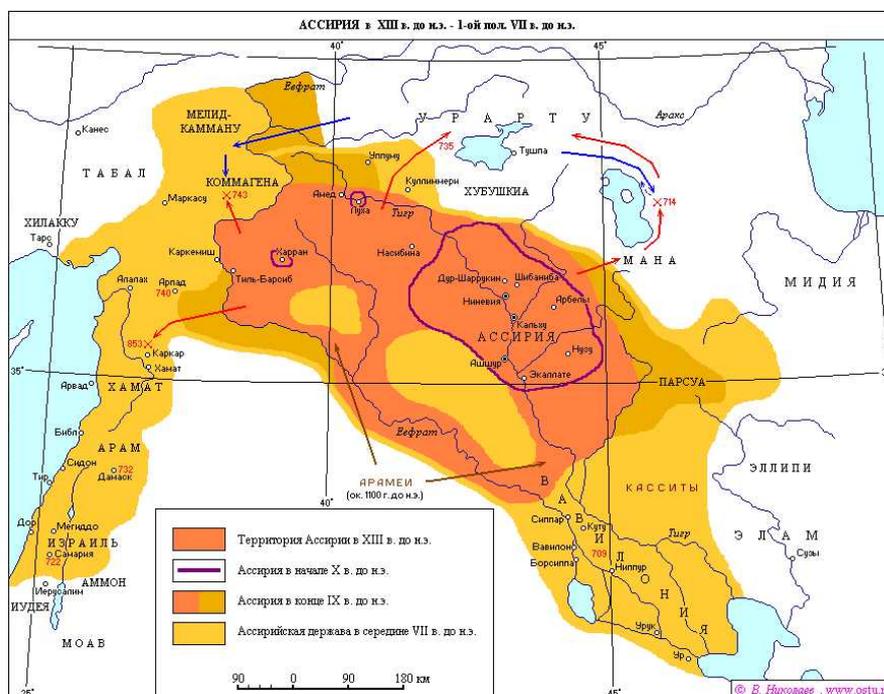


Рис. 2.7. Ассирия

Ассирийцы всегда считались прекрасными воинами, и само устройство их государства базировалось на организации постоянных набегов на соседние народы с целью заставить их платить дань. Возможно, ассирийцы были первыми, кто начал содержать постоянную армию (ещё в начале II тыс. до н.э.). Однако существование могущественной державы хеттов не позволяло Ассирии добиться гегемонии в Ближневосточном регионе, поскольку в военных конфликтах верх, как правило, оставался за основоположниками металлургии железа. После распада Хеттской империи в результате экспансии дорийских племён, Ассирия смогла захватить ряд территорий, входивших в её состав, а некоторые народы южного побережья Чёрного моря заставила платить дань железом. Таким образом, ассирийская армия получила доступ к новому эффективному вооружению – железному. Ассирия относилась к железу именно как к «стратегическому», «во-

енному» металлу! Это стало ясно после археологических исследований города Дур-Шаррукин (рис. 2.8) – резиденции одного из самых могущественных царей Ассирии Саргона II, правившего государством с 722 по 705 гг. до н.э.

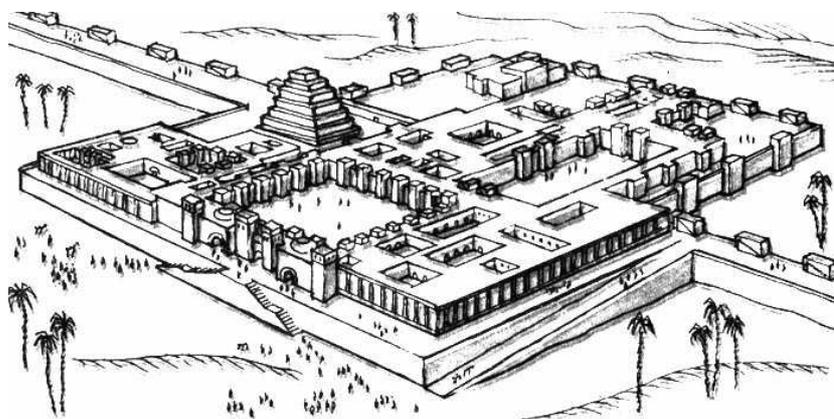


Рис. 2.8. Дур-Шаррукин (конец VIII в. до н.э., реконструкция)

Раскопки Дур-Шаррукина были начаты в 1843 г. французским консулом Полем Боттой, а продолжены Виктором Плаке – личным резидентом императора Наполеона III. Исследования позволили установить, что город был построен за четыре года (с 711 по 708 гг. до н.э.), он располагался на геометрически правильной четырёхугольной площадке со сторонами 1780×1685 м и представлял собой прекрасно укреплённую крепость. В Дур-Шаррукине были размещены стратегические запасы государства: казна, оружейные арсеналы и склады железа. Железа было найдено свыше 200 т: в виде криц, оружия, пил и кузнечного инвентаря, что позволяет судить о том, что в городе были сосредоточены и интеллектуальные ресурсы государства – мастера-металлурги. Для времени, о котором идёт речь, 200 т железа – это огромное количество, поскольку из него тогда делали только наступательное вооружение: наконечники копий и стрел, кинжалы и короткие мечи.

По-видимому, именно применение железного оружия стало решающим фактором успешных военных походов ассирийцев, предпринятых при царях Тиглатпаласаре, Сар-

гоне, Асархаддоне и Ашшурбанипале. В результате размеры государства необычайно увеличились: от гор Армении и Ирана до дельты Нила. Ассирию VIII в. до н.э. не случайно принято называть первой в истории «мировой империей».

### 2.2.3. Рим – величайшая империя Древнего Мира

Государство, ставшее величайшим в истории Древнего Мира, также отличалось особым отношением к металлургическому производству. Захватнические устремления римлян, уже со времени Республики, с одной стороны подстёгивались, а с другой ограничивались, дефицитом ресурсов. В VI–IV вв. до н.э., когда римляне вели войны с другими италийскими народами, работники всех государственных мастерских – металлургических, столярных, кожевенных – считались призванными на военную службу и подчинялись армейскому уставу. С расширением территории государства и ростом его богатства ситуация смягчилась, но только не в отношении металлургов-оружейников. Для них были установлены специальные правила: кузнецы, приданные легионам, и металлурги, работавшие на государственных оружейных фабриках, не могли покинуть свою работу до окончания срока службы. Так же, как легионеры, они увольнялись с работы с почестями и, став «ветеранами», пользовались специальными привилегиями, гарантированными государством.

При приёме на службу кузнецов-оружейников клеймили. В кодексе Теодосиана по этому поводу сказано: «Кузнецам-оружейникам на руке выжигается клеймо, то есть видный всем знак того же типа, что и знак, которым отмечают рекрутов, чтобы по нему можно было узнать тех, кто уклоняется от кузнечных работ в государственных мастерских, и привлечь к ним укрывающих таковых или их детей, а также тех, кто обманном путём или хитростью поступил на другие работы, чтобы вернуть их по закону».

Во все времена римляне придавали огромное значение добыче металлов. В римскую эпоху горное дело сделало существенный шаг вперёд: шахты стали уходить в

землю на глубину свыше 100 м. На рудниках у Нового Карфагена работали свыше 40 тыс. рабочих, а у Рио-Тинто, по свидетельству Плиния – до 100 тыс. человек.

Римляне первыми при работах в рудниках стали широко применять водоотливные машины, носившие название «египетских улиток». «Механизм этих улиток устроен так, что при самой обыкновенной работе против всякого ожидания увлекается вверх огромное количество воды, и весь подземный речной поток быстро направляется из глубины на поверхность» (Плиний).

Античные авторы (Плиний, Катон, Витрувий и др.) вообще высоко оценивают роль машин, применявшихся, в основном, в строительстве и в горном деле, подчёркивая их значение как движущей и передаточной силы. Машины изготовлялись из дерева, железные же детали применялись в ограниченном количестве. *«Машина есть деревянное, во всех своих частях связанное приспособление, имеющее огромное преимущество для передвижения»* (Витрувий).

В больших металлообрабатывающих мастерских римлянами широко использовалось, перенятое у греков, разделение труда. Однако лучшими сортами железа на всём протяжении истории Рима считались привозные: кельтское, парфянское, индийское. Короткие мечи римских военачальников, так называемые «паразониумы», изготавливались только из высококачественного индийского металла. Областью металлургического производства, в которой римляне добились выдающихся успехов, является организованное ими впервые в истории разделение труда в рамках целого государства. Римские мастера первыми обратили внимание на то, что из металла, производимого в одном регионе, получают качественными одни виды изделий и вооружений, а из металла из другого региона (при той же технологии термомеханической обработки) – другие виды изделий. Сейчас мы знаем, что это связано с присутствием в металле природных легирующих добавок, придающих ему различную твёрдость, вязкость, прочность и другие качественные характеристики. Римляне использовали данное обстоятельство,

прежде всего для снабжения армии. Плиний в «Естественной истории» приводит перечень государственных оружейных фабрик с указанием вида продукции, которую им надлежало производить: Тебен – щиты, Арретиум – шлемы, Конкордия – наконечники стрел, Норик – длинные мечи для конницы, Билбис и Туриасо – лезвия для коротких мечей, Аква Салис – пилумы, Лука – сборка мечей для пехоты.

Особенно тщательно изготавливались короткие (до 60 см), так называемые, «иберийские» мечи («гладиус») для ближнего боя – основного военного приёма римских легионеров. Лезвия для этих мечей производились в Испании, а мягкая сталь для подносы завозилась из северных (Норик и Галлия) и восточных провинций, или импортировалась. Наварка лезвий на железный стержень и окончательная отделка изделия производились в самой метрополии, недалеко от Рима, в кампанском городе Луке.

Римские авторы приписывают изобретение иберийского меча известному римскому полководцу и государственному деятелю Публию Корнелию Сципиону Африканскому Старшему, хотя в технологии его производства явно прослеживаются кельтские технологические приёмы. Нужно отметить, что римские мечи времён Империи действительно превосходят кельтские, но, прежде всего, за счёт более высокого качества применявшегося для их производства металла.

Что же касается Сципиона, организовавшего реформу римского легиона в период II Пунической войны, в момент, когда римляне переживали поражения от армии Ганнибала, то несомненными являются его заслуги именно в организации массового производства такого сложного для Древнего Мира изделия, каким являлся иберийский меч.

Вообще во всём, что касается организации военного дела, римляне проявляли исключительную изобретательность. Производит сильное впечатление продуманная технология изготовления другого вида римского оружия – «пилума», приписываемая другому военному авторитету – Юлию Цезарю.



Рис. 2.9. Различные конструкции пилумов

Пилум (рис. 2.9) состоял из древка и железного стержня, сужающегося по направлению к стальному острию. Длина копья достигала 2,1 м. Гастаты, воины первой линии боевого порядка, во время битвы использовали по два таких копья. Перед началом рукопашной схватки они бросали пилумы в боевые порядки противника. При этом они не стремились попасть в незащищённые части тела, а целились в щит, который у многих врагов римлян, например, у германцев, состоял из деревянного каркаса, обтянутого кожей, или из плетёных ивовых прутьев. Только центральная часть щита имела металлическую накладку. Брошенное с большой силой копьё вонзалось в щит и прочно застревало в нём. Вытащить его было очень непросто, а во время боя и того сложнее. Тяжёлое, длинное древко оттягивало руку щитоносца вниз вместе со щитом. Кроме того, тонкий железный стержень копья под тяжестью древка изгибался вниз, а само древко упиралось своим концом в землю, затрудняя продвижение щитоносца вперёд. Таким образом, пилум, несмотря на свою кажущуюся простоту, был очень эффективным оружием.

Его изготовление требовало большого мастерства. Железный стержень должен был глубоко входить в древко. Соединение железной и деревянной частей осуществлялось специальной скрепляющей муфтой. Железный стержень отковывали достаточно тонким, чтобы он пружинил, в противном случае стержень не изгибался бы под тяжестью древка. Со стальным наконечником стержень был соединён кузнечной сваркой.

#### 2.2.4. Ресурсы как фактор государственного развития

Мы познакомились с особенностями технократических и авторитарных цивилизаций Древнего Мира. Выделим главные отличительные черты хеттского, этрусского и кельтского государств на фоне современных им стран и народов:

1. Подчёркнуто уважительное отношение к женщинам, практическое равноправие женщин с мужчинами во всех сферах общественной жизни кроме вопросов религии;
2. Высокая роль выборных органов в социальной жизни общества;
3. «Рыхлая» структура управления государством, опирающаяся, главным образом, на религиозные институты;
4. Религиозная терпимость к верованиям завоёванных и ассимилированных народов;
5. Преимущественное развитие культуры символизма и мистицизма.

Итак, ключевым аспектом в понимании особенностей формирования и развития технократических государств является проблема ресурсов. Как уже отмечалось выше, они развивались в условиях безусловного достатка ресурсов металлов. Данное обстоятельство позволяло народам, населявшим технократические государства, неуклонно расширять производственную базу общества за счёт всевозможных технических и технологических усовершенствований, что приводило порой к удивительным достижениям. Поэтому технические специалисты пользовались в технократических государствах большим уважением, а само общество было в своей основе демократическим, религиозно-терпимым и эмансипированным (естественно, по меркам Древнего Мира). Отсутствие жёстких моральных рамок и давления со стороны государственных структур давало прекрасную почву для развития динамичных форм искусства, основанных на глубоко проникновении в существо природных явлений. Можно сказать, что наличие ре-

сурсов всех видов позволяло обществу развиваться гармонично и устойчиво, но не интенсивно.

Анализируя известные факты, можно сделать вывод о том, что наличие (или отсутствие) освоенных ресурсов металлов было одним из основополагающих факторов, определяющих общественную организацию и социальную структуру государств Древнего Мира, а также фундаментальные направления их культурного развития.

Эту закономерность в развитии человечества можно представить в виде некоторого цикла, конечно весьма условного, как впрочем, условно все, что касается человеческой природы и истории (рис. 2.10).



Рис. 2.10. Закономерности в развитии технократических и авторитарных государств Древнего мира

## 2.3. Особенности металлургического производства в странах Востока

### 2.3.1. Древний Китай

*«Размышляю о древней славе,  
Вздыхаю о переменах новых времен,  
Но Железный Лев всё еще стоит,  
В то время как руины дворцов  
заросли ежевикой».*

*Китайский поэт эпохи династии Цин (1644–1911 гг.).*

При анализе закономерностей развития Китая в его современных границах необходимо помнить о том, что это великое древнее государство в его нынешнем виде (рис. 2.11) сложилось лишь в конце I тыс. до н.э., то есть примерно в то же время, что и Римская империя.

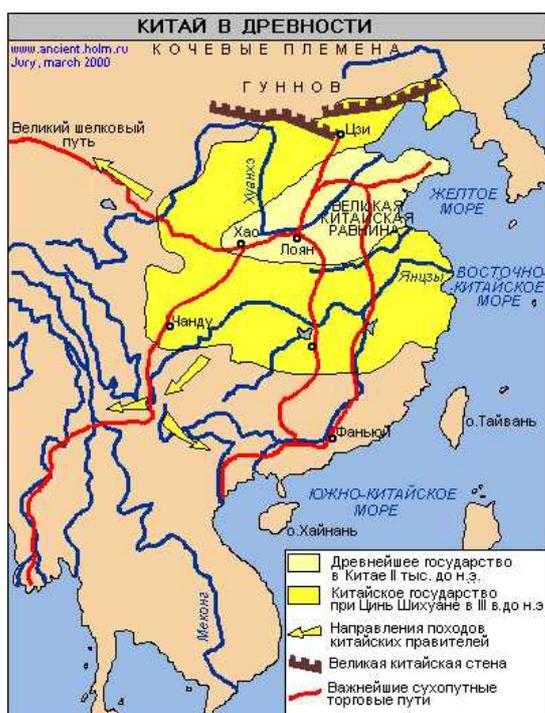


Рис. 2.11. Древнекитайское государство

Первым императором Китая принято считать Ин Чжэна – правителя царства Цинь, одержавшего победу в длительной борьбе семи государств располагавшихся в долинах рек Хуанхэ и Янцзы. Победитель, правивший страной с 246 по 210 гг. до н.э., взял себе вместо титула «ван» (царь) титул «хуанди» (император), и повелел называть себя Ши Хуанди – Первый Император. Из названия Цинь в восточных языках сформировались названия Чин или Чина, а в запад-

ных – Хина, Шин, Чайна. Русское название Китая, возможно, происходит от имени народа монгольского происхождения – «каракитай» – жившего в северной части страны.

Древнейшим металлургическим регионом Китая в настоящее время признается юго-восточный. Именно здесь находились легкодоступные месторождения меди и олова, а неподалеку располагался один из центров появления металлургических знаний цивилизации – Индокитайский полуостров. По-видимому, отсюда и произошло проникновение первых металлургических технологий в южную часть страны, где и сформировался ее древний технократический центр. Политическое же объединение великой империи началось с северных регионов.



Рис. 2.13. Ваза *фан-тин* с рельефным геометрическим оформлением (около X в. до н.э., бронза)



Рис. 2.12. Ваза *тин*, использовавшаяся для приготовления жертвенной пищи (XIII–XII вв. до н.э., бронза)

Самые древние бронзовые изделия, обнаруженные археологами на территории Северного Китая, принадлежат культуре Эрлитоу (XXI–XVII вв. до н.э.), которая располагалась главным образом в Хэнани, а также в прилегающих областях Хэбэя и Шанси. В районе г. Лоян были найдены многочисленные керамические формы для отливки бронзы и тигли, свидетельствующие о развитии бронзолитейного производстве. Не менее древние бронзолитейные центры были обнаружены в Южном Китае, в бассейне реки Янцзы (рис. 2.12–2.13).

Отличительной особенностью древней китайской металлургии является высочайшая техника бронзового литья. Известно, что уже во II тыс. до н.э. в Китае существовала самобытная оригинальная технология литейного производства. В то время, когда металлурги Запада и Ближнего Востока получали сосуды ковкой, литьем в песчаные формы или «по выплавляемым моделям», китайцы освоили гораздо более трудоемкий, но и существенно более прогрессивный, метод кусковой формовки (piece-molding). Этот метод сочетает в себе технику керамики и металлургии, что указывает на общий высокий уровень древней китайской промышленности.

Технология заключалась в следующем. Сначала делали модель из глины, на которой вырезали нужный рельеф. Затем получали обратное изображение, напрессовывая пластины глины, кусок за куском, на ранее изготовленную модель. На каждом куске формы производили тонкую доводку рельефа. После этого куски глины обжигали, что само по себе требовало виртуозного мастерства, так как не должен был нарушаться рисунок.

Первоначальную глиняную модель зачищали на толщину стенок будущей отливки, получая стержень для формирования ее внутренней полости. Куски формы собирали вокруг стержня, создавая, таким образом, цельную форму. При этом швы и стыки между кусками формы специально не заделывались наглухо, чтобы в них мог затекать металл. Это делалось для того, чтобы застывшему в швах металлу можно было придавать вид изящной кромки, вносящей в изделие особый декоративный оттенок. Традиция использования вертикальных литейных швов для украшения изделий стала отличительной чертой китайского металлургического искусства.

Еще одним примером оригинальных китайских литейных технологий является изготовление бронзовых тазиков с «кипящей» водой. На днище таких тазиков мастерами размещались литые рисунки определенного вида и направления. Они изменяли акустические свойства предмета, наполненного водой, таким образом, что стоило потереть его

ручки, как с поверхности воды начинали подниматься фонтанчики, образуя своеобразную «дождевую завесу», как будто вода, оставаясь холодной, действительно «закипела». Современные исследования позволили установить причину такого необыкновенного эффекта. Он достигается за счет того, что от трения возникают звуковые волны, которые резонируют и вызывают быстрые колебания в литых выступах в днище таза, в результате этого вверх выталкиваются струйки воды.

Возможно, ни одна культура бронзового века не соответствует своему названию лучше, чем культура древнего Китая в период династии Шан-Инь. В это время в городах были целые кварталы ремесленников, занятых обработкой металлов, а при царском дворце находилась особая мастерская, в которой изготавливали оружие и специальные ритуальные изделия из бронзы. Кроме нескольких мраморных скульптур этой эпохи, все сохранившиеся произведения искусства сделаны именно из бронзы.

Археологами было обнаружено, что железо стало производиться китайцами уже на рубеже эпох Шан-Инь и Чжоу (XI–X вв. до н.э.). Широкое использование железа в Китае, также как и в других регионах цивилизованного древнего Мира, началось в середине I тыс. до н.э. Датированное VII–VI вв. до н.э., древнекитайское сочинение «Шаншу» в разделе «Юйгун» описывает технологии разработки железных руд и производства из них металла применявшиеся в провинции Сычуань. Другими известными регионами металлургии железа являются провинции Шанси, Гайшань и Чилили.

С освоением железа металлургическое производство в Китае получило новый литейный металл – чугун. Возможно, именно в Китае впервые научились производить этот железный сплав с помощью тигельной технологии. Для получения чугуна в тигли помещали шихту, состоящую из кричного железа и древесного угля, и производили длительную выдержку тиглей в горнах при температуре свыше 1200 °С. Постепенное растворение углерода угля в железе позволяло получить из твердого кричного железа

насыщенный углеродом жидкий металл. Из европейских авторов, первым о производстве в Китае чугуна тигельным способом упоминает Аристотель.

Несколько позднее была изобретена специальная печь для выплавки чугуна из кричного железа – так называемая «китайская вагранка». В отличие от современной ваграночной печи, представляющей собой агрегат шахтного типа со значительным перепадом температуры между горном и колошником печи, китайская вагранка являлась по существу сыродутным горном высотой не более метра, переоборудованным для переплава кричного железа в контакте с древесным углем в чугун. Вагранка снабжалась специальным дутьевым ящиком, работа которого обеспечивала интенсивный приток воздуха в агрегат. Уже в эпоху Борющихся Царств (IV–III вв. до н.э.) китайцы научились получать сложные чугунные отливки и положили начало художественному чугунному литью. В Европе ваграночная печь появилась не раньше XIV столетия.

Чугун в Древнем Китае получил очень широкое распространение. Он использовался для изготовления широкого спектра сельскохозяйственных орудий, а также инструмента. В гробницах периода династии Хань (II в. до н.э. – II в. н.э.) археологи обнаружили чугунные фигурки животных. Были также найдены чугунные формы для отливки разных предметов.

Таким образом, технология чугунного литья была освоена китайцами значительно раньше, чем любым другим народом мира. В дальнейшем чугун в Китае использовался в архитектуре. Уже в I тыс. в Китае изготавливались необычайно крупные отливки из чугуна. Наиболее известные памятники того времени – чугунные пагоды (рис. 2.14) и «Лев-Царь» – «Шинцзы-Ван».



Рис. 2.14. Чугунная пагода  
(г. Лонин, 1105 г.)

Один из самых известных памятников архитектуры Китая – знаменитая «Железная пагода» в Даньяне (провинция Хубэй). Она построена в 1061 г., и ее высота составляет 13 м. Но, пожалуй, самым величественным сооружением из чугуна является восьмигранная колонна под названием «Небесная ось, знаменующая добродетель Великой династии Чжоу с ее сонмом земель». Она была воздвигнута по приказу императрицы У Цзэтянь в 695 г. на чугунном фундаменте, окружность которого составляет 51 м, а высота – 6 м. Сама колонна имеет 3,6 м в диаметре и 32 м в высоту. На ее вершине устроен «облачный свод» (высота – 3 м, окружность – 9 м), который, в свою очередь, венчали четыре бронзовых дракона, каждый высотой 3,6 м, поддерживающих позолоченную жемчужину. На сооружение этой конструкции было израсходовано 1325 т металла.

Шицзы-Ван, также известный под названием «Великий лев Цзанчжоу» – самое крупное в мире цельнолитое сооружение из чугуна (вышеупомянутые пагоды не были цельнолитыми). Его воздвигли по приказу императора Шицзуна (династия Чжоу) в честь его похода на монголов в 954 г. Согласно древним летописям, он был изготовлен неким опальным мастером после неожиданного помилования. Высота этого необычного изваяния – 5,4 м, длина – 5,3 м, ширина – 3 м, толщина стенок (статуя пустотелая) – от 4 до 20 см, масса – более 50 т.

В 1984 г. возле чугунного льва были проведены археологические работы, что позволило обнаружить куски литейной формы и шлака и восстановить детали древней технологии (рис. 2.15). Китайские учёные установили, что литейная форма была изготовлена по глиняной рубашке, для отделения которой от стержня и кожуха была применена прослойка из грубой ткани (её следы были обнаружены при раскопках).

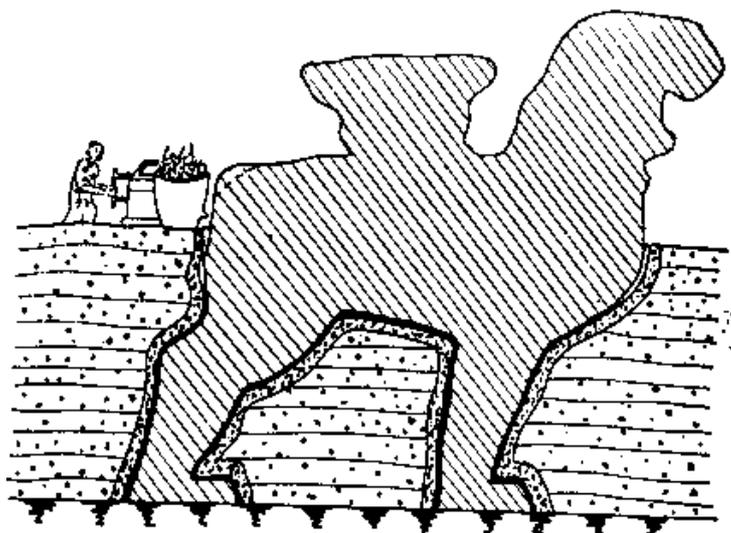


Рис. 2.15. Отливка статуи «Лев-Царь»

Исследователи полагают, что первоначально «Великий лев» стоял в буддистском храме и служил пьедесталом для бронзовой статуи Будды, сидевшего на цветке лотоса. Эта статуя, скорее всего, была уничтожена уже при преемнике императора

Шицзуна (ум. в 958 г.), когда в стране началась кампания борьбы против буддизма. В 1803 г. изваяние серьёзно пострадало во время сильной бури. В 1984 г. лев был отреставрирован и водружен на двухметровый железобетонный пьедестал.

«Царь-лев» является уникальным объектом по способу получения большой массы расплава и способу заливки большой формы, представлявшей сложнейшую инженерную проблему. Для производства металла использовали ваграночную плавку чугуна, которая производилась одновременно во множестве специально построенных агрегатов. Из них расплав стекал в единую литниковую систему, следы которой сохранились на спине статуи. Фрагмент устройства каналов для транспортировки жидкого чугуна от вагранок к литейной форме приведен в одной из старинных китайских книг (рис. 2.16).

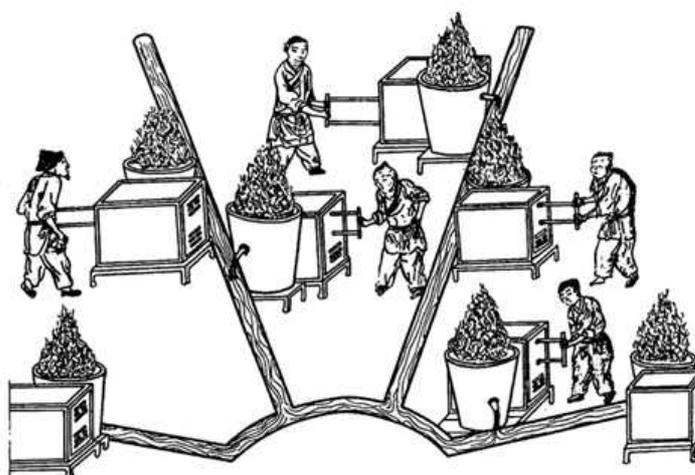


Рис. 2.16. Устройство каналов для транспортировки жидкого чугуна от вагранок к литейной форме

Не меньшее восхищение искусством средневековых металлургов вызывает, отлитый в X в. чугунный колокол диаметром 3 м и высотой 4 м. Его масса составляет свыше 60 т. Подобные многотонные чугунные колокола изготавливались в Китае и в дальнейшем. Они являются исключительно восточной традицией в технике колокольного литья, поскольку в странах Европы для литья колоколов применялась только бронза.

Высокие литейные свойства китайских чугунов, позволявшие получать подобные изделия, объясняются как удачной конструкцией печей для их получения, так и использованием железной руды, богатой фосфором. Помимо природных руд, китайские мастера также использовали содержащие фосфор вещества («черную землю»), что значительно снижало температуру плавления чугуна и улучшало его литейные свойства. Такая техника применялась до VI в. н.э.

Очень интересен вопрос о распространении технологии выплавки чугуна. Возможно, её освоение на территориях Западной Сибири, Средней Азии и Восточной Европы происходило под влиянием металлургических традиций Китая. Например, при раскопках золотоордынского города Болгара были обнаружены три горна, имеющих большое количество воздуходушных отверстий. Судя по сохранившейся части горнов, их высота достигала 2–2,5 м. Воздуходувные отверстия располагались по окружности горнов на разных уровнях. В одном из горнов обнаружено 26 отверстий диаметром 2–3 см. Возможно, такая конструкция позволяла получать высокие температуры, достаточные для плавления железа и его интенсивного науглероживания. Найденные золотоордынские монеты позволяют датировать горны в пределах 1336–1361 гг. новой эры.

Чугунолитейное производство было известно на территории Монголии, Забайкалья, Тувы уже в середине I тыс. н.э. Втульчатые чугунные топоры-кельты из поселения на полуострове Песчаный на Дальнем Востоке возле города Владивосток датируются X–IX вв. до н.э.

В Восточной Европе чугунные изделия появляются в XIV в. н.э. в период татаро-монгольского нашествия. Это остатки чугунных котлов для варки пищи, чугунные ступицы колес для повозок. В Украине чугунные изделия встречаются при раскопках поселений XIII–XIV вв. н.э. На Древнерусском поселении Озаричи в Сумской области найдены 29 фрагментов более 10 котлов. На поселении Комаровка в Черкасской области в древнерусском слое найдены целый котел и несколько фрагментов котлов. Есть сведения о находке фрагментов чугунных котлов в поселениях XII–XIII вв. н.э. Но ни на одном из этих памятников не обнаружено остатков печей для выплавки чугуна и форм для отливки котлов.

Технология получения стали из чугуна была разработана в Китае во II в. до н.э. Этот трудоёмкий метод получил название «сотня очисток» и заключался в многократном интенсивном обдувании расплава воздухом, благодаря чему происходило окисление углерода. О нем упоминается в трактате «Хуайнань-цзы» (180–122 гг. до н.э.).

Другой, более древний способ получения высококачественной стали, заключался в науглероживании кричного железа. В печи при контакте с углем поверхностный слой железа науглероживался. Затем железо обрабатывали молотом и вновь помещали в печь. В ходе многократной обработки терялось до 90 % от массы исходной крицы.

В III в. китайцы освоили технику производства оружия путём сваривания полос железа с различным содержанием углерода, а в V в. научились получать «чугунно-стальной» композит путем сплавления чугуна с низкоуглеродистым кричным железом (подробнее этот процесс описан в шестой главе, посвящённой производству высококачественных оружейных сталей).

Редким исключением из мировой практики является участие в Китае в денежном обращении чугунных монет. Они широко использовались в империи в X–XIII вв. В это время в Китае существовал большой дефицит меди, поэтому вывоз из страны этого ме-

талла и его сплавов был запрещен. В некоторых регионах страны с целью экономии меди имели хождение только чугунные монеты.

Все китайские монеты, начиная с древних, отливались с отверстиями. Это было связано с тем, что их было принято носить на специальных шнурах. В связке, как правило, было 400 или 1000 монет, причем счет деньгам в крупных торговых сделках вели именно связками. Постепенно общераспространенной стала круглая форма монет с квадратным отверстием, которая просуществовала в Китае до начала XX в. Выпуск миллиардных количеств монет и высокие требования к их качеству, наряду с необходимостью сохранения уровня затрат на производство ниже номинальной стоимости монеты, способствовали быстрому совершенствованию литейных технологий.

Высокая технология тигельной плавки позволила древним китайцам производить металлы, которые в других регионах мира стали известны спустя сотни лет. Установлено, что в эпоху Хань (206 г. до н.э. – 221 г. н.э.) в Китае выплавляли цинк. Пластины из этого металла использовались для письма и своеобразной художественной техники изобразительного искусства. В то же время было освоено производство тройного сплава никеля, меди и цинка, получившего название «пактонг» («пакфонг»). Этот сплав, обладавший высокой износостойкостью, являлся одной из доходных статей китайского экспорта. Он пользовался спросом во многих богатых странах Средней Азии. Например, в Бактрии из пактонга изготавливали монеты.

Интересно, что состав древнего сплава очень близок к современному нейзильберу, называемому также «новым серебром». Начиная с 1850 г. нейзильбер широко используется для чеканки монет практически во всех странах (впервые монеты из нейзильбера были выпущены в Швейцарии). Масштабы применения медноникелевых сплавов для чеканки монет поистине огромны: столбик из таких монет, выпущенных за 150 лет производства, дважды покрыл бы расстояние от Земли до Луны.

Тем не менее, необходимо отметить, что большинство современных исследователей считает металлургические знания древних китайцев заимствованными из Древней Индии. Это касается, прежде всего, технологии тигельной плавки бронзы и железа и способов производства экзотических металлов Древнего Мира и Средневековья – цинка, висмута и сурьмы.

### 2.3.2. Древняя Индия

Древним центром индийской цивилизации считается территория в верховьях реки Инд. В III тыс. до н.э. здесь жил народ, обладавший письменностью, строивший большие города, умевший обрабатывать металлы и достигший выдающихся успехов в животноводстве. Древние индийцы сумели одомашнить не только лошадей, овец, коз и свиней, но еще и буйволов и слонов. Цивилизация, построенная в Пенджабе (ее называют также цивилизацией Мохенджо-Даро или Хараппской), поддерживала взаимовыгодные торговые связи с жителями древнего Шумера. По мнению некоторых специалистов здесь находился один из первых металлургических центров человечества.

Новой страницей в истории древнего государства стало завоевание Пенджаба конными племенами ариев, родственных персам. Оно произошло в период около 1500 г. до н.э. Постепенно арии распространили свое господство на весь полуостров. С этого момента вплоть до покорения Индии войсками Тимура в начале XIV в. развитие цивилизации на полуострове проходило без значительных потрясений со стороны внешних противников.

Искусство индийских мастеров металлургов было широко известно народам Древнего Мира. У соседей индийцев – персов – существовала поговорка «в Индию сталь возить», близкая по смыслу нашей пословице «ехать в Тулу со своим самоваром». С высочайшим качеством индийского металла смогли познакомиться воины одной из лучших армий латенской эпохи железного века – македонской. Известность получил

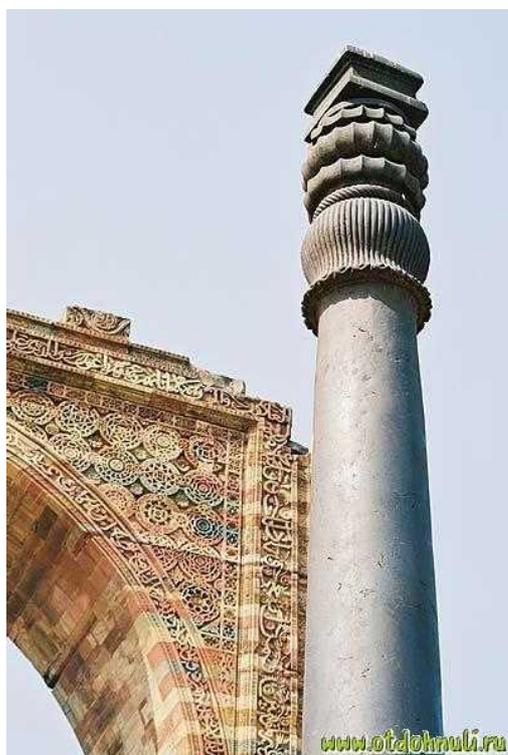
случай, произошедший в сражении армии Александра Великого с войсками индийского царя Пора на реке Идасп. Царь Пор, все время находившийся в гуще сражения, в итоге был захвачен в плен, однако на его доспехах победители не смогли обнаружить существенных вмятин или царапин – настолько прочной оказалась сталь, из которой они были сделаны.

К началу новой эры индийская сталь была важнейшей статьей импорта и к западу от Индии – в Римской империи, и к востоку – в империи Поднебесной. Однако стоимость ее была чрезвычайно высока: известны случаи, когда за один клинок отдавали нескольких слонов. Неудивительно, что металлургическое ремесло было окружено в Индии ореолом таинственности, а в рассказах об искусстве металлургов правда перемежалась с домыслами. Вот как описывает технологию изготовления меча из «чистого» (высококачественного) железа древнеиндийская поэма: «...Когда огонь молнии пронзает землю и проникает в глубь ее, копают по следу молнии и извлекают из земли кусок железа. Железо разрубает на куски и нагревают до цвета пылающего угля. Затем его скормливают голодным домашним птицам, которые выделяют его с пометом готовым для изготовления мечей».

Качество стали, получаемой тигельной плавкой, определяющим образом зависело от состава исходной руды – только природнолегированный металл мог в результате сложной и кропотливой обработки превратиться в прекрасную сталь. Это обстоятельство отмечали и сами индийцы. Знаменитый ученый-энциклопедист Бируни, живший в X–XI вв., в своем трактате «Минералогия, или собрание сведений для познания драгоценностей» посвятил главу металлургии железа (она так и называется «О железе»). Бируни подразделял железо по его способности принимать или не принимать закалку на «мужское» и «женское». Первое – твердое уже по своей природе, а второе – мягкое, и обрабатывать его с целью изготовления оружия бесполезно просто из-за его «женского» происхождения.

Помимо изготовления высококачественных лезвий, индийцы прославились умением создавать крупные поковки. Ими впервые была освоена технология изготовления методами горячей кузнечной сварки железных колонн и балок из криц массой не более 40 кг. Таким образом, именно в Индии железо и сталь превратились в конструкционные материалы. Во многих индийских храмах, построенных во второй половине I тыс., роль основных несущих конструкций выполняют железные балки длиной до 6 м.

Наиболее известными фундаментальными сооружениями из железа в средневековой Индии являются колонны в Дели и Дхаре.



Железная колонна в Дели (рис. 2.17) – не только место паломничества индийцев, но и одна из главных достопримечательностей, привлекающая внимание туристов из всех стран мира. По наиболее распространенной версии считается, что металл для колонны был выплавлен в середине IV в. Это были крицы массой около 30 кг.

Первоначально колонна была установлена в 415 г. в одном из храмов на востоке Индии в память о легендарном царе Чандрагупте

Рис. 2.17. Железная колонна в Дели

II. На ее вершине располагалась статуя священной птицы Гаруды. В Дели колонна была перевезена около 1050 г. по приказу царя Ананг Полы. В настоящее время она размещается во дворе мечети Кувват-уль-Ислам в городе-крепости Лал-Кот в 20 км южнее старого Дели (отсюда происходит другое название колонны – «кутубская»).

Высота колонны составляет 7,8 м, из которых над поверхностью земли находятся 6,3 м. Диаметр у основания составляет 458 мм, по направлению вверх колонна кониче-

ски сужается до диаметра 290 мм и заканчивается художественной капителью высотой около 1 м. Масса колонны достигает почти 6 т.

Удивительно, что после почти 1600 лет существования колонна практически не имеет характерных проявлений ржавчины, и это несмотря на то, что ее ежедневно пытаются «заключить в объятия» тысячи посетителей. Согласно народному поверью: кто прислонится к колонне спиной и сведет за ней руки – у того исполнится заветное желание. По этой причине на высоте от 1,1 до 1,4 м над уровнем земли колонна отполирована до блеска и на ней хорошо видны отдельные неметаллические включения и трещины.

Нержавеющая колонна в Дхаре располагается в стороне от туристских маршрутов и поэтому имеет гораздо меньшую известность. Дхар был крупным городом в средневековом королевстве Мальва на севере Индии. Предполагается, что дхарская колонна была изготовлена примерно в то же время, что и делийская. В период вторжения монголов она была сброшена с каменного постамента и разломилась на две части, повторное падение колонны произошло в XVI в. и теперь существуют три ее обломка общей длиной 13,22 м. Масса колонны оценивается в 7,3 т.

Химический анализ металла, из которого изготовлены колонны, показал, что это именно железо с очень низким содержанием углерода – менее 0,02 % (масс.) и высоким содержанием фосфора – около 0,3 % (масс.). Однако эти цифры не объясняют удивительной стойкости металла к коррозии.

## Глава 3.     **РАННИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

### **3.1. Извлечение железа из руд**

Способы производства железа (стали) из руд в тиглях, помещенных в специальные горны (подобные древнейшим горнам, применявшимся для изготовления керамических изделий), и в ямах, получивших в Западной Европе название «волчьих», стали первыми в истории человеческой цивилизации. Оба способа являются металлургическими приемами, унаследованными от освоенного ранее производства меди и бронзы с существенными усовершенствованиями, связанными с природными отличиями руд металлов и их поведением в ходе плавки.

На то, что древнейшим способом производства всех видов металлов являлся тигельный, указывают многочисленные археологические находки последних десятилетий во многих регионах мира: в Малой Азии, Европе, на Дальнем Востоке. В нашей стране, на Урале, в районе «чудских» разработок, датируемых II тыс. до н.э., найдены медные и железные руды в глиняных горшках, а рядом с ними – металлургические шлаки вместе с каменными и медными орудиями труда.

По мнению специалистов исторической науки, тигельная плавка металлов в домашнем очаге представляла собой общедоступный кустарный способ производства, с освоением же технологии получения металлов в «волчьих ямах» металлургия превратилась в особое ремесло – первую настоящую самостоятельную индустрию в истории цивилизации. Однако необходимо отметить, что архаичная «волчья яма» уже к началу новой эры была практически повсеместно вытеснена гораздо более прогрессивным металлургическим агрегатом – сыродутным горном, тигельный же процесс выплавки железа из руд получил дальнейшее развитие (прежде всего в странах Азии), поскольку

позволял, хотя и в небольших количествах, получать сталь высочайшего, даже по современным стандартам, качества.

В чем заключаются отличия металлургических агрегатов, в которых обрабатывалась железная руда, от их предшественников? Во-первых, для восстановления железа из оксидов требовалось значительно большее количество древесного угля, чем при плавке медной руды, где он играл роль только источника тепла. Во-вторых, конструкция горна и технология плавки должны были обеспечивать существенно более высокий температурный уровень процесса, поскольку разделение железа и пустой породы возможно только после перевода одного из материалов в расплавленное состояние, в данном конкретном случае – после образования шлака.

Минимальная температура формирования шлакового расплава, основной составляющей которого является минерал фаялит ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ) составляет около 1200 °С. Между тем при производстве меди и бронзы температура в печи составляла не более 1000 °С. Поэтому для повышения температурного уровня процесса необходимо было применение более мощных воздуходувных средств или создание условий для интенсивного естественного притока воздуха. Необходимо отметить, что в древности пытались снизить температуру плавления шлака путем добавления в шихту специальных флюсующих добавок. Известно, что в Месопотамии и Малой Азии для этих целей еще во II тыс. до н.э. использовалась смесь костной золы и доломита. Однако этот способ мог давать ощутимый эффект лишь в отдельных случаях и только при тигельной плавке.

### 3.1.1. Тигельная плавка

Тигельный способ производства ковкого железа, а впоследствии стали, был повсеместно распространён уже в Древнем Мире. Тяготение европейской металлургии к сыродутной плавке железа наметилось лишь в последние столетия этой эпохи. В Азии тигельная плавка просуществовала в качестве основной металлургической технологии

до конца XIX в., а в кустарном производстве применяется до сих пор. Расцвет тигельной металлургии высококачественной стали, так называемых, вутца (вуца), дамаска или булата, приходится на V–XIII вв.

Именно в тиглях впервые был выплавлен новый высокоуглеродистый железный сплав – чугуна. Произошло это, по-видимому, в Китае в середине I тыс. до н.э. Для получения чугуна в тигли помещали шихту, состоящую из кричного железа и древесного угля, и производили длительную выдержку тиглей в горнах при температуре свыше 1200 °С. Постепенное растворение углерода угля в железе позволяло получить из твердого кричного железа насыщенный углеродом жидкий металл – «синтетический» чугуна.

Известны многочисленные археологические находки остатков печей, фрагментов тиглей со шлаками и невозстановленными спеками, складов руд, древесного угля и флюсов этого периода. Исследования этих материалов, в том числе методами металлографии и «практической археологии», позволили достаточно точно воспроизвести технологию процесса.

Опишем ее в том виде, в котором она применялась в Средней Азии в IX–XII вв. Для плавки применялись тигли цилиндрической формы, высотой до 1,2 м и внутренним диаметром до 12 см (рис. 3.1). Толщина стенок составляла от 2 до 4 см. Материалом для изготовления тиглей служила специальная смесь из песка и жаростойкой глины. Тигли изготавливались по «шаблону» – матерчатому чулку. Они могли выдерживать температуру до 1650 °С. Сверху тигли закрывались полусферическими крышками с отверстиями в центральной части для выхода газов во время плавки.

В состав шихты входили: железная руда, древесный уголь и флюсы, из которых наиболее часто использовался доломит. Все шихтовые материалы предварительно дробились до крупности лесного ореха и тщательно перемешивались. Шихту загружали в

предварительно обожженные тигли, которые помещались в горн и частично засыпались гравием для устойчивости и равномерного прогрева (рис. 3.2).

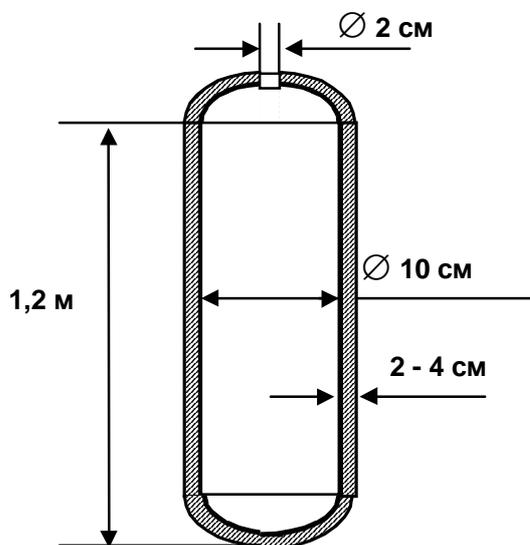


Рис. 3.1. Конструкция тигля для производства железа из руды  
(по данным раскопок городища Ахсикет в Северной Фергане)

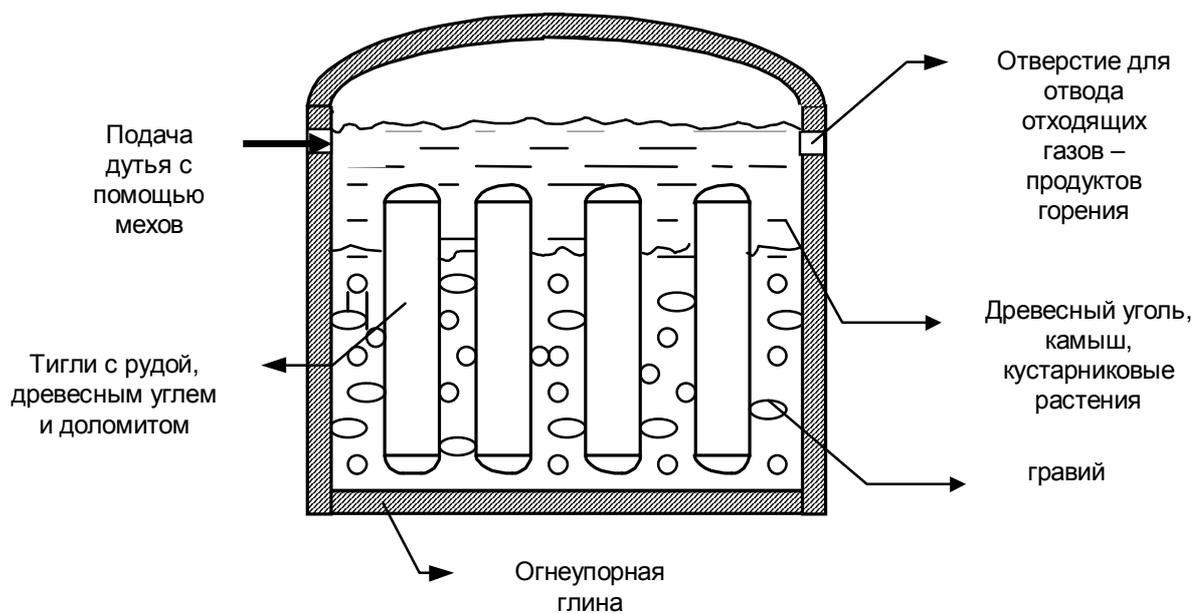


Рис. 3.2. Схема горна для тигельной плавки

Выступавшие над гравием части тиглей обкладывались древесным углем, камышом и кустарниковыми растениями, дававшими при горении высокую температуру. По мере повышения температуры в тигле начинался процесс восстановления оксидов железа углеродом древесного угля, затем плавился шлак и, наконец, железо.

Окончательный состав стали формировался в нижней части тигля в результате просачивания капель металла через слой ранее образовавшегося и более легкого шлака. Тигель оставался в горне после окончания процесса до полного остывания. Остывший слиток металла извлекали, разбивая тигель. Его масса редко превышала 2–3 кг, но этого количества было вполне достаточно для изготовления клинка или деталей доспехов.

Секрет высокого качества тигельной стали заключался в длительном контакте сначала крицы, а позднее – расплавленного металла, с железистым шлаком. При этом из металла в шлак переходили наиболее вредные, с точки зрения качества металла, примеси: фосфор и сера.

### 3.1.2. Сыродутный горн

Сыродутный горн стал первым металлургическим агрегатом, специально предназначенным для производства железа из руд. Его конструкция явилась следствием желания древних металлургов повысить интенсивность поступления в агрегат воздуха, что было необходимым условием повышения температуры процесса.

Сначала для экстракции железа из руды использовали «волчьи ямы», их иногда применяли еще и в начале новой эры. Например, в ямах диаметром до 1,5 м и глубиной до 0,6 м обрабатывали железную руду германские племена. Ямы обязательно устраивались в местах интенсивного естественного движения воздуха: на холмах, в предгорьях, в лесных просеках. Однако очень быстро пришли к тому, что наиболее эффективным способом усиления дутья является сооружение над ямой надстройки – своеобразной аэродинамической трубы.

В основании древнейших из известных сыродутных горнов располагались все те же круглые ямы, стенки которых были обмазаны толстым слоем глины. Именно к ямам подводились каналы для нагнетания в агрегат воздуха. Над ямами из прутьев сплеталась коническая конструкция, которая затем обмазывалась огнеупорной глиной. Впоследствии сыродутные горны перестали сильно углублять в землю, что значительно облегчило их обслуживание.

По данным последних археологических исследований, первые сыродутные горны появились в начале II тыс. до н.э. Широкое, практически повсеместное распространение, они получили в латенском периоде железного века, то есть в V–I вв. до н.э.

Название горна «сыродутный» (сырое дутье) появилось в середине XIX в., когда для подачи воздуха в доменные печи стали использовать мощные паровые машины, а сам воздух – подогревать. После этого архаичные печи, в которые дутье подавалось с помощью привода от водяных колес, а тем более за счет мускульной работы человека, быстро стали неконкурентоспособными. Именно к таким печам и стали применять термин «сыродутные».

В настоящее время, с точки зрения истории металлургической техники, принято деление агрегатов для экстракции железа из руд по виду основного продукта процесса:

- «сыродутный горн» – агрегат, в котором при любых параметрах процесса может быть получено только кричное железо;
- «домница» – печь, в которой в зависимости от условий плавки можно было производить либо кричное железо, либо чугун, либо оба продукта одновременно;
- «доменная печь» – агрегат, в котором при любых параметрах плавки может быть выплавлен только чугун.

Другое название сыродутного горна, используемое в специальной литературе – «низкий горн» – указывает на то, что его высота не превышала человеческий рост, то

есть составляла не более 1,5 м, и он легко обслуживался мастерами-металлургами вручную.

Температура нагрева материалов в сыродутных горнах не превышала 1300 °С, что является недостаточным для плавления получавшегося в результате процесса, низкоуглеродистого железа. Поэтому продуктом «плавки» была «крица», представлявшая собой пористый (похожий на губку) материал – спек неравномерного по химическому составу железа со шлаком. Шлак постоянно вытекал из печи через специальный канал в ее нижней части. Отсюда происходит еще одно название сыродутного горна, особенно часто применяемое в немецкой литературе – «печь с бегущим шлаком».

Главной составляющей шлака, как и в случае тигельной плавки, был фаялит, поэтому потери железа со шлаком были чрезвычайно высоки и достигали на начальном этапе освоения технологии 80 % от массы загруженного в агрегат железа. Тем не менее, сыродутный горн во многих регионах Азии и Африки просуществовал до конца XIX в., а у народов некоторых отдаленных регионов (например, на островах Индийского и Тихого океанов) встречается до сих пор.

Сыродутные горны отличались большим разнообразием конструкций (рис. 3.3). Чаще всего они строились из высокоогнеупорной глины на каркасе из плетеных прутьев, а для укрепления стенок печи применялись деревянные обручи. Иногда горн полностью помещался в деревянный сруб или обкладывался камнями. У славянских народов и в Скандинавии распространение получила конструкция, в которой нижняя часть печи располагалась в землянке, а верхняя незначительно выступала над поверхностью земли.

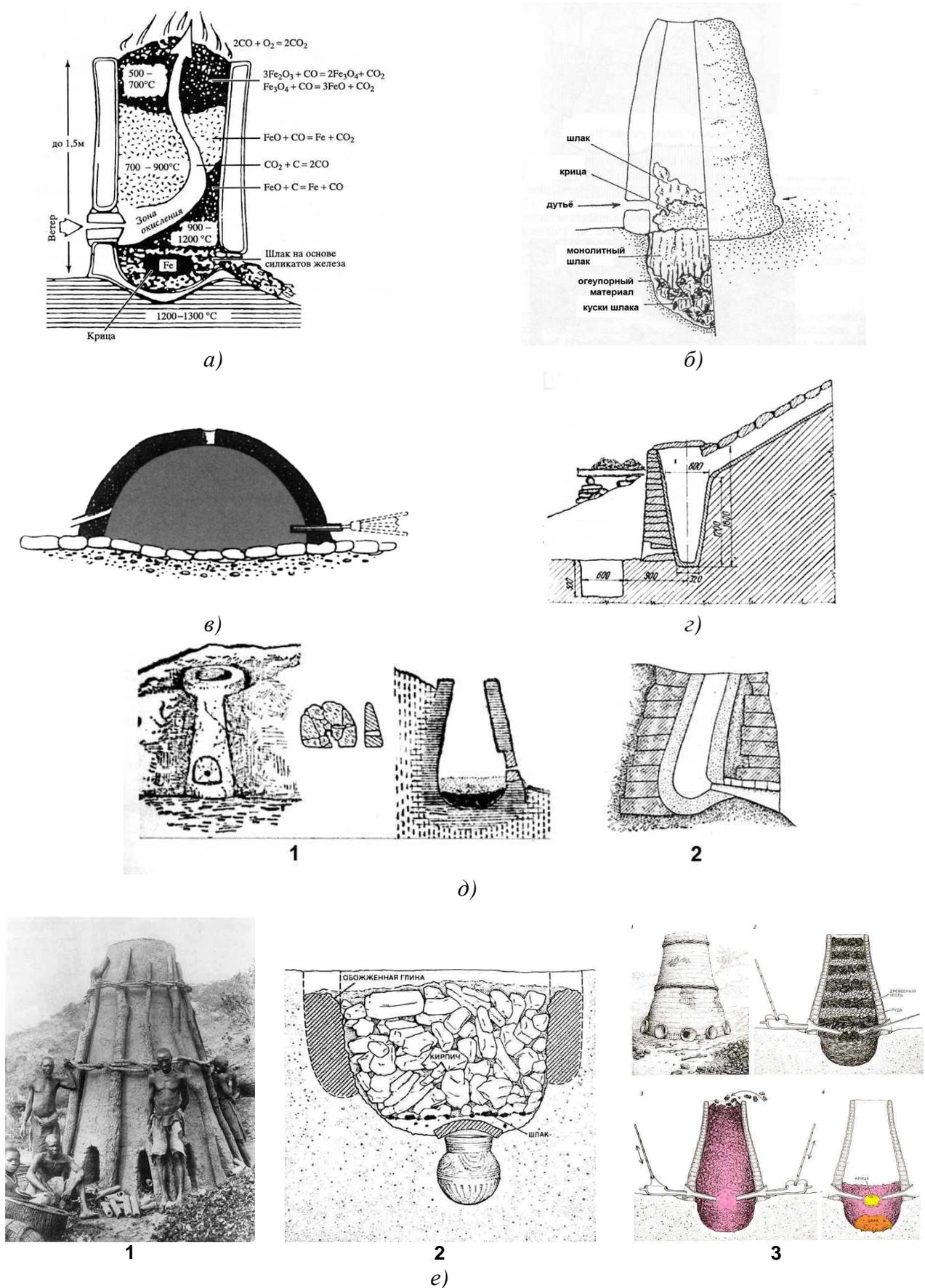


Рис. 3.3. Конструкции сыродутных горнов (а – принципиальная схема сыродутного процесса; б – печь со шлакоприёмником (Закарпатская Украина, начало I тыс. н.э.; в – переходная форма от «волчьей ямы» к «низкому» горну; г – сыродутный горн из горных районов Румынии, IX–X вв.; д – горны времён Римской Империи (1 – Дакия, 2 – Альпийский регион); е – «высокий» горн (конструкция используемая народом фипа, Танзания, 1 – фото нач. XX в., 2 – поперечный разрез, 3 – принципиальная схема процесса)

Внутреннее пространство печи представляло собой два усеченных конуса с общим большим основанием (хотя нередко использовались и другие конфигурации: усеченные пирамиды, цилиндры и т. п.). Горн снабжался одним или несколькими глиняными фурмами (соплами – от старорусского «сопеть», то есть «дуть») с диаметром, постепенно уменьшающимся в направлении внутреннего пространства печи, и составлявшим, как правило, от 60 до 25 мм. В фурмы вставлялись дутьевые мехи, причем если использовалась одна фурма, то в нее вставлялись два меха, попеременная работа которых обеспечивала относительно постоянный приток воздуха в печь. Для выхода шлака внизу печи оставляли канал, перед которым вырывали углубление для скапливающегося расплава.

В древности добывали главным образом руды, представлявшие собой карбонаты или гидроксиды железа. При нагреве они выделяли большое количество газов, препятствующее нормальному ходу процесса. Поэтому перед загрузкой в горн руду, как правило, укладывали в кучи с дровами, разводили костры и в течение суток прокаливали. Затем ее измельчали до крупности лесного ореха и перемешивали с древесным углем, составляя шихту.

Сыродутный горн просушивали и прогревали, разводя внутри него на продолжительное время костер. Затем горн примерно на две трети высоты наполняли древесным углем, и лишь после этого укладывали шихту. Над верхней частью горна снова укладывали древесный уголь так, чтобы образовалось небольшое коническое возвышение. Воспламенение древесного угля осуществляли через канал для выпуска шлака, который наполняли мелкими дровами и хворостом. Подача в горн дутья приводила к разжиганию угля, углерод которого в условиях недостатка кислорода горел до оксида углерода (СО). Таким образом, в печи создавалась восстановительная среда, способствовавшая восстановлению железа из оксидов.

По мере выгорания угля и образования жидкого шлака, небольшие чешуйки восстановленного железа опускались вниз печи, свариваясь друг с другом. Таким образом, в результате процесса продолжавшегося около суток, формировалась одна или несколько криц. На первых порах освоения технологии масса крицы редко превышала 1–2 кг. Однако впоследствии научились производить крицы массой 25–40 кг, а в наиболее производительных каталонских горнах – даже до 120–150 кг.

Для извлечения крицы из горна приходилось разрушать часть его стенок. Поэтому каждой новой плавке предшествовали работы по восстановлению конструкции печи, обмазка внутреннего пространства агрегата глиной, а также установка новых сопел, прочность которых, вплоть до изобретения металлических фурм, была очень низкой.

Извлеченная из горна с помощью ломов или специальных клещей крица содержала большое количество включений шлака и несгоревшего угля. Поэтому ее подвергали механической обработке деревянными молотами для удаления вышеупомянутых примесей. Только после этого приступали к термомеханической обработке металла.

### **3.2. Термохимическая и термомеханическая обработка железа и стали. Рециклинг металлолома**

После предварительной обработки раскованное кричное железо-сырец поступало в кузницу. Главным технологическим приемом здесь служила горячая ковка. Кузнечную ковку можно производить только с металлом, находящимся в пластичном состоянии, поэтому железо подвергали нагреву в кузнечном горне. Важнейшим, ключевым моментом технологии был выбор температурыковки: повышение или понижение температуры механической обработки металла от оптимального уровня отрицательно влияет на его строение и, следовательно, ухудшает качество. Контролем температурного режима служили цвета каления железа и стали. Поэтому в железных кузницах, в от-

личие от других металлургических цехов, специально создавали условия максимально возможного затемнения, чтобы лучше определять все оттенки цветовой гаммы горячего металла.

Следует различать цвета каления металла (табл. 3.1) и цвета побежалости (табл. 3.2). Последние появляются при образовании тонких пленок в результате изменения поверхностного слоя металла. Например, при отпуске стали в окислительной среде на поверхности образуются пленки оксидов, толщина которых увеличивается с повышением температуры нагрева и продолжительности выдержки. Появление цветов побежалости связано с интерференцией белого цвета в этих пленках, вследствие чего погашаются лучи той или иной длины волны.

Таблица 3.1

Цвета каления железа и стали

<b>Цвета каления</b>	<b>Температура появления цвета, °С</b>
Слабое светло-вишневое свечение	около 500
Темно-бурый	600
Буро-красный («вечерняя заря»)	650
Темно-вишневый	700
Вишнево-красный («сырое мясо»)	750
Светло-вишнево-красный («утренняя заря»)	800
Красный	850
Светло-красный	900
Оранжевый	950
Насыщенный желтый	1000
Светло-желтый	1100
Белый	1150
Матово-белый	1200
Ярко-белый («белое каление»)	свыше 1250

Цвета побежалости поверхности железа или нелегированной углеродистой стали

Цвета побежалости	Температура появления цвета, °С
Бледно-желтый	215
Светло-соломенный	220
Медно-желтый	230
Соломенно-желтый	235
Соломенный	240
Густо-соломенный	245
Густо-соломенный с зеленым оттенком	250
Бурый	255
Коричневый (кирпично-красный)	265
Коричнево-пурпурный	270
Пурпурный	280
Темно-пурпурный	285
Голубой	290
Синий	300
Темно-синий	315
Серо-синий	320
Фиолетовый с зеленым оттенком	330

Кузнечная сварка применялась в случаях необходимости сочетания в одном изделии металла с различными свойствами: чаще всего – при изготовлении режущих поверхностей. При этом, как правило, применяли технологию наварки стального лезвия на железную основу. Между тем, сварить сталь с массовым содержанием углерода 0,8–1,0 % с низкоуглеродистым железом (менее 0,1 % (масс.) углерода) особенно трудно, потому что при нагреве металл окисляется, покрываясь окалиной, препятствующей сварке.

Окалину удаляли, применяя специальные флюсы, которыми посыпали места сварки. При соединении флюса с окалиной образуется слой жидкого шлака, который защищает свариваемую поверхность от дальнейшего окисления. В момент сварки шлак удаляли с поверхности изделия, встряхивая его или «выжимая» из шва ударами молота.

Цементация заключается в образовании на поверхности изделия слоя с повышенным содержанием карбида железа – цементита, существенно повышающего прочность

сплава. Цементации подвергались режущие предметы, ее непременным условием являлся нагрев изделия до температуры около 1000 °С.

Известны два древних способа цементации: первый заключался в длительной выдержке изделия в контакте с древесным углем. Второй способ основывался на контакте обрабатываемого изделия с органическим веществом. Например, по одному из древних рецептов мечи, ножи, наконечники копий или другие подобные им предметы смазывали свиным салом (иногда применяли смесь сала с роговыми стружками), обматывали ремешками, нарезанными из козлиной кожи, и обвязывали льняными нитками. Затем их покрывали слоем специальной глины, оставляя открытым только черенок. После этого изделия помещались в кузнечный горн, который раздувался до тех пор, пока кожа не сгорала. Извлеченные из горна предметы освобождали от глины, охлаждали в воде и высушивали над огнем.

Закалка и отпуск использовались для формирования такой структуры изделия, при которой лезвие его получалось твердым, основа – мягкой, а между ними существовала плавная переходная зона. Изделие нагревали до температуры 800–1000 °С. Для быстрой закалки применяли воду, медленное охлаждение (мягкую закалку) проводили в растительном масле или животном жире. Температура отпуска (повторного нагрева изделия после закалки) могла составлять от 300 (низкий отпуск) до 600 °С (высокий).

Высокий отпуск применялся к изделиям, подвергающимся ударным нагрузкам: топорам, наконечникам копий и стрел. Технологией со средним отпуском обрабатывались серпы, косы, ножницы. Низкий отпуск применялся при изготовлении ножей.

Пайка была одной из наиболее сложных операций при работе с железными изделиями. Для пайки использовались оловянные или медные припои. Во втором случае температура пайки была более высокой, что придавало соединению большую прочность и твердость.

Предназначенные для пайки детали очищались в месте будущего соединения от грязи, жира и окалины. Между ними прокладывали медную проволоку или место пайки посыпали медными стружками. Вместе с припоем помещался флюс, соединявшийся с образующейся в процессе нагрева окалиной в шлак. Детали скреплялись проволокой или вставлялись в специальные глиняные формы, после чего помещались в кузнечный горн для нагрева. При определенной температуре припой плавился, олово или медь диффундировали в нагретое железо. Чем меньше был зазор в собранных деталях, тем прочнее получался шов.

Обточка металла служила для придания ему светлой и гладкой поверхности, она заключалась в снятии с поверхности изделия мелкой стружки и производилась точильными брусками и кругами. Вначале материалом для них служил естественный камень: песчаник, наждак или корунд. Однако, по мере развития точильного дела, для тонкого и мягкого шлифования стали изготавливать специальные точила из керамических материалов.

Полирование применялось для придания изделию блестящей поверхности. Чаще всего для этой операции применялись деревянные лощила, которые смазывались особыми составами, например, смесью сала с речным песком. При обработке дорогих изделий, главным образом оружия, поверхность металла доводилась до зеркального состояния.

Кузнечная обработка металла позволяла возвращать в сферу потребления некоторые потерявшие свои потребительские свойства, изношенные и требующие ремонта железные и стальные изделия. Схема рециклинга железного лома, сложившаяся в Древнем Мире и раннем Средневековье приведена на рис. 3.4. Однако значительно больше возможностей для переработки лома и получения металла высокого качества давала схема, включавшая тигельную плавку железосодержащих материалов (рис. 3.5).



Наиболее древние образцы проволоки изготовлены либо ковкой, либо разрезкой кованого листового металла. В Абидосе (Египет) найден проволочный браслет датируемый 3400 г. до н.э., состоящий из двух групп бусинок, соединенных прядью из свитых вместе золотых проволочек и толстого волоса. Искусно отделанной проволоке придан такой же диаметр (0,33 мм), какой был у волоса.

Существовало два основных способа получения кованой проволоки. При первом способе слиток или кусок металла расковывался молотком в прутки заданной толщины и профиля. При втором способе из слитка или куска металла ковкой получали лист, а затем разрезали его на полосы, края которых округляли ударами молотка. При циркулярной резке получались длинные куски проволоки – в этом заключалось её преимущество. Примером практического применения циркулярной резки металла, могут служить полосы из золота длиной более 1,5 м, найденные в одной из гробниц Ура.

В Уре найдены также сканные (филигранные) изделия, датированные III тыс. до н.э. Сущность сканного производства состоит в том, что из тонкой золотой, серебряной или медной проволоки круглого или четырехугольного сечения выполняются ажурные или напаянные на металлическую основу узоры. Для большей красоты проволока предварительно скручивается в две или три нити и сплющивается. Значительное распространение получили у древних народов тканые и шитые золотом одежды. Особенность этого вида искусства заключается в умении изготавливать тончайшие нити проволоки, которые с основой материала образуют эластичную и красивую ткань. По имеющимся данным, в Египте уже в начале III тыс. до н.э. (2755–2733 гг.) выковывали золотые нити для тканей, а во II тыс. до н.э. (1587–1518 гг.) изготавливали серебряные нити.

Попытки производить более изящную и тонкую проволоку привели к тому, что постепенно был выработан новый способ обработки проволоки. Для сглаживания неровностей, калибрования и уплотнения проволоки, ее стали проталкивать через отверстия в твердых материалах. Образцы такой проволоки из золота, датируемые IV тыс. до

н.э., найдены в Египте. Впоследствии эта операция выравнивания поверхности проволоки развивалась в волочение. Считают, что в самом примитивном виде способ волочения начали применять в древнейший период (еще до появления металлических орудий) для отделки стержней дротиков и гарпунов. Стержни изготавливали из сырого дерева и затем калибровали протаскиванием (волочением) через костяные выпрямители. Еще и в настоящее время североамериканские эскимосы и индейские племена пользуются подобными выпрямителями для протяжки сырого деревянного стержня стрелы, чтобы придать ему при высыхании максимальную прямизну.

Раскопки погребений в Египте периода Среднего царства (2800–2500 гг. до н.э.) подтверждают, что техника выпрямления деревянных прутков была широко распространена в древности. Обнаружена роспись, изображающая двух ремесленников, занятых выпрямлением прутков из дерева.

Можно предположить, что в дальнейшем аналогичное калибрование стали применять и к кованым пруткам из цветных металлов, используя деревянные калибры. В результате такой протяжки можно было сделать поверхность прутка гладкой и полированной.

Первые калибры изготавливали, по-видимому, из твердых деревянных досок путем выжигания в них конических отверстий. Если дерево было твердым и отверстие калибра несколько меньшим, чем диаметр прутка, то пруток, неоднократно протянутый через отверстие, делался тоньше, удлиняясь. Дерево, обладающее низкой стойкостью на истирание, впоследствии было заменено другими, более прочными материалами, например кремнем. Во многих странах мира найдены камни с просверленными коническими отверстиями. Очевидно, кремневые калибры употреблялись с древнейших времен, так как искусство сверления отверстий в камнях при помощи песка и воды – изобретение неолитического периода (а возможно, и более раннего времени).

Древние мастера умели высверливать в камнях отверстия не только больших, но и малых диаметров. Сверление производилось смычковой дрелью, хорошо известной египетским ремесленникам. Способ сверления с помощью смычковой дрели изображен в ряде гробниц, относящихся к 1580–1350 гг. до н.э.

Абразивным материалом при сверлении служили кварцевый песок, толченый кремень и другие порошкообразные материалы. Конические отверстия, похожие на «глазок» волокни, могли просверливать либо медным, либо каменным острием при помощи абразивного материала. Вероятно, таким методом просверлены отверстия в каменной волоке II тыс. до н.э., найденной в Наохваму (Грузия). Волочительный камень из Наохваму – одна из известных нам находок волочительного инструмента древнего периода. Волока представляет собой плоский камень из яшмы с несколькими отверстиями. Внутренняя форма отверстия напоминает два перевернутых усеченных конуса.

Наиболее простое приспособление для протяжки проволоки состояло из волокни, которую прикрепляли к опоре, и инструмента (клещей) для захватывания заостренного конца проволоки. Подобный способ ручного волочения сохранился до последнего времени у одного из негритянских племен Танганьики. Приспособление состоит из врытого в землю столбика высотой 600 мм и диаметром 70 мм. В верхней части столбика сделаны вертикальный вырез и глубокая выемка для волокни. Можно предположить, что подобные приспособления для волочения проволоки применялись у народов Африки и в древности.

Уже в первой половине III тыс. до н.э. металлообработка, особенно ювелирное дело, достигли высокого уровня в Месопотамии. Широкое развитие здесь получила обработка золота, серебра и электрона. Особый интерес представляет известное погребение царицы Шубад (XXVI–XXV вв. до н.э.). Ее одежда была покрыта богатыми украшениями из золота, ляпис-лазури, сердолика. Массивный головной убор состоял из диадемы, венка из золотых листьев, золотых колец и трех золотых цветков. В диадеме

использована тонкая золотая проволока диаметром 0,25–0,30 мм, свитая в спираль диаметром около 2,38 мм. Считают, что проволока изготовлена волочением.

Богатейшие погребения середины II тыс. до н.э. открыты в Закавказье. В Грузии (Триалети) среди ювелирных изделий встречаются предметы сканной работы, например золотой кубок, отделанный сердоликом и бирюзой и покрытый узорами из зерни и скани.

Огромным шагом вперед в развитии техники волочения было использование более эффективного железного (стального) волочильного инструмента. Наиболее древними экспонатами могут служить две металлические волочильные доски, найденные в одном из финикийских поселений середины I тыс. до н.э.

По сравнению с каменной, железная волока имеет значительные преимущества: можно повысить ее твердость и прочность на истирание, подвергнув металл механическому упрочнению наклепом. Трудоемкую операцию сверления отверстия можно заменить двухоперационной обработкой: пробивкой отверстия в горячем состоянии с последующим выравниванием отверстия рассверливанием и полировкой (шлифовкой). Кроме того, разработавшееся волочильное отверстие железной волоки легко подправить до первоначального диаметра неоднократной холодной наклепкой вокруг контура глазка.

Волоченая проволока применялась не только для украшений и предметов роскоши. Представляют интерес находки совершенно новой для того времени проволочной продукции – тросов. Два из известных нам ранних образцов бронзовых тросов относятся к VIII и V вв. до н.э. Первый найден в Ниневии (Ассирия), второй в Помпее, разрушенной при извержении Везувия в 79 г. Трос из Помпеи, диаметром около 25 мм, состоит из трех стренг, каждая из которых скручена из 15 проволок. Длина троса около 4,6 м. Установлено, что в IV в. до н.э. с проволочными тросами были знакомы китайские ремесленники. Появление проволочных тросов свидетельствует о расширении

сферы потребления проволоки, т.е. об использовании ее и в технике. По всей вероятности, тросы применялись в строительных работах для поднятия или перемещения тяжелых.

Изготовление волочильных досок было сложной технологической операцией и требовало больших навыков в металлообработке. Заготовку для волочильной доски нужных размеров и с определенными качествами металла мог изготовить лишь кузнец, обладающий необходимыми знаниями в выплавке и обработке железа. До сих пор нет точных сведений о составе металла волочильного инструмента. В сообщениях археологов волочильные доски обычно называются железными, хотя сразу же делаются предположения о возможности цементации железа или применении для их изготовления стали.

### **3.4. Монетное дело**

В исторической науке появление монет рассматривается как один из определяющих периодов в развитии индустриальной цивилизации. Многими учеными этот процесс признается завершающим этапом в формировании государственного устройства человеческого общества. Отметим, что эпоха, когда началось активное монетное обращение – V век до н.э. – хронологически соответствует переходу от «галльштатского» (раннего) к «латенскому» (позднему) периоду Железного века. С точки зрения истории металлургии, главной особенностью этого времени является достижение такого количественного и качественного уровня производства железа, который позволил ему практически полностью вытеснить другие металлы из производственной сферы Древнего Мира. К V в. до н.э. из ковкого железа и стали изготавливали сельскохозяйственные орудия труда, инструмент, крепежные изделия. Железо полностью «монополизировало» военное производство. В этих условиях остальные металлы, прежде всего золото, се-

ребро и медь были освобождены от «черновой» работы и могли «сосредоточиться» на исполнении роли «всеобщего товарного эквивалента».

Очень важно, что достигнутый к тому времени технический и технологический уровень металлургии полностью обеспечивал возможность широкого массового производства таких социально значимых изделий, как монеты. Уже в древности эта важная роль металлургических технологий была запечатлена на самих монетах. Известна мо-



Рис. 3.6. Денарий с изображением Юноны (около 46 г. до н.э.)

нета, отчеканенная в городе Пестуме (Южная Италия) в эпоху римской республики с такими изображениями: на одной стороне весы – необходимый инструмент монетчиков (металлические монетные заготовки должны были тщательно взвешиваться), а на другой – чеканщик с молотком, занесенным над штемпелем. На другой римской монете, вошедшей в обращение в 46 г. до н.э., показаны инструменты монетчиков – наковальня, специальные щипцы для удерживания штемпеля и молоток-чекан. На лицевой стороне написано слово «Монета» и изображена голова богини Юноны, которую и называли этим словом (рис. 3.6). Именно в храме Юноны Монеты в III в. до н.э. была размещена одна из первых в Риме мастерских по чеканке денег. В честь богини впоследствии стали называть драгоценные кружки чеканенного металла. На монете важное место занимает еще один символ – шапка бога Вулкана, покровителя кузнецов, к которым, относили себя монетные мастера.

Необходимо отметить, что в древнейших деспотиях (в Египте, Ассирии и других государствах Месопотамии) монет не было. В торговле использовали, главным образом, товаро-деньги, чаще всего – скот, иногда слитки металлов, как правило, серебра. На картине египетского художника II тыс. до н.э. изображены весы, на одной чаше которых размещены слитки драгоценного металла, а на другой – гири. Масса металла и

была ценой товара. Само слово «деньги» в языках разных народов сохранило с древними всеобщими товарными эквивалентами одно значение: например, «деньги» по латыни *Rescupia*, от слова *rescus* – «скот». У славян слово «скот» имело двойное значение: имущество, богатство с одной стороны, и ценные домашние животные – с другой.

Наиболее существенным преимуществом металлических денег перед любыми другими примитивными средствами обмена было то, что монеты практически не подвергались порче, их можно было хранить в качестве сокровища длительное время. Кроме того, они были удобны при транспортировке. Наконец, используя монеты, можно было легко осуществлять торговые операции, что значительно облегчало мелкую торговлю.

Во многих странах появлению монет предшествовало обращение различных видов металлических слитков. Например, в Греции до введения монет применялись железные прутья, они назывались оболлами. Шесть прутьев составляли драхму (пучок, горсть). Драхмой впоследствии стала называться наиболее распространённая в Древнем Мире серебряная монета. В древней Италии до появления монет деньгами служили медные слитки. В Северном Причерноморье на территории древнегреческой колонии Ольвии найдены клады бронзовых наконечников стрел, отличавшихся от боевых тем, что у них не было втулки, а лопасти были тупые. Их единственным назначением было обслуживание мелкой розничной торговли. При сохранении формы наконечника стрелы они, по сути, уже являлись монетами.

Вопрос о территории, где впервые начали производить монеты, до сих пор остаётся спорным. Принято считать, что первые монеты появились в Китае в XII в. до н.э., при их изготовлении был применен метод литья в формах. Затем – в начале VII в. до н.э. – в государстве Лидия в период правления царя Гигеса появилась первая чеканная монета. Она была изготовлена из природного сплава золота и серебра (электрона или электра) и имела массу 14 г. На монете, называвшейся «статером», был изображён лев –

геральдическое животное столицы Лидии. Изображения животных на статерах характерны для всех лидийских монет VII–VI вв. до н.э. Но известен также статер с именем лидийского царя Алиата (правнука Гигеса).

По мнению Геродота, «первыми из людей они (лидийцы) стали чеканить и ввели в употребление серебряную монету и впервые занялись мелочной торговлей». Первые лидийские монеты имели бобовидную форму: слиточек металла в виде бобового семени при помощи пучка тонких стерженьков придавливали к наковаленке. Поэтому самые первые монеты имели на одной стороне отпечатки квадратных в сечении стержней – штемпелей и каких-то случайных линий от наковальни – на другой. Впоследствии на наковаленке стали вырезать изображение и получать на слитке его оттиск.

Примерно в тоже время появились монеты на греческом острове Эгина. Эгинские монеты имели совсем другой вид, чем лидийские, и чеканились из серебра. Шарик металла вдавливался квадратным в сечении штемпелем в глубоко врезанное на наковаленке изображение черепахи. Штемпель снабжали маленькими шипами, чтобы он не соскальзывал с монеты в момент удара чеканом, поэтому шипы чётко отпечатывались на металле. Черепаха была священным животным Аполлона, который особо почитался на острове. К тому же этот бог считался покровителем торговли и мореплавания в Древней Греции. Эгинские монеты прозвали «черепашками».

Чеканка уже в V веке до н.э. стала самым распространенным способом изготовления монет, а со времен Римской империи – единственным. Однако для изготовления монетных пластин, из которых затем чеканились монеты, в период античности по-видимому преимущественно применялся метод литья.

#### 3.4.1. Монетное дело в Древней Греции

Не вызывает сомнения, что впервые широкое распространение монеты получили там, где обмен товарами был наиболее интенсивным, то есть в греческих колониях Ма-



Рис. 3.7. Золотой статер – крезус (kroiseus). Лидия (Греция) VI в. до н.э.

лой Азии и Северного Причерноморья, располагавшихся на торговом стыке между государствами Древнего Востока и Запада. Монеты быстро распространились по всему Средиземноморскому региону. Они были в основном серебряными или электровыми.

В VI в. до н.э. прославившийся своим богатством лидийский царь Крез (561–546 гг. до н.э.) стал чеканить золотые монеты – «крезусы» или «крезеиды». Им также было установлено, получившее в последствии широкое распространение в различных денежных системах Древнего мира, ценностное соотношение между золотом и серебром – 1:13. Покорив Лидию, персидские цари (546 г. до н.э.) сохранили удачную биметаллическую денежную систему. Их золотые монеты массой 8,4 г чеканились в большом количестве и длительное время выступали как торговые монеты средиземноморского региона. По изображенному на них стреляющему из лука воину эти монеты в античном мире назывались «лучниками» или «дариками» по имени царя Дария I (521–485 гг. до н.э.). Персидские серебряные монеты с тем же изображением – статеры массой 11,2 г и сиклы массой 5,6 г – имели менее обширную сферу распространения.

Монеты, которые чеканились в Персии – крупнейшей империи V–IV вв. до н.э., почти не обращались в ее внутренних регионах. Они предназначались для торговли в городах Средиземноморского побережья. В самой же Персии продолжали торговать на слитки и товаро-деньги. Там монеты не обращались на рынках, а оседали в сокровищницах крупнейших городов и политических центров страны Персеполя, Экбатаны, Суз. При необходимости ими расплачивались с греческими наемниками или использовали для политических подкупов.

Постепенно от примитивной техники чеканки, характерной для лидийских и эгинских монет, перешли к более совершенной: монетный кружок, который по прежнему обычно получали литьем, помещали между двумя цилиндрическими или квадратными в сечении штемпелями – нижний был закреплен в наковальне, а по верхнему ударяли специальным молотком «чеканом».

Необходимым и важнейшим этапом производства монет было взвешивание. Иногда металлическую заготовку подгоняли к стандарту индивидуально: этот способ в средневековой Италии получил название «al-pezzo» (т.е по индивидуальной массе). Но чаще монеты из меди или низкопробного серебра чеканились на заготовках, которые получали способом «al-marco» (по весу марки – средневековой единицы массы). При этом способе гарантировалось, что из определенного количества металла будет изготовлено некоторое определенное количество монет. Этот способ расчета получил название «монетной стопы». В случае его применения из слитка первоначально отковывалась заготовка круглого сечения, от которой затем отрубались собственно монетные заготовки необходимой толщины. Перед чеканкой они сглаживались ударами молотка. Точность их массы была приблизительной. Поэтому и масса монет значительно колебалась около нормативной, однако, в допустимых границах, называемых «ремедиумом». Упомянутые термины взяты из Средневекового денежного дела, но те явления, которые они обозначают, существовали уже в начальной истории монет.

Часто монеты надчеканивали небольшими штемпельками – пуансонами. Этим монете давалась «новая жизнь» и она вторично выпускалась в обращение.

После прекращения выпуска денег штемпели, как правило, уничтожались, поскольку ими мог воспользоваться фальшивомонетчики. Но все же несколько монетных штемпелей античной эпохи дошло до нашего времени.

За подделку монет могли изгнать или казнить, как это делали в Древней Греции. В Риме знатного гражданина ссылали, незнатного – казнили или отдавали в каторжные



Рис. 3.8. Ареал распространения афинских монет с изображением совы – символа города

усложнение рисунка на штемпелях. Таким образом, монетная металлургия и металлообработка развивались при активной государственной поддержке.

На греческих монетах, имеющих только одно изображение, как правило, встречаются животные или растения – символы чеканившего монету города. С появлением системы двух изображений символы городов становятся изображением оборотной стороны, а лицевая сторона предоставляется богам и мифологическим персонажам. При этом между обоими изображениями существует смысловая связь, например, Афина Паллада и посвященная ей сова на монетах Афин (рис. 3.8). Только в эпоху эллинизма, после смерти Александра Македонского (323 г. до н.э.), для греческих монет, многие из которых к этому времени достигли высокого художественного уровня, становится характерным изображение правителя.

Чеканщики античной Греции были искусными мастерами монетного дела: изображения на их монетах отличаются отчётливым рельефом и в художественном отношении интереснее даже тех, которые чеканились позже в эпоху Римской империи раннего Средневековья. По мнению многих специалистов, самые красивые монеты чека-

работы, раба распинали на кресте. Во многих странах древности подделывание монет рассматривалось как оскорбление власти и покушение на священные верховные права главы государства.

Кроме жестокого наказания был и другой, причём более эффективный способ борьбы с фальшивомонетчиками –

нились в IV в. до н.э. в г. Сиракузы. Мастера этого греческого полиса подняли выделку чеканочных штемпелей на очень высокий уровень.

Греческая государственность развивалась, главным образом, в виде многочисленных городов – полисов, которые, являясь политически автономными, почти все пользовались правом чеканки монет. Поэтому количество чеканенных в Древней Греции монет огромно. В настоящее время известны греческие монеты, изготовленные более чем на 2000 монетных дворах в самой Греции и её колониях, занимавших обширные территории от Испании и Галлии до Малой Азии и Египта.

Первоначально название монеты, ее «номинал» и достоинство совпадали с названием какой-либо мелкой весовой единицы. В Древней Греции и колониях было много денежно-весовых систем и соответственно систем денежных единиц-номиналов. В Аттике такой счетной единицей был талант (само слово «талант» означает весы), составляющий 60 мин. Каждая мина включала 100 драхм. Поэтому широко распространенная аттическая система объединяла в себе древневосточный шестизначный счет с десятичным. Другая популярная система отсчета была основана на золотом или электровом статере и его долях, исчисленных в шестеричной системе: трите, гектре и т.д. «Статер» в переводе значит «коромысло весов». Как видно, денежные понятия прочно связаны с понятием взвешивания.

У разных греческих монет были разные районы обращения. Существовали деньги, предназначенные для торгового оборота только в одном городе. Как правило, в греческом полисе собственную монету принимали обычно поштучно: верили штемпелю своего города, а чужую, чеканенную в другом полисе, – по массе, рассматривая монету в качестве кусочка драгоценного металла. Таким образом, штемпель города, гарантирующий определенную массу пробы, был действителен в узких границах городской общины и терял свое действие за его пределами.

Но существовали деньги межгосударственные, межполисные, которые обращались в широких границах. Это во многом зависело от чистоты металла, от полновесности монет, от того традиционного доверия, которое они заслужили. Среди древнегреческих монет очень высоко ценилась афинская драхма.

Количество греческих монетных дворов значительно сократилось с возникновением эллинистических государств, а после завоевания Римом отдельных македонских и греческих полисов чеканка греческих монет почти повсеместно была ликвидирована и окончательно прекратилась при римском императоре Диоклетиане в III в. н.э.

#### 3.4.2. Римские монеты

В Римской республике не было множества отличающихся друг от друга денежно – весовых систем. Здесь в основе денежного обращения лежала медная монета – крупный литой асс. Слово «асс» происходит от «aes» – «медь» и до сих пор используется для обозначения старшей карты в колоде игральных карт – туза, символизирующего власть денег.

Еще в VIII–VI вв. до н.э. в Риме в качестве платежного средства широкое развитие получили слитки и куски меди, которыми расплачивались по массе. Эволюция этих кусков меди – «ассов» до появления первых медных монет Рима, тоже «ассов» по названию, была долгой. Сначала для удобства обращения слитки делали прямоугольной формы. Потом появились ассы (также прямоугольной формы) имеющие изображения и надпись «Romano». Практически на всех римских ассах (слитках и монетах) изображался двуликий Янус – бог начала всякого дела. Слитки весили примерно один римский фунт или либру (около 273 г). Латинское слово «libra» переводится как «весы». Изображали на ассах слона, свинью, Пегаса и т.п. Но чаще всего появлялся на них бык – воспоминание о том архаическом времени, когда товаро-деньгами был скот. В V в. до н.э. бык стоил 100 либров меди.

До начала III века до н.э. асс был основной единицей в римской монетной системе. Изготавливались монеты в один, два и более ассов, а также в доли асса. Только в середине IV в. до н.э. в Капуе начали в небольших количествах выпускать серебряную монету по греческому образцу. Это были дидрахмы массой 7,8 г.

Ценнейшим источником по истории монетного дела в Риме является «Естественная история» Плиния Старшего. Он рассказывает, что до вынужденного ухода войск царя Пирра из Италии в 275 г. до н.э. римский народ пребывал в счастливом неведении денег из драгоценных металлов. Не было ни золотых, ни серебряных монет, а в обращении был только медный асс, весивший один фунт. При всех расчетах деньги отмерялись по массе, поэтому жалование воина называлось «стипендия» (от «пендо» – «взвешиваю»). И впоследствии весы оставались одним из атрибутов оформления торговой сделки. Так, при манципации – формальной процедуре передачи какого-либо имущества или рабов в собственность нового владельца – покупатель в присутствии свидетелей ударял по весам кусочком меди, а затем вручал продавцу необходимую сумму денег.

Денежное обращение, основанное на медной монете, требовало много металла. Множество рабов добывало его на медных рудниках Италии в Тоскане и Лигурии, но еще больше меди ввозилось в Рим из других стран Европы.

В начале III в. до н.э. Рим, победив италийские племена и получив большую военную добычу в виде меди, начал регулярный выпуск круглых монет. Формальная организация монетного дела в Республике произошла с учреждением в 289 г. до н.э. особой коллегии в составе 3 человек.

В относительно короткое время в Риме скопилось огромное количество меди в слитках и монетах, начавших быстро обесцениваться. Конкуренция среди тех, кто хотел теперь отделаться от накопленной меди привела к быстрому понижению цен на металл в Риме, в результате чего, в начале III в. до н.э. отношение меди к серебру по цене достигало 1:960 (в то время как 50 годами ранее оно составляло 1:130). Но накопленная

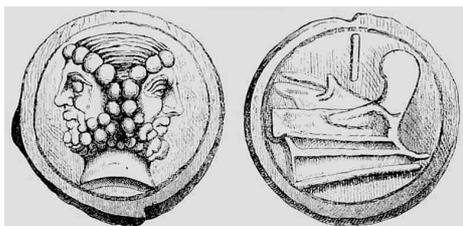


Рис. 3.9. Асс, весом в 1 римский фунт (около 350 г. до н.э.; на лицевой стороне – голова Януса, на оборотной – передняя часть корабля

в Риме, и так сильно обесценившаяся, медь стала важным предметом экспорта, в частности в Грецию, где сохранялся спрос на этот металл, в особенности для нужд развитого здесь художественного литья из бронзы. В обмен на медь в Рим теперь ввозились серебро и золото. Торговля благородными металлами при обесцененной меди была выгодна, и золота, а особенно серебра ввозилось все больше и больше.

В середине III в. до н.э. в Риме была проведена реорганизация монетной системы и снижена масса асса (табл. 3.3). На оборотной стороне всех монет теперь помещалось изображение проры (proga – нос корабля) – символ мореплавания и атрибут Ромы, богини покровительницы Рима (рис. 3.9).

Таблица 3.3

Римская монетная система середины III в. до н.э.

Название монеты	Номинал	Изображение на лицевой стороне	Обозначение достоинства
асс	12 унций <sup>1</sup>	голова Януса	цифра «1»
семисс	6 унций	голова Юпитера	буква «S»
триенс	4 унции	голова Ромы	четыре точки
квадранс	3 унции	голова Геркулеса	три точки
секстанс	2 унции	голова Меркурия	две точки
унция	унция	голова Ромы	точка

Серебряные монеты – динарии и сестерции – начали чеканить в Риме в 269 или 268 г. до н.э. Во второй половине III в. до н.э. получила распространение первая золотая монета – скрупул, равнявшаяся 20 серебряным сестерциям. Легендарный римский золотой ауреус (от слова «aureus» – золото) впервые чеканился в 218–217 гг. до н.э. На

<sup>1</sup> Унция (лат. uncia)

1) мера массы в Древнем Риме, составлявшая  $\frac{1}{12}$  основной тогда меры массы либры, равнялась 27,166 г. Получила широкое распространение во всех странах до введения метрической системы мер.

2) Старинная римская монета, чеканилась из сплава меди, олова и свинца, равнялась  $\frac{1}{12}$  асса (27,28 г).

лицевой стороне был изображен двуликий Янус, а на оборотной – пленный между двумя римлянами и надпись: «ROMA». Золотые ауреусы имели массу 6,78 г.

Постепенно римские патриции заменили в своих сокровищницах груды меди золотыми и серебряными слитками, после чего перешли к чеканке новой денежной единицы из серебра – «викториата», который с 187 г. до н.э. надолго сменился в Риме другой серебряной монетой – денарием. Именно этот римский денарий стал образцом для главной монеты средневекового феодального общества – денария (получившего в германоязычных странах название «пфенниг»).

Регулярную чеканку золотой монеты ввел Юлий Цезарь (102 или 100–44 гг. до н.э.), но основным денежным знаком в Риме по-прежнему была монета серебряная. В 46 г. до н.э. в честь побед Юлия Цезаря над Galliей, Египтом, Понтом и Нумидией был отчеканен золотой ауреус массой 8,2 г. На лицевой стороне монеты – голова богини Пиеты, имя и титул цезаря, на оборотной – предметы жреческой утвари и имя монетария (ответственного чиновника) А. Гиртия.

Монетные дворы Римского государства достигали огромных размеров. В императорском Риме монетный двор находился между холмами Целием и Эквилином. Считалось, что он находится под покровительством самого Геркулеса. Здесь были найдены надписи II в. н.э., в которых содержались имена и названия должностей работавших на этом предприятии лиц: «подручный», ответственный за качество металла, подкладыватель монетных кружков, молотобойцы, граверы, литейщики, кассиры, пробовщики и т.п. Большинство из упомянутых специалистов – вольноотпущенники императора или его рабы. Надзор за выпуском монет в Риме поручали специальным чиновникам – магистратам. Еще во времена Римской республики, (с III в. до н.э.) обычно назначали трех лиц для заведования чеканкой и литьем монет. Каждый магистрат отвечал за монеты из металла одного вида – золота, серебра, меди и помечал их сокращенным обозначением своего имени или личной эмблемой. По этим отметкам контролировали качество и мас-

су монеты. За обнаруженное злоупотребление магистраты несли ответственность. Иногда для того, чтобы ужесточить контроль, монеты «подписывали» еще и квесторы, следившие за сбором налогов, помещая на штемпеле свой знак.

Монетные магистраты были под контролем римского Сената. Но, кроме того, самостоятельно выпускали монеты некоторые города, а также военачальники за пределами Рима, чаще всего для выплаты жалованья солдатам. Это стало особенно частым явлением в I в. до н.э., когда Рим сотрясали гражданские войны, приведшие к падению республики и установлению империи. Императоры постепенно оттеснили Сенат от управления монетным делом. Октавиан Август в начале правления еще не решался чеканить в самом Риме свои золотые и серебряные монеты (рис. 3.4), а делал это в провинции. Но вскоре он, а за ним и другие императоры стали чеканить свои деньги и в Риме, а Сенату оставили право выпуска медных монет. С течением времени и этой областью монетного дела фактически стали заведовать императорские чиновники, а Сенату оставалась лишь видимость прав.

Таблица 3.4

Состав номиналов римских монет в первые столетия существования империи

Металл	золото	серебро	латунь	медь
Основные монеты	двойной ауреус	антониан	двойной сестерций	асс
	ауреус	денарий	сестерций	семисс
	квинарий ауреус	квинарий	дупондий	квадранс

Римский монетный двор при Августе делился на три секции; каждая выпускала свой вид монеты, чтобы по нему можно было контролировать качество и массу металла. Секция обозначала свою продукцию цифрой или буквой. При Нероне таких секций стало уже 6. Кроме того, в особой секции изготавливали («резали») штемпели, используя в этой трудной и кропотливой работе маленькие пуансоны для повторяющихся деталей. В этой секции также хранились изображения императоров, с которых мастера делали монетные портреты.



Рис. 3.10. Золотой  
солид Константина

В 309 г. при императоре Константине была выпущена римская золотая монета солид (рис. 3.10), распространившаяся вскоре по всей территории Римской империи. После её падения солид продолжал применяться у германских народов, став образцом золотых монет, обращавшихся в период средневековья в Западной Европе. Название этой монеты в несколько измененном виде перешло затем к французскому – су и итальянскому – сольдо.

### 3.4.3. Древняя технология чеканки

По технике чеканки историю раннего (античного) монетного дела принято подразделять на четыре периода. В архаический период (VII – середина VI вв. до н.э.) монета имела вид или сплюснутого боба или шарика. Изображение было на одной стороне. Надписи чаще совсем отсутствовали, иногда помещались первые буквы названия города. Такими были ранние монеты Лидии и Эгины.

В классический период (середина VI – конец IV вв. до н.э.) монетный кружок стал более плоским и круглым. От верхнего квадратного штемпеля осталась только квадратная рамка. Монеты на обеих сторонах имели изображения и иногда надписи: название города и даже имена резчиков штемпелей, или лиц, которые были ответственны за чеканку монет.

В эллинистический период (III – конец I вв. до н.э.) монетный кружок становится или плосковыпуклым или вогнуто-выпуклым, как увеличительное стекло. Появляются портреты правителей и длинные надписи.

И, наконец, в римский период (конец I в. до н.э. – IV в. н.э.) монеты стали совсем плоскими, правильной круглой формы. Кроме изображений, детальных и сложных, монетные мастера часто вырезали на штемпелях длинные надписи с развернутой титулатурой и именами правителей и магистратов и помещали политические лозунги.

Мастерская чеканщика, как правило, оборудовалась горном для тигельной плавки металла, волочильным станком для изготовления проволоки, специальной наковальной и инструментом для резки и плющильных работ. Одной из сложнейших операций было изготовление штемпелей, требующее от мастеров большого художественного искусства и умения придавать стальным инструментам высокие эксплуатационные свойства.

Для получения на монете изображения применялись штемпели с выгравированными на них углубленными негативными изображениями. Они представляли собой закаленные стальные матрицы, на рабочих торцах которых нарезались изображения и надписи. Для получения изображения на лицевой и оборотной сторонах монеты применялись верхний и нижний штемпели. Верхний штемпель или «чекан» имел форму цилиндра, на одном конце которого был нарезан рисунок. Чеканка производилась на массивной подставке с металлическим основанием. Если изготавливались монеты с изображением на одной (лицевой) стороне, заготовку помещали на это основание, на нее накладывали верхний штемпель и наносили по верхней его части сильный удар или серию ударов. Если на монете требовалось изготовить рисунки с лицевой и с оборотной сторон, под монетную заготовку подкладывался нижний штемпель. Обычно для получения хорошего оттиска чеканщику приходилось наносить по верхнему штемпелю несколько сильных ударов. Во избежание смещения при ударах монетного кружка относительно нижнего и верхнего штемпелей, его во время чеканки придерживали особыми клещами.

#### 3.4.4. Литые монеты Китая

Как уже отмечалось ранее, впервые в мире монеты появились в Китае в XII в. до н.э. и изготовлены они были из меди методом литья. Денежная система Китая является уникальной: изготовление и эмиссия литых монет продолжались в стране на протяжении более 30 веков. В Китае не существовало и монет из драгоценных металлов, если



Рис. 3.11. Та-Цзин –  
«большая монета»

не считать единичных экземпляров, служивших наградами и украшениями. Драгоценные металлы использовались в денежном обращении в виде слитков и их частей. Попытка императора Ван Мана отлить биметаллические монеты (24–9 гг. до н.э.) (бронзовые с заливкой специальных углублений золотом) окончилась неудачей, так как владельцы монет сразу же научились выковыривать золото, в результате чего обращение и изготовление таких монет быстро прекратилось.

Исключением из правил мировой валютной системы является литье и участие в денежном обращении Китая чугунных монет, которые широко использовались в период Пятицарствия (907–960 гг. н. э.) и в эпоху Сун (960–1279 гг. н.э.).

Древнейшие чугунные китайские монеты относятся к 520 до н.э., к царствованию императора Ву-Ти, династии Лянг; 10 чугунных монет соответствовали 7-ми медным. Во второй половине X в. первый император династии Сунг, Тай-цу, выпустил новую чугунную монету, получившую название Та-Цзин («большая монета») (рис. 3.11) и весившую около 2 золотников. Монета выдывалась в очень большом количестве, на её литье ежегодно, с 1000 по 1020 гг., около 4 тыс. т. железа.

На протяжении многих веков все китайские монеты отливались с отверстиями, так как их обычно носили на поясах-шнурках в связках по 400–1000 шт. При крупных торговых сделках китайцы вели счет денег связками. Литые китайские монеты не имеют иных рисунков или изображений, кроме иероглифических начертаний легенды, так как по принятым канонам нельзя было изображать царя, императора или князя (вана). На монетах отливались девизы периода правления, выполненные китайской каллиграфией, признаваемой одним из видов изобразительного искусства. На лицевой стороне также помещались изречения: «ходячее сокровище», «верное обеспечение» и т. п. На

оборотной стороне иногда помещены знаки, показывающие ценность, массу и место выделки монеты.

К моменту появления литых монет китайцы прекрасно владели различными способами литья: в каменные формы, по «выплавляемым моделям», в сырые и подсушенные песчано-глинистые формы, «в стопку», а позже в кокиль. Часто затраты на изготовление монет превышали их стоимость, поэтому литейщики постоянно стремились найти дешевые и высокопроизводительные способы литья, обеспечивающие высокое качество.

Выпуск в количестве многих миллиардов монет, высокие требования к их качеству обусловили высокую технику модельного дела. Промодели вырезали из дерева (например, черного кипариса), воска, камня или металла, затем из них монтировали промодельную плиту, по которой отливали бронзовые модельные плиты для одновременного изготовления нескольких десятков и даже сотен монет.

Ни в одной стране мира художественные отливки нумизматических материалов: амулетов, талисманов, медальонов и т. п. не получили столь широкого распространения, как в Китае. Можно выделить три основные причины этого: трехтысячелетний опыт литья монет, укоренившийся в народе обычай символизации в монетах многих понятий (например, персик – символ долголетия, сорока – символ приятных встреч и интересных бесед), многовековое искусство гадателей, астрологов и прорицателей, использовавших такие литые изделия в качестве рабочих атрибутов.

#### 3.4.5. Роль монетного дела в развитии металлургии

В период V в. до н.э. – V в. н.э. монетное дело занимало исключительное положение в системе металлургического и металлообрабатывающего производства. Его постоянным развитием, опирающимся на мощную государственную поддержку, обусловлено совершенствование технологийковки, волочения, термообработки благородных метал-

лов. Чеканка металлов предъявляла очень высокие эксплуатационные требования к чеканочным штампам, – инструментам, для производства которых использовались высококачественные стали, разрабатывались и применялись специальные методы упрочения и термомеханической обработки. Исключительно четкие с глубоким рельефом и сложным рисунком изображения на античных монетах свидетельствуют о высоком мастерстве резчиков штампелей. Опыт, накопленный античными чеканщиками, активно использовался в других областях металлургического производства. Использование чеканщиками монет разнообразных металлургических процессов и технических средств для литья, кузнечной обработки и волочения металлов не только способствовало дальнейшему развитию уже известных металлургических технологий и техники, но и стимулировало изобретение принципиально новых способов металлообработки.

Например, изучая восточные древние золотые монеты, ученые обратили внимание на тот факт, что некоторые из них отличаются очень точной массой. Их осмотр показал отсутствие каких-либо следов опиловки ребра с целью их подгонки под определенную массу. Было выдвинуто предположение, что древние чеканщики для изготовления монетных заготовок пользовались методом порошковой металлургии. При этом, для каждого экземпляра монеты отвешивалось строго определенное количество золотого порошка. Затем его аккуратно помещали на нижний штампель. Ударом по верхнему штампелю достигалось получение изображения на обеих сторонах монеты.

## **Глава 4. ДРЕВНЯЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ТЕРМИНОЛОГИЯ**

Мы познакомились со способами производства металлов, организацией и особенностями металлургии железа у некоторых народов эпохи Древнего Мира. К концу этого периода развития цивилизации в значительной мере сложилась система металлургических терминов. Некоторые из них мы рассмотрим ниже.

В последние десятилетия в языкознании большое развитие получила методология, позволяющая глубоко проникать в прошлое родственных языков и восстанавливать их общий источник – «праязык» семьи языков. Сравнивая слова и языковые формы, совпадающие по звучанию и значению, лингвистам удается реконструировать древнее звучание слова, получившее в дальнейшем в каждом из родственных языков новое произношение.

### **4.1. Происхождение термина «железо»**

Применительно к металлургии железа сделан вывод о том, что древнейшим языком, из которого началось «движение» термина обозначающего железо в другие языки, был язык хатти. Хатти, а следом за ними и хетты, называли железо «хапалки» (или, более поздняя форма – «хавалки»). По современным представлениям это слово, трансформируясь и видоизменяясь, проникло затем в большинство языков Азии и Европы.

Например, в древнегреческий язык оно попало в двух формах. Более ранняя из них «халькос», обозначавшая первоначально собственно металл (сталь или медь), стала затем использоваться для обозначения меди и ее минералов, а также послужила основой для слова кузнец – «халкеус». Древние греки, относившиеся к металлургам с большим уважением, ежегодно устраивали специальный праздник в честь бога-кузнеца Гефеста. Этот праздник получил название «халкин».

Поздняя форма «халипс» стала обозначать сталь: так называет этот сплав железа в своих произведениях Эсхил, отсюда же происходит часто упоминаемое в греческих мифах название легендарного народа «железоделателей» – халиберов, которые по преданию обитали на черноморском побережье Малой Азии и передали древним грекам секреты металлургического мастерства. Кроме того, в древнегреческом языке существовало слово «сидерос» (звездный металл), обозначающее железо космического происхождения.

В том, что термин, использовавшийся для обозначения железа, перейдя в другой язык, стал обозначать медь, нет ничего удивительного. Дело в том, что в древних языках не существовал термин «металл» в современном его понимании: слова, которые теперь переводятся как «железо» или «медь», в древности означали «камень» (минерал), «руда», «продукт плавки». Осознание металла как вещественной формы, которой присущи определенные металлические свойства, произошло лишь в середине I тыс. до н.э. (то есть с наступлением латенского периода железного века). Этому достижению научной мысли человечество обязано греческой философии, благодаря которой в современные языки вошли термины «металл», «металлургия» и их производные.

Необходимо отметить, что в древнегреческом языке существовал еще один термин, непосредственно связанный с металлургическим производством. Древние греки обозначали искусство работы с расплавленным металлом словом «хима» («хюма») – литье, поток, река. Возможно именно это слово, распространенное в эпоху эллинизма на всем Ближнем Востоке, послужило прообразом термина «химия» («алхимия» у арабов в эпоху раннего Средневековья), который стал использоваться для обозначения всей совокупности естественнонаучных знаний в начале Новой эры.

Согласно другой версии, слово «химия» могло произойти от египетского «хеми», что означало «черная земля». В этом случае термин «химия» можно понимать как «египетская наука». Существуют и другие версии происхождения термина «химия».

Тем не менее «недоразумения» с названиями металлов продолжали существовать не только в эпоху Древнего Мира, но и в Средневековье. Например, большинство древних народов считали свинец, олово и сурьму одним и тем же металлом разной степени чистоты. Римляне называли свинец «плюмбум нигрум», а олово – «плюмбум альбум», то есть один и тот же металл, только черного или белого цвета.

Проблема идентификации свинца обнаруживает себя и в славянских языках. В старину на Руси свинец называли оловом, что нашло отражение в поговорке «слово – олово», лишь позднее за свинцом закрепилось название, произошедшее от технологии его разлива: «свинкой» называли товарные слитки металла.

В украинском языке до сих пор существует слово «оливец» – карандаш, но раньше писали не оловянными, а свинцовыми стержнями. Свинцовые штифты (нем. – «блайштифт») широко использовались для письма еще в античности, древние греки поэтому дали свинцу название «молюбдос», что значит «пригодный для письма». Свинцовую руду греки называли молибденой, но часто путали сульфиды свинца (галенит) и молибдена. В 1778 г. выдающийся шведский химик Карл Вильгельм Шееле выделил из минерала молибденита новый химический элемент. Впоследствии он получил древнегреческое название свинца – молибден.

Но вернемся к железу, в слове «хапалки» корнем является «пал», а перед ним располагается характерная для хаттского языка приставка. Ассирийцы, захватившие после распада хеттского государства не только значительную часть его территории, но и технологию производства железа и стали, перенесли в свой язык и металлургический термин. По ассирийски железо стало звучать как «парциллу». Практически в такой же форме это слово перешло и в финикийский язык – «парциллум».

Финикийцы были прекрасными мореплавателями, вели обширную торговлю по всему Средиземноморью, они основали множество колоний, в которых, в частности, развивалось и металлургическое производство. По существующей в настоящее время

теории, от финикийцев термин «парциллум» перешел к этрускам в форме «ферсом», а затем вошел и в латинский язык в виде «феррум». Именно так теперь и называется железо, когда о нем говорят как о химическом элементе. Ставшее международным латинское название «ferrum» принято сегодня у всех романских народов.

Термин «феррум» широко использовался в Средневековье в алхимической литературе, однако алхимики им не ограничивались: для обозначения железа они использовали также такие названия как *iris*, *sarsar*, *phaulec*, *minera*. Наиболее распространенным было название металла, соответствующее его планете – «марс», однако и оно прижилось не сразу: некоторыми алхимиками в раннем Средневековье для обозначения железа применялось название «чужой» планеты – «меркурий».

В современном английском и немецком языках для обозначения железа применяются слова восходящие к кельтскому термину «изарн» (изарнон). В кельтском языке много слов с корнем «изарн»: часто он встречается в названиях рек, например, Изарно, Изаркос, Изарак. На берегах реки Изар располагается столица Баварии – город Мюнхен. Слово «изара» означало «крепкий», «сильный». Предполагается, что в немецкий язык кельтское «*isarn*» попало в результате постепенной трансформации через древнегерманское «*eisarn*» в современное «*eisen*».

В Англии в Средневековье в употреблении были несколько слов, обозначавших железо и созвучных кельтскому прообразу: *isern*, *isen* и *igen*. Современное «*iron*» стало общеупотребимым в середине XVII в.

#### **4.2. Старорусская металлургическая терминология**

О происхождении славянских слов обозначающих железо существует несколько версий. Наибольшее распространение получили две из них. Известна точка зрения, отстаиваемая, в частности, многими немецкими филологами, согласно которой русское

слово «железо» происходит от санскритского «жальжа», имеющего в основе уже упомянутый выше хаттский корень «пал». Согласно другой теории, слова обозначающие железо во всех языках славяно-балтийской группы, происходят от корня «лез» (или «рез») и связаны с функциональным назначением металла, употреблявшегося для изготовления лезвий и режущих предметов. Таковы, например, польское «zelazo», чешское «zelezo», литовское «gelesis», южнославянское «зализо».

Сторонники функционального признака в словообразовании славянских и балтийских терминов указывают на то, что подобная практика обозначения металла имела место и в древнейшей истории. Например, в латинском языке, наряду с вышеупомянутым названием железа «феррум», использовался термин «acies», буквально обозначающий лезвие или острие, но использовавшийся также и как название стали.

Интересно происхождение других славянских металлургических терминов. Например, термин «кузнец» в древности не имел отношения к процессуковки металла. Он происходит от слова «кузнь», которым обозначалось металлическое изделие вообще, и, прежде всего, ювелирное, драгоценное изделие. В средневековых русских летописях слово «кузнь» всегда употребляется с эпитетами «драгоценная», «многоценная». Однокоренным со словом «кузнь» является слово «козни», «строить козни» означало изготавливать из металла сложные замысловатые изделия. По видимому в современном понимании слова «кузнец» и «кузница» стали использоваться в русском языке не раньше XV в.

Слова «ковка», «ковать», «коваль» – также связанные с процессом термомеханической обработки, металла имеют достаточно позднее происхождение. В их основе лежит корень «ков», от которого происходит слово «коварство», ранее означавшее мудрость, умение, замысловатость и не имевшее негативных оттенков. Поэтому встречающееся в летописях словосочетание «коварные златокузнецы» нужно понимать как «умелые ювелиры», а глагол «ковать» ранее имел смысл «изготовления чего-либо из

металла с помощью умения, навыков и т. п.». Именно от этого глагола произошло множество слов, обозначающих и мастера, и его инструменты, и продукцию: ковач, наковальня, ковадло (кувалда, молот), подкова, ковчег (металлический ящик) и др.

Как же называли мастера – металлурга работавшего с железом древние славяне? По наиболее распространенной в настоящее время версии это слово звучало как «крыч» или «хрыч». Однокоренными являются слова «крица» – кусок свежесовосстановленного железа, требующий термомеханической обработки, «корчиница» – кузница, «мех корчин» – кузнечный мех. От этого старославянского слова происходит название нескольких русских городов: Корчев – «город металлургов» – так назывались древние города на Днепре, Оке, Волге. В настоящее время наиболее известным является город Керчь (также бывший Корчев), который расположен рядом с крупным месторождением железной руды. Таким образом, для древнего русского металлурга в выражении «старый хрыч» не было ничего обидного, он понял бы его как «мудрый (опытный) кузнец».

Исходный материал для металлургического производства в древности назывался также как и в настоящее время «рудой». В древнерусском языке это слово обозначало одновременно кровь и рудные минералы, то есть «кровь земли». Прилагательное «рудый» было синонимом красного или рыжего цветов, из чего можно сделать вывод, что под «кровью земли» подразумевались, прежде всего, минералы железа. Именно они – болотные железные руды красно-коричневых оттенков – были наиболее распространены в лесной полосе среднерусской равнины, где обитали наши предки. Божеством, покровительствовавшим рудам и помогавшим древним рудознателям, был «семаргл», представлявший собой крылатого пса.

Продуктами плавки железной руды в древних славянских сыродутных горнах были сплавы железа разного качества. В летописях чаще всего упоминаются два: «оцел» и «харалуг». Под оцелом понималась сталь высокого качества, прошедшая длительную термическую обработку. Это слово обычно употребляется с прилагательными «трыпен-

ный» (стойкий, терпеливый) и «каленный», известна старорусская поговорка: «печь искушает оцел во каление» (печь испытывает сталь огнем).

Харалуг был сталью самого высокого качества. Из него изготавливались, прежде всего, предметы наступательного вооружения: мечи, наконечники копий и стрел. Некоторые специалисты считают термин «харалуг» заимствованием из тюрского языка, в котором существует выражение «кара-лыг», что значит «черный цветок».

Прилагательное «харалужный» пять раз используется в поэме «Слово о полку Игореве» для характеристики качества русских мечей и копий. Из текста произведения следует, что кроме основного смыслового значения слова «стальной», прилагательное обозначало также цвет изделия «яркий», «сверкающий», «пламенный». При изготовлении харалуга применялись специальные способы закалки металла: летопись говорит о том, что такая сталь была «в буести закалена». Это значит, что закалку проводили на ветру.

Вообще ветер, воздух и его движение играли ключевую роль в технологии металлургического производства древних народов, и наши предки, конечно, не были исключением. Именно подача в горн дутья была наиболее трудоемкой операцией при экстракции железа из руды. «Дутье» по древнерусски произносилось как «дмение», отсюда происходит прилагательное «надменный», то есть «надутый». От этого же корня происходят глагол «дмать» (дуть) и название самого металлургического агрегата «домна» или «домница» (дутьевая печь). Даниил Заточник – автор самого старого из известных русских описаний технологии производства железа, так оценивал роль воздушного дутья: «не огонь творит разжение железу, но надмение мешное». Он же, характеризуя трудоемкость процесса плавки, писал: «лучше бы ми железо варити, ни (нежели) со злою женою быти».

Неудивительно, что главным покровителем русских кузнецов считался бог Сварог, один из пяти верховных божеств Киевской Руси. Сварог (его помощником и под-

чиненным являлся семаргл) был богом неба, огня и воздушной стихии, от него зависело движение «соков» и «крови» в земле, то есть появление побегов растений и проявление жил и руд металлов. Поэтому считалось, что металлург-кузнец мог не только выковать меч или плуг, но и врачевать болезни, отгонять нечистую силу, ворожить и даже устраивать свадьбы.

У многих славянских племен существовала легенда о том, что бог Сварог послал людям на землю кузнечные клещи, «и нача ковати оружие, преже бо того палицами и камением бивахуся» (Шахматов А. А. «Повесть временных лет»). Именно с помощью кузнечных клещей в известном эпическом произведении легендарный кузнец Михайло Поток (по другой версии – Козьмодемьян) побеждает дракона Змея-Горыныча.

Таким образом, у древних славян было много причин, чтобы металлургов уважительно называть «Сварожичами», то есть верными помощниками небесного божества. Имя «Сварг» часто присваивалось наиболее умелым и талантливым кузнецам. Отсюда берет свое происхождение глагол «сварганить», что значит мастерски изготовить металлическое изделие, или вообще хорошо сделать какое-либо сложное дело. Интересно отметить, что венгры, заняв в начале Средневековья славянскую Паннунию, среди многих славянских слов усвоили и два металлургических термина: «варга» – обычный кузнец (от вышеупомянутого «варганить») и «ковач» – кузнец, подковывавший лошадей.

Отметим, что славянская средневековая традиция отношения к металлургам существенно отличается от западноевропейской, для которой характерно отождествление металлургических знаний с темными силами природы. В средневековых Германии и Италии, лидерах в производстве железа, вплоть до середины XVI в., крицу называли «люппе» (лат. Lupus, итал. Lupo, нем. Luppe, франц. loup) – «волчья голова». Считалось, что кузнецы умеют превращаться в волков, поэтому при приеме молодых подмастерьев в металлургические цеха с них брали клятву о том, что они не будут становиться оборотнями.

## Глава 5. МЕТАЛЛУРГИЯ ЖЕЛЕЗА В СРЕДНЕВЕКОВЬЕ

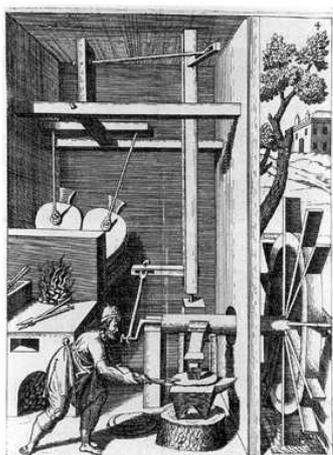
### 5.1. Пути прогресса

В течение более чем двух тысячелетий тигельный и сыродутный способы экстракции железа из руд развивались параллельно практически на всей территории планеты, где была известна металлургия. Однако с наступлением Новой эры ситуация изменилась: на Востоке основное развитие получил тигельный способ производства. Этому способствовали, по крайней мере, две объективные причины: во-первых, в Азии существовало много (по меркам эпохи) легкодоступных месторождений природно-легированных железных руд, что позволяло получать в тиглях в результате плавки сразу высококачественную сталь. Она использовалась, главным образом, для изготовления вооружения, качество которого служило основой агрессивной захватнической внешней политики. Во-вторых, в Азии в это время сложилась благоприятная демографическая ситуация, которая в совокупности с постоянным притоком живой рабочей силы из зависимых регионов и удобными климатическими условиями, позволяла в повседневной жизни обходиться минимумом металлических орудий труда низкого качества. Поэтому для удовлетворения потребностей сельского хозяйства и мелких ремесленников вполне хватало хорошо известных сыродутных горнов.

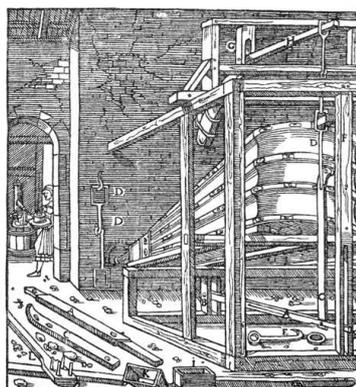
В Европе ситуация была в корне иной: легкодоступных природно-легированных месторождений здесь всегда было меньше чем в Азии, а многие из известных были уже в значительной степени выработаны кельтами. Длительное господство в регионе Римской Империи, которая в последние столетия своего существования практически не развивала новых методов горно-металлургического производства, а ориентировалась на ввоз качественных металлургических материалов из Азии, привело к застою в отрасли: некоторые успехи были достигнуты лишь в технологии и организации переработки ме-

таллического лома. Крайне неблагоприятной была демографическая ситуация, которая усугублялась экспансией и опустошительными набегами восточных завоевателей.

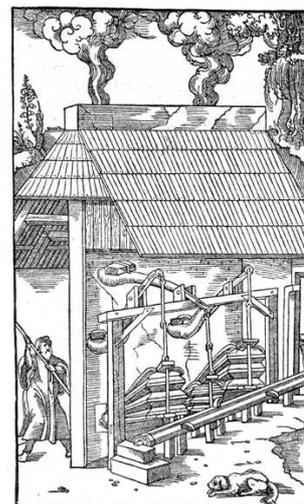
В сложившихся условиях требовался новый подход к металлургии железа: необходимо было добиваться высокой производительности каждого отдельного агрегата, чтобы обеспечивать потребности в инструментах всех слоев немногочисленного населения, и эффективно расходовать имеющиеся и не всегда качественные ресурсы. Достичь упомянутых целей можно было только одним путем, который уже был намечен предыдущим ходом развития металлургии: требовалось повысить интенсивность подачи дутья в агрегат, что и пытались планомерно осуществлять западные металлурги, начиная с эпохи Средневековья (рис. 5.1).



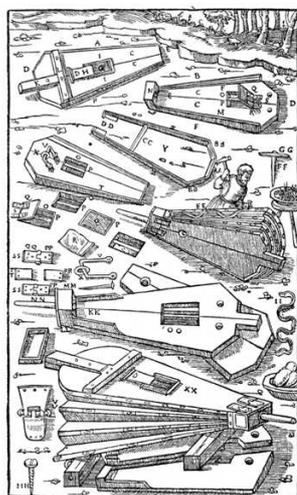
a)



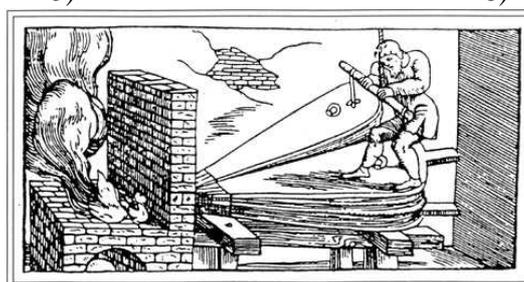
б)



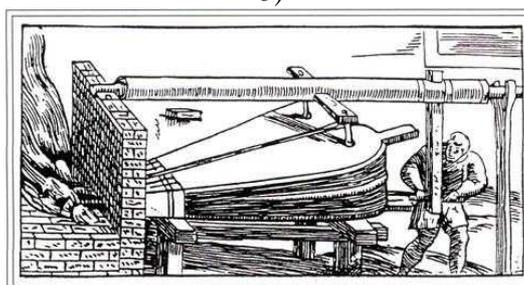
в)



г)



д)



е)

Рис. 5.1. Клинчатые меха – основное воздуходувное приспособление Средневековья  
(*a–c* – 12 книг о металлургии, Г. Агрикола, 1556 г.; *d, e* – Пиротехния, В. Бирингуччо, 1540 г.)

То, что увеличение интенсивности подачи дутья в агрегат позволяет повысить его производительность, достаточно очевидно – уголь горит быстрее и быстрее заканчивается процесс производства кричного железа. В отношении же экономии ресурсов выигрыш заключался в повышении температурного уровня процесса, а затем, по мере увеличения размеров печей, в улучшении условий теплообмена и, как следствие, более полном восстановлении железа из оксидов. На рис. 5.2 показано, как снижалось количество железа в шлаке по мере повышения интенсивности дутья и соответствовавшего ему увеличения высоты агрегата. Таким образом, «вынужденный» путь развития западноевропейской металлургии железа привел к появлению в позднем Средневековье крупного индустриального производства и заложил основы гегемонии Европы в мире в последующие столетия.



Рис. 5.2. Изменение количества дутья, подаваемого в агрегат, и содержания железа в шлаке в Средневековье и Новое время

## 5.2. Ландшафт – важнейший металлургический ресурс Средневековья

В то время как на Востоке успешно развивали технологию тигельной плавки высококачественной стали из природнолегированных руд, на Западе происходило постепенное освоение других металлургических технологий. Во второй половине первого тысячелетия лидерство в политической жизни Европы принадлежало викингам, государствам, располагавшимся в Альпийском регионе и франкам. Рассмотрев историю Древнего Мира, мы уже знаем, что политическое лидерство, начиная с древнейших времен, базировалось на металлургическом фундаменте. В Раннем Средневековье сама природа способствовала развитию технологий металлургии железа в Скандинавии и Альпийском регионе.

И в Скандинавии и в Альпах в VII–VIII в. стали строить сыродутные горны высотой больше человеческого роста, причем увеличение высоты агрегата происходило очень интенсивно и к концу тысячелетия строились печи высотой до 5 м. В чем причина такого изменения конструкции агрегата? Изначально стремились к повышению производительности печи. Однако полученный «побочный» эффект неожиданно превзошел первоначальные ожидания средневековых мастеров. Дело в том, что с увеличением высоты горнов в них стали существенно улучшаться условия теплообмена между опускающимися сверху железорудными материалами и поднимающимся снизу, от фурм, восстановительным газом (оксидом углерода). Можно сказать, что в печи появилось «дополнительное» тепло. В результате стали более полно проходить как реакции восстановления железа из оксидов, так и науглероживания свежевосстановленного железа. Таким образом, получаемая крица стала более равномерной по химическому составу, в ней повысилось содержание железа, а само железо стало более насыщено углеродом.

В вышеупомянутых печах, также как и в сыродутных горнах, производимым продуктом оставалась крица, но, вместе с тем, в связи с развитием в агрегате процессов теплообмена их можно отнести к категории шахтных печей (которыми считаются, появившиеся позднее, домницы, доменные и ваграночные печи). «Двойственная» природа обсуждаемых скандинавских и альпийских средневековых печей нашла отражение в их названиях. В Скандинавии такие печи назывались «осмундскими» (от «осмунд» – крица), в альпийском регионе высокие сыродутные горны получили название «штюкофенов» (от немецких слов «штюк» – крица и «офен» – печь), в отличие от обычных сыродутных горнов, за которыми закрепилось название «реннофен» – печь с «бегущим» шлаком.

Развитие металлургии железа в Альпах и в Скандинавии базировалось на прекрасном ресурсном фундаменте. В обоих регионах были в достатке легкодоступные богатые железные руды. Сначала их добывали непосредственно на поверхности земли, а по мере истощения открытых месторождений железную руду стали добывать из штолен – горизонтальных или наклонных горных выработок. Такое ведение горной добычи особенно широко практиковалось в Альпах, где распространенным видом геологической структуры являются «горсты» – поднятые по разломам участки земной коры, богатые рудами металлов. В Европе горсты образуют вершины с крутым обрывистым южным склоном и пологим северным (с максимальной высотой 1000–1300 м над уровнем моря). Классическими примерами горстов являются горы Гарц (на территории современных Германии, Австрии и Италии), Вогезы (Северо-восточная Франция), Рудные (Чехия и Германия).

Помимо залежей руд цветных и черных металлов, горсты располагают лесистыми ущельями и быстрыми горными потоками. Таким образом, в распоряжении средневековых металлургов находились богатые ресурсы качественной древесины для выжига угля и мощные потоки воды для приведения в действие водоналивных колес, обеспечи-

вавших подачу в штюкофены необходимого количества дутья. Однако широкое использование дутьевых средств началось в конце тысячелетия, до этого металлурги использовали, главным образом, естественное движение воздуха. И в этом виде ресурсов Скандинавия и Альпы предоставляли металлургам необходимые возможности.

Север Европы часто называют страной ветров, возможно наиболее образно это отношение к природе Скандинавии и арктических архипелагов выразил великий французский романист Виктор Гюго, который писал: «Северные фьорды и архипелаги – это царство ветров. Каждый глубоко врезающийся в побережье залив, каждый пролив между многочисленными островами, превращается в поддувальный мех». Постоянным движением воздуха отличается и Альпийский регион, особенно его древнейшая металлургическая провинция – Штирия. Таким образом, средневековый металлург, работавший с крупнейшими агрегатами своего времени – штюкофенами и осмундскими печами, должен был быть специалистом-«ландшафтоведом», то есть должен был уметь, подобно мореплавателю управляющему кораблем, «поймать ветер», чтобы извлечь железо из руды.

Штюкофены и осмундские печи обеспечивали самый высокий температурный уровень термических процессов раннего Средневековья. Температура продуктов плавки (крицы и шлака) в них гарантированно достигала 1400 °С, но условия науглероживания металла в печах все же еще не позволяли получать в них чугун. Нужен был еще один шаг, еще некоторое увеличение высоты агрегата, чтобы получить новое качество – новый продукт процесса, высокоуглеродистый сплав чугуна. Этот шаг был сделан после появления печей шахтного типа – «домниц» (русское название) или «блауофенов» (немецкий термин) в начале XIV столетия.

То обстоятельство, что именно металлургическая индустрия обеспечивала наивысшие температуры в Средневековой промышленности, было хорошо известно современникам. У многих народов в это время появляются легенды о металлургах – по-

велителях огня (пламени). Возможно, один из наиболее поэтических образов средневековой металлургии железа создан великим Гете. В поэме «Фауст» главный герой обращается к верным слугам темных сил – воронам со следующим напутствием:

*«...летите к кузнице подгорной,  
где гномы день и ночь, упорно,  
железо на огне куют.  
Трудолюбивый этот люд  
уговорите дать нам пламя,  
невыразимое словами,  
каленья белого предел».*

При некоторой условности поэтических форм, необходимо отметить, что автор точно указывает, что кузница (в данном случае имеется в виду штюкофен) располагается именно в горной местности, и именно в такой кузнице производится раскаленная крица – материал с самой высокой в Средневековье температурой.

#### 5.2.1. Штюкофен и осмундская печь

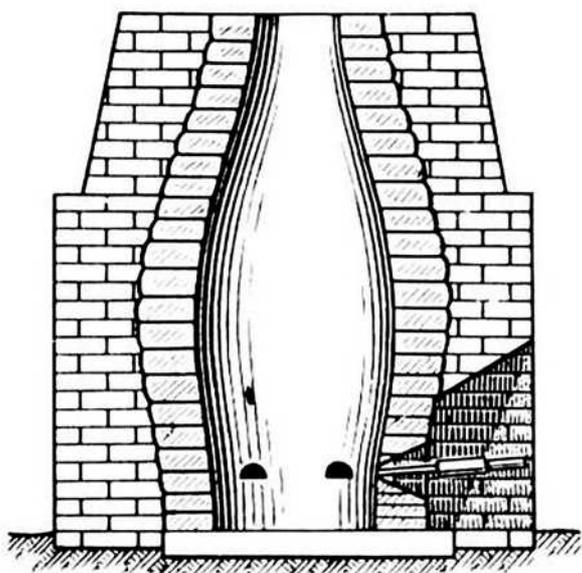


Рис. 5.3. Штюкофен

Рассмотрим теперь работу со штюкофенами и осмундскими печами более подробно. Отметим, что конструкция агрегатов была очень похожей, основные различия заключались во «внешнем оформлении»: осмундские печи, как правило, заключались в деревянные срубы, а конструкция штюкофенов усиливалась снаружи каменной кладкой (рис. 5.3). Печи строили многогранного сечения,

чаще всего в виде двух четырехгранных призм с общим большим основанием. Фурма использовалась одна и устанавливалась горизонтально в нижней части печи таким образом, что ниже нее располагались лишь отверстия для выпуска из печи шлака.

Перед началом плавки внутреннее пространство печи обмазывали огнеупорной глиной и набивали угольным порошком. Затем производили «обжигание горна», которое заключалось в прогреве кладки путем сжигания дров и некоторого количества древесного угля. После этого печь наполовину загружали порцией древесного угля, перемешанного с небольшим количеством легкоплавкой железной руды. В результате плавления этой первой (выражаясь современным языком доменщика «задувочной») шихты, стенки нижней части печи покрывались своеобразным защитным слоем – «гарнисажем». Только после такой длительной подготовки агрегата переходили собственно к процессу плавки.

Шихту готовили тщательно: куски руды, представлявшей собой красный или бурый железняк с массовым содержанием железа около 50 %, дробили до крупности гороха или лесного ореха, древесный уголь, требования к качеству которого непрерывно возрастали, измельчали до размера грецкого ореха. Оба компонента шихты отделяли от мелких частиц и пыли вручную. Печь наполовину заполняли древесным углем, а затем загрузку руды и угля производили последовательно горизонтальными слоями толщиной не более 10–12 см.

После воспламенения древесного угля, в нижней части печи, где проходила реакция неполного горения углерода угля до монооксида углерода, достигалась температура 1400–1450 °С. Наверху печи (на колошнике) температура отходящих газов, состоящих, в основном, из СО и азота, составляла 700–900 °С. Поэтому отходящий газ при взаимодействии с кислородом воздуха воспламенялся и непрерывно горел в течение всей плавки. Основным механизмом восстановления железа из оксидов была их реак-

ция с твердым углеродом, поэтому содержание  $\text{CO}_2$  (образующегося при восстановлении железа монооксидом углерода) в отходящих газах было ничтожным.

Главной составляющей шлака, как и в обычных сыродутных горнах, был фаялит. Шлак содержал по массе: 45–50 % монооксида железа, 25–35 % кремнезема, 4–6 % глинозема, до 5 % извести и магнезии и до 15 % монооксида марганца. Кроме того, в шлаке присутствовали оксиды щелочных металлов, фосфор (иногда более 1 %) и сера. Железистые шлаки отличаются высокой жидкоподвижностью, поэтому они легко вытекали из печи через отверстия в стенках, расположенные немного ниже уровня фурмы. Присутствие в рудах монооксида марганца, взаимодействовавшего с кремнеземом, облегчало восстановление железа и уменьшало его потери в ходе плавки.

В результате плавки получался металл с низким содержанием кремния (менее 0,05 % (масс.)), марганца (менее 0,5 %) и фосфора (менее 0,01 %). Содержание углерода в различных участках крицы колебалось в широких пределах от 0,05 до 1,5 %. Как известно, температура плавления низкоуглеродистого железа, составлявшего основную массу крицы, составляет 1480–1520 °С, поэтому крица получалась твердой. Однако с повышением высоты печей и улучшением условий теплообмена, содержание углерода в крице увеличивалось и в начале второго тысячелетия ее часто извлекали из штюкофенов оплавленной.

Плавка продолжалась от 4 до 6 ч., после чего раскаленную до белого каления крицу клещами извлекали через пролом в передней стенке горна. Пролом делался в месте установки фурмы, что позволяло одновременно производить контроль состояния и, при необходимости, замену сопла дутьевого устройства. В крице оставались включения угля и шлака, составлявшие до 10 % её массы. Поэтому крицу уплотняли деревянными молотами, а затем тщательно проковывали кузнечным молотом, для удаления шлака из мелких пор. Потери железа со шлаком и в результате отбраковки по-прежнему оставались высокими и могли достигать половины от количества железа, по-

павшего в печь с рудой. Всего за сутки, с учетом постоянного ремонта печи, успевали произвести 2–4 крицы.

Высоким был и расход древесного угля: непосредственно на процесс извлечения железа из руды он составлял 3–4 кг/кг «сырого» железа, еще столько же топлива требовалось сжечь при переработке сырца в товарный продукт. С учетом же того, что при производстве древесного угля масса продукта составляла не более 15 % от массы дров, общий расход высококачественной древесины на производство килограмма железа достигал почти 50 кг. Потребность в древесном угле была столь высока, что к концу тысячелетия пришлось существенно усовершенствовать технологию его производства: от архаичного способа выжига в ямах перешли к более производительной и экономичной технологии получения продукта в кучах диаметром свыше 3 м.

#### 5.2.2. Каталонский горн

Увеличение высоты металлургического агрегата, применявшееся в конструкции штюкофенов и осмундских печей, было лишь одним из направлений увеличения интенсивности его работы. Собственно производительность процесса экстракции железа из руды во все времена определялась интенсивностью подачи в печь дутья. В раннем Средневековье был разработан еще один способ повышения производительности сыродутного горна, который заключался в разработке конструкции низкой, но интенсивно работающей печи, постоянно подгружаемой шихтой. По пути создания такого горна пошли металлурги юго-западной Европы. В X–XI вв. здесь была разработана технология плавки железа в горнах, получивших название «каталонских».

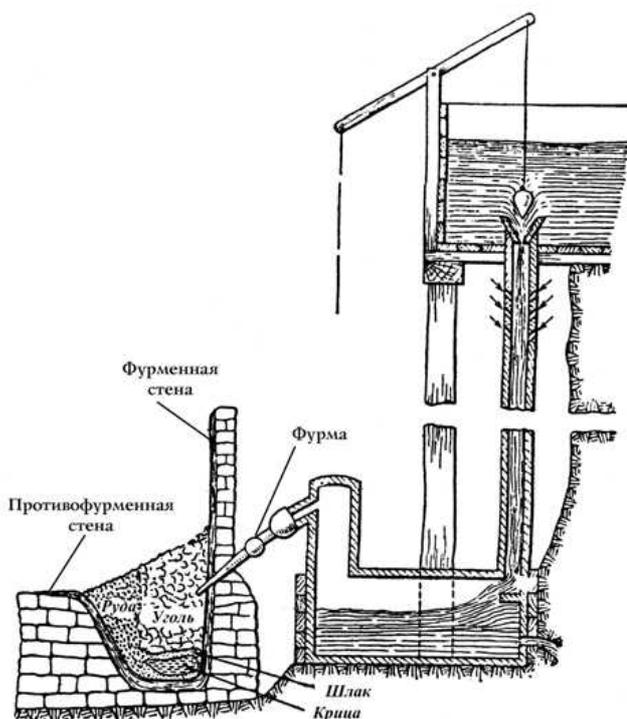


Рис. 5.4. Каталонский горн с троппой

Каталонские горны появились сначала в испанских, а затем и во французских Пиренеях. Современники выделяли три модификации этих агрегатов: собственно каталонский горн – самый крупный по размерам и производительности, а также наваррский и бискайский горны, несколько меньших размеров. Длина горнов составляла от 0,6 до 1,2 м, ширина – от 0,6 до 1,0 м и глубина 0,5–0,8 м (рис. 5.4). Таким

образом, объем рабочего пространства пиренейских горнов составлял всего лишь 0,3–0,9 м<sup>3</sup>, то есть в 5–10 раз меньше штокофенов, и, тем не менее, они практически не уступали своим «высоким» собратьям в производительности.

Необходимо отметить, что каталонский горн применялся только для заводского производства металла в средневековых Испании и Франции. Монополия на производство железа высокого качества была необходима этим странам, активно осуществлявшим в то время создание единых государств из многочисленных феодальных княжеств. Имели Испания и Франция и мощных внешних врагов, препятствовавших объединению государств: Испания осуществляла реконкисту – освобождение из-под многовекового арабского влияния, а Франция боролась за лидерство в регионе с Бургундским герцогством, на территории которого располагались Вогезы – важнейшая металлургическая провинция средневековой Европы. Таким образом, пиренейские металлургические заводы имели стратегическое значение для обоих крупнейших государств Средневековья.

На каждом железоделательном заводе устраивалось не менее 10 каталонских горнов. Они располагались вдоль одной общей стены, которая строилась со стороны реки, на которой устраивались водоналивные колеса, приводящие в действие дутьевые мехи. Эта стена называлась «заводской». К ней примыкали «фурменная» и «противофурменная» стены. В фурменной стене, под углом около  $40^\circ$  к уровню земли, устанавливалась коническая, слегка сплюснутая, фурма из красной меди длиной около 20 и диаметром 2–3 дюйма. Противофурменная стена устанавливалась со значительным наклоном наружу и выполнялась с изогнутым сводом. В лицевой стене предусматривались отверстия для ломов (два) и выпуска шлака, а также специальное устройство для установки «шесточной» железной доски, которая меняла угол наклона для регулирования загрузки в горн шихтовых материалов (на рис. 5.4 не показаны).

С особой ответственностью строили дно горна. Его выполняли из цельного огнеупорного камня (гранита, песчаника или слюдяного сланца). Верхнюю сторону камня тщательно обрабатывали, добиваясь, чтобы она была гладкой и немного вогнутой. Камни служили от 3 месяцев до полугода. Под камнем, на старом мельничном жернове, устраивалась «постель» из дробленого шлака и глины. Труба над горном не делалась, и для выхода образующихся газов служило отверстие в крыше заводского помещения.

Перед началом процесса горн тщательно чистили от остатков предыдущей плавки. Затем засыпали древесный уголь до уровня фурмы и уплотняли его. На плотную постель древесного угля насыпали кусковую руду (как правило, это был бурый железняк), располагая ее по противофурменной стене. Дополнительные порции древесного угля размещали около фурменной стены.

В ходе плавки, по мере выгорания угля и плавления руды, в горн вводили их новые порции, причем отсутствие жестких требований к газодинамическим параметрам шихтовых материалов, позволяло использовать руду мелких фракций. Из рудной пыли делали смоченные водой комки, которые и загружали в горн. Периодически из горна

выпускали шлак, пробивая специально предусмотренные для этого отверстия. Вообще же контакт крицы с железистым шлаком приносил существенную пользу, поскольку позволял перевести в шлак большую часть фосфора, присутствие которого в готовом металле существенно снижало его качественные характеристики.

Наиболее сложной являлась операция «спуска руды в горн», для выполнения которой между противофурменной стеной и рудой вставляли лом и, действуя им как рычагом, подвигали нижние слои руды к фурме. Сигналом к окончанию процесса служил белый цвет пламени, который указывал на начало окисления железа крицы. Обычная длительность плавки достигала 5–6 ч. Таким образом, за сутки успевали произвести 3–4 крицы массой 100–150 кг. После прекращения подачи дутья с крицы сгребали покрывающие ее шихтовые материалы. Затем в отверстие в лицевой стене вставляли лом, а второй лом опускали в горн сверху. Действуя ломом как рычагом, крицу вынимали из горна по пологой выгнутой противофурменной стене.

В эпоху позднего Средневековья при нормальном ходе процесса извлечение железа из руды в крицу достигало 60–70 % при расходе древесного угля 3–3,5 кг на килограмм крицы. Получался низкоуглеродистый металл (менее 0,5 % (масс.) углерода). Содержание оксида железа в шлаке было существенно ниже, чем в случае применения обычных сыродутных горнов. Оно составляло 35–40 % (масс.).

Каждый каталонский горн обслуживался бригадой из 8 человек. В состав бригады входили: мастер, его помощник, следивший за работой воздуходувной техники, два плавильщика, обеспечивавшие процесс производства крицы, молотовый мастер с помощником, рабочий, готовивший шихтовые материалы к плавке, и весовщик, осуществлявший контроль за хранением, расходом материалов и ведавший учетом готовой продукции.

Несмотря на кажущуюся простоту конструкции, каталонские горны находились в эксплуатации и после появления доменных печей, с которыми в Испании они конкури-

ровали вплоть до середины XIX в. Секрет «долгожительств» каталонских горнов объясняется применением для их обслуживания, начиная с XVII в., мощных водотрубных воздуходувок, так называемых «тромп». Тромпа была изобретена итальянским инженером Джанбатиста делла Портой, и обеспечивала не только интенсивную, но и равномерную подачу дутья в металлургический агрегат.

### 5.3. Доспехи

Различие в способах получения металла нашло свое отражение и в важнейшей сфере человеческой деятельности Средневековья – военной. Начиная с середины I тыс. в вооружении армий стран Запада и Востока явно прослеживаются не только национальные особенности, но и принципиальные различия, связанные с применяемыми технологиями экстракции и металлообработки. Рассмотрим существо этих различий.

Главным наступательным оружием восточного воина в Средневековье становится меч, изготовленный из высококачественной стали. Таким мечом можно было одинаково эффективно наносить колющие, рубящие, режущие удары. Практически меч мог заменить любое другое известное оружие. На Востоке установился настоящий культ меча, о чем свидетельствуют, например, многочисленные арабские пословицы и поговорки:

- «Меч – тень смерти и клык судьбы».
- «Меч опережает упреки».
- «Меч – самый близкий друг, самый верный спутник и самый вдохновенный посланец».
- «Меч служит украшением в собрании, светильником во мраке, другом в одиночестве».

- «Меч бывает спутником и собеседником, ложем и изголовьем, плащом и поясом, одеждой и посохом, помощью и спасением» и т. д.

Мечи высочайшего качества назывались «ганифетишами» по имени легендарного мастера Альганаф бен-Каиса; наиболее известным присваивались собственные имена: например, любимая сабля пророка Мухаммеда, обладавшая, согласно преданию, магической силой, называлась «Зульфикар» («Зу-л-Фикар» – буквально – «имеющий позвонки, бороздчатый, волнистый»), а меч сподвижника Мухаммеда, героя битвы при Бадре (623 г.) Укаши ибн Михсана – «Помощник».

Главнейшим свойством восточного меча являлась острота лезвия. Именно лезвие было принято целовать, принимая меч или клянясь мечом. Европейские воины I тыс. не могли похвастаться оружием с лезвиями такого же высокого качества. Поэтому акцент в наступательном вооружении западного воина делался на оружии ударного действия: европейские рыцари предпочитали мечу боевые топоры, булавы, цепи и даже специальные бичи. Особо почитаемым оружием считалось копье, о чем свидетельствует то обстоятельство, что среди «семи рыцарских добродетелей» отдельно выделялись фехтование и владение копьем.

«Благородным» оружием в Европе меч стали признавать только в XIII в., то есть после близкого знакомства западной цивилизации с культурой Востока в ходе первых Крестовых походов. В это время возник обычай помещения в шпажную головку меча святых мощей, которые должны были оказывать рыцарям помощь в их священной миссии освобождения «гроба Господнего» из рук неверных. Поэтому перед мощами осуществлялась молитва, после которой рыцарь целовал шпажную головку или крестовину меча, но не лезвие, как это было принято у его врагов.

Существовали особенности и в защитном вооружении, то есть в военных доспехах: восточном и западном. На Востоке воину нужно было, прежде всего, опасаться режущих ударов знаменитых булатных клинков, но изготавливать весь доспех из стали

столь высокого качества было очень дорого, кроме того, изготовлению цельного доспеха препятствовали малые размеры криц, которые редко превышали два килограмма. Поэтому индомусульманский доспех раннего Средневековья, как правило, представлял собой шелковый кафтан (обычно черный), на который нашивались в определенном порядке стальные бляшки, а грудь, спина и бока защищались стальными пластинами, получившими название «зерцал». Отсюда происходит название доспеха «шараина», что значит «четыре зеркала».

Поверх шараины надевалась кольчуга, изготавливаемая из перемешивающихся стальных и медных колец. Это делалось для того, чтобы во время контакта лезвия меча с кольчугой медь, обладающая высокой вязкостью, задерживала движение оружия и кольчуга, скользя, вместе с ним, по шараине, смягчала силу удара. О кольчуге великий ученый Востока аль-Бируни в XI в. писал: *«Кольчуги предназначены для посрамления оружия [врага] в бою, они защищают от того, чем действуют противники, и от ударов, отрубаяющих голову».*

Западный доспех должен был предохранять, прежде всего, от ударов, поэтому стремились к изготовлению цельных панцирей из достаточно толстой стали. Доспехи из отдельных металлических пластин от ударов топора, копья или палицы защищали плохо. Однако панцири из больших цельных пластин легче пробивались стрелами, поэтому под них европейские воины вынуждены были надевать кольчугу.

### 5.3.1. Кольчуга

Изготовление кольчуги было высочайшей формой средневекового металлургического искусства. Отдавая дань мастерам Древнего Мира, отметим, что кольчуги изготавливались уже в первой половине I тыс. до н.э. в Вавилоне и Ассирии, а затем в Римской Империи. Материалом для них служили серебро и медь, поэтому они были с одной стороны дорогостоящими, а с другой – не обеспечивали эффективной защиты даже

от простейшего наступательного оружия. Поэтому распространённость кольчуг в Древнем Мире была невысока, и использовались они, главным образом, в ритуальных целях. С наступлением эпохи Средневековья ситуация изменилась кардинальным образом, и кольчуги получили повсеместное распространение.

Мастера-кузнецы составляли кольчуги не менее чем из двадцати тысяч колец от 6 до 13 мм в поперечнике, при толщине проволоки 0,8–2,0 мм. Шестьсот метров проволоки требовалось для изготовления всего одной «железной рубашки». Кольца обычно

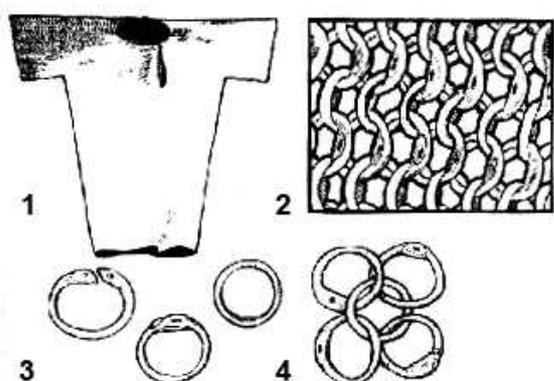


Рис. 5.5. Кольчуга из Райковецкого городища (слой XII в.) (1 – общий вид; 2 – фрагмент кольчуги; 3 – кольца кольчуги (склепанные и сварные); 4 – соединение колец кольчуги (одно сварное и четыре склепанных))

бывали одинакового диаметра; лишь в позднем Средневековье стали сочетать кольца разной величины, прикрывая наиболее уязвимые части тела мелким плетением.

Кратко технологию производства кольчуг можно описать следующим образом. Из стальной заготовки изготавливалась круглая или квадратная проволока, которую навивали на круглую оправку. Образовавшуюся спираль разрубали по одной стороне, в результате чего получались круглые разомкнутые кольца одинакового диаметра.

Половину колец сваривали. Если кольчугу делали из плоских колец, то после сварки круглые в сечении кольца расплющивали и фигурным пуансоном наносили узор. Таким же путем расплющивались и орнаментировались разомкнутые кольца. После этого концы колец дополнительно расплющивали на плашку и пробивали бородком отверстия под заклепки или штифты. Отдельной кропотливой операцией было изготовление заклепок или штифтов диаметром не более 0,75 мм.



Рис. 5.6. Изготовление кольчуги

После этого начиналось сцепление колец (рис. 5.5). Каждое разомкнутое кольцо продевалось в четыре сплошные, концы его сводились, в отверстие вставлялось заклёпочка и в холодную расклепывалось молотком, соединяя пять колец. Иногда для большей плотности кольчуги, кольца несколько изгибались, благодаря чему они теснее соприкасались друг с другом. Изготовление кольчуг (рис. 5.6) было очень медленным делом.

Поражают миниатюрность, тонкость и трудоёмкость выполняемых кузнечных работ: например, операция склепывания кольца заклепкой, производившаяся не с отдельно лежащим кольцом, а с кольцом, уже вплетенным в кольчугу. Склепать нужно было около 10 тыс. колец.

Большим мастерством в плетении кольчуг отличались викинги. В X в. для изготовления проволоки они широко использовали волочильные доски со многими отверстиями. Часто для большей нарядности в кольчугу вплетали кольца из цветных металлов: меди, золота, серебра.

В XIII в. кольчуга вошла во всеобщее употребление, заменив собою ранее употреблявшуюся кожаную рубаху с нашитыми на ней металлическими бляхами. Чтобы кольчуга могла лучше противостоять ударам противника, её делали из двойных и тройных колец. Она снабжалась капюшоном для защиты головы. Подобно другим частям рыцарского вооружения, и кольчуга не оставалась без украшений. По нижнему краю ее, а также по краям ее рукавов, из проволок, пропускаемых в отверстия колец, делалось некоторое подобие кружев или шитья. Сеньоры и князья серебрили и золотили свои кольчуги. Тем не менее, в XII в. во Франции кольчуги считались дорогим импортным товаром, который ввозили, в частности, из Руси.

Важнейшим преимуществом кольчуг перед другими видами доспехов была возможность их быстрого ремонта в полевых условиях. Известны многочисленные примеры присутствия в войсках мастеров, способных починить кольчуги прямо в походе. Об этом свидетельствуют также наборы миниатюрных инструментов, найденные при раскопках на местах сражений.

Кольчуги XIII и XIV вв. всегда отличаются прекрасной работой. Нередки случаи, когда каждое кольцо куётся отдельно, причём на одном конце его выделяется отверстие, а на другом – небольшой выступ, заменяющий заклёпку; выступ этот пропускается в отверстие соседнего кольца, а затем оба кольца склёпываются. Такого вида склёпка получила название «ячменного зерна». В это же время в обиход входят кольчужные чулки – «легенсы» (русск. «нагавницы»).

Существовало много типов кольчужных и кольчато-пластинчатых доспехов, главными отличительными признаками которых являлись: способ крепления колец и присутствие в кольчуге металлических пластин различной формы и величины. На Руси выделяли следующие виды кольчужной брони (рис. 5.7): байдану, бахтерец, юшман, зеркала, а также панцырь, отличавшийся более мелкими кольцами и особым видом заклёпок: в панцыре количество колец достигает 60 тыс.

Металл колец, к сожалению, постепенно корродировал и кольчуги необходимо было чистить. О том, что кольчуги были чищены, т.е. светлые и блестящие, сообщает русский летописец: *«И бе видете страшно в голых доспехах, яко вода солнцу светлосиящу»* (И смотреть страшно на воинов в голых доспехах, так как они блестят светлее, чем вода на солнце). Для чистки кольчуг применялось специальное приспособление в виде закрывающейся бочки с веретеном, в которую клали кольчугу, посыпанную мелким песком, и вращали её.

Необходимо отметить, что в XVI в. на Руси чётко разделялись понятия «броня» и «доспех». Под «бронёй» (от слова «оборонять») понималась исключительно кольчуга, а

«доспехом» называли пластинчатое или «дощатое» (из железных дощечек) защитное вооружение.

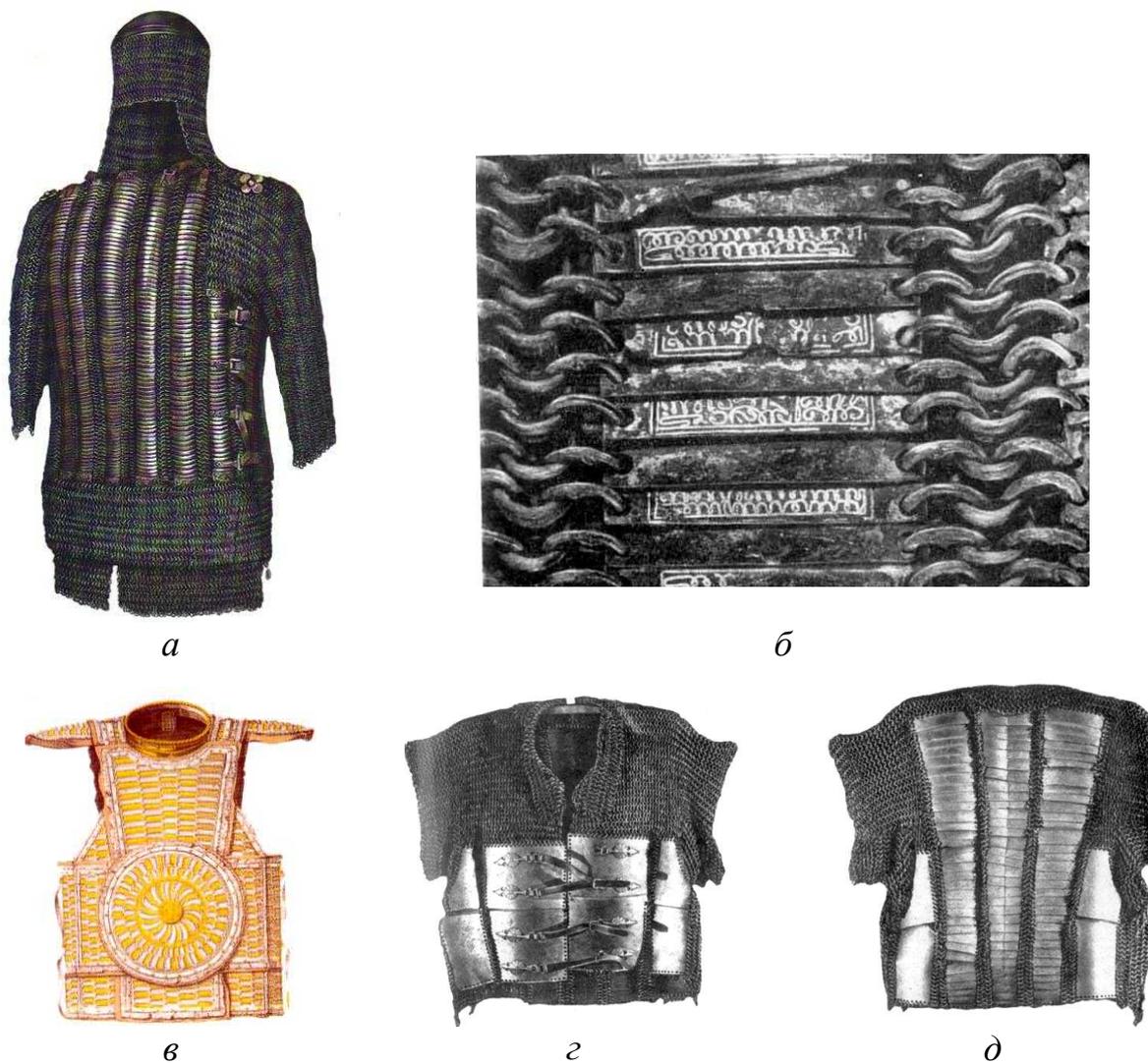


Рис. 5.7. Кольчато-пластинчатые доспехи Древней Руси (*а* – бехтерец мастера Конона Михайлова изготовленный для царя Михаила Федоровича в 1620 г.; *б* – деталь плетения бехтерца, найденного в р. Воже, XVII в.; *в* – зеркало мастера Дмитрия Коновалова, изготовленные царя Михаила Федоровича в 1616 г.; *з, д* – юшман (около 1600 г.), *з* – грудь, *д* – спина)

### 5.3.2. Пластинчатый доспех

В I тыс. наряду с кольчугой повсеместно, и на Востоке, и на Западе, существовали различные модификации доспехов: «ременного плетения» и «чешуйчатой брони». Считается, что первоначально они появились на Ближнем Востоке на рубеже I тыс. до н.э.

Древнейшая система ремennого или пластинчатого доспеха, очень долго державшаяся в воинском обиходе, не требовала кожаной основы. Удлиненные прямоугольные пластинки размером  $8 \times 10 \times 1,5-3,5$  см непосредственно связывались при помощи ремешков. Судя по сохранившимся изображениям, такой доспех достигал бёдер и делился по высоте на горизонтальные ряды тесно сжатых продолговатых пластин. В последствии остальные пластины стали крепить к кожаной или стёганой куртке – гамбезону. В Московской Руси панцирь ремennого плетения называли «ярык» или «коар».

По-другому была устроена чешуйчатая броня: пластины размером  $6 \times 4-6$  см, то есть почти квадратные, пришнуровывались к кожаной или плотной матерчатой основе, надвигаясь одна на другую, как черепица. Чтобы пластины не отходили от основы и не топорщились при ударе или резком движении, они скреплялись с основой ещё одной-двумя центральными заклёпками. Таким образом, металлические пластины панциря действительно создавали впечатление чешуи: в местах наложения пластин защита оказывалась двойной. К тому же пластины были изогнуты, что позволяло ещё лучше отводить или смягчать удары вражеского оружия. По сравнению с системой ремennого плетения, такой панцирь оказывался более эластичным. В Московской Руси он именовался словом «куяк» («хуяг»). Похожую конструкцию имел и ламеллярный доспех.

С началом эпохи Крестовых походов (XI–XIII вв.) интенсивность обмена военными технологиями между Востоком и Западом резко возрастает. Выделка наступательного оружия, особенно мечей, достигает такого совершенства, что кольчуга, а тем более ремennой и чешуйчатый доспехи, становятся малопригодными для защиты, в том числе от стрел луков и арбалетов. Постепенно начинают покрывать железными пласти-

нами всё тело воина, составляя сплошной доспех, который также именуется «досчатый», «готическим» или «белым». Следует заметить, что как единый законченный комплекс доспех стал рассматриваться исследователями вооружения, лишь начиная с XIV в.

Доспех средневекового западноевропейского воина этого времени состоял из следующих частей: шлем с гребнем, наносником и забралом, служивший для защиты головы и лица; воротник, служивший для защиты шеи; наплечники, трубчатые прикрытие и налокотники, используемые для защиты рук; перчатки из кожи или металлической чешуи для защиты кистей. Для защиты груди и спины использовали соответственно нагрудники и наспинники, для защиты живота – набрюшники и юбку, а налядвенники, наколенники и латные башмаки применяли для защиты ног.

Переход к сплошному доспеху потребовал внедрения совершенно новых форм обработки металла, так как его многочисленные, (иногда до 1000 единиц) детали ковались в холодном состоянии. При этом резко возросли требования к качеству стали.

Горячей ковкой продолжали изготавливать наиболее ответственную деталь защитного вооружения – шлем. В позднем Средневековье шлемы всегда старались выковывать из цельного куска стали, это делало его более лёгким, не уменьшая прочности изделия. Чтобы выковать шлем из одного куска железа, брали последний достаточной толщины круглой формы, накаливали его докрасна, ударами тяжёлых молотов придавали ему чашеобразную форму и только потом уже отделявали все тонкости посредством резца и молотка. К XVI в. выделка шлемов была доведена до такого искусства, что вместе с тульей из одного куска часто выдвигали гребень в 12 см высоты; как ручная работа, это невероятно сложное и трудоёмкое производство.

Шлем никогда не одевался прямо на голову – он всегда снабжался мягкой подкладкой – подшлемником. Арабы, как правило, использовали для подшлемников войлок, в Западной Европе обыкновенно на голову рыцаря одевали пуховую шапочку, по-

верх которой ещё полотняный или шёлковый чепец. На Руси предпочтение отдавали меховым подшлемникам – «прилбицам». До появления сплошного доспеха шлемы снабжались специальными нащёчниками из кожи и ремнями для застёгивания под подбородком. Также из цельного куска железа методом горячейковки изготавливались специальные щиты-рондаши.

Сложность изготовления многочисленных деталей вооружения привела к разделению труда у оружейников, они стали специализироваться на производстве различной продукции. В XII в. создаются гильдии «бруннеров» – мастеров кольчатых плетений и «плакировщиков» – мастеров плющильных работ.

Таким образом, уже в XII–XIII вв. защитное вооружение было очень сложным и требовало при надевании немало времени, при этом масса доспехов нередко достигала 40–45 кг. В походах доспехи всегда везли снятыми и облачались в них непосредственно перед сражением, иногда – в виду неприятеля. Бывало даже так, что противники вежливо ожидали, пока все должным образом приготовятся к битве.

### 5.3.3. Облегченный доспех

Облегчённый доспех для повседневного ношения появляется в конце XIV в. Он получил название «бригантины» или «светского» доспеха (рис. 5.8). Бригантина представляет собою корсаж, образующийся из стальных блях, наложенных друг на друга и закреплённых на одежде из материи или кожи. Этот корсаж покрывался бархатом и шёлком, на котором выступали позолоченные вычеканенные головки заклёпок. Внутри корсаж также имел металлические пластинки, скреплённые заклёпками. Эта внутренняя оправа покрывалась тканью или мягкой кожей. Бригантины зашнуровывались спереди или застёгивались на боках. На талии они стягивались поясом, подчёркивая фигуру.

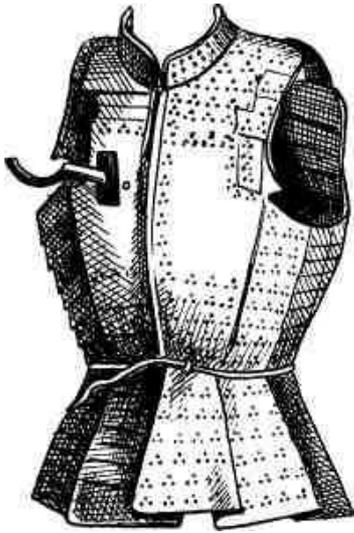


Рис. 5.8. Бригантина

В начале XV в. бригантины становятся короче и принимают более изящную форму; иногда к ним добавляют рукава. Когда бригантины достигли известной степени совершенства, их стали носить знатные персоны. Причина широчайшего распространения бригантин заключается в том, что они служили одновременно латами и светским платьем. Кроме того, бригантина имела ещё то преимущество, что обходилась дешевле белого доспеха, поэтому простые рыцари часто довольствовались ею,

тем более что к концу XV в. сплошной доспех для человека и лошади стоил конному латнику очень дорого. А так как мода всегда влияет на наряд, даже если приходится подражать предмету меньшей стоимости, то из подражания бригантинам вошло в обычай покрывать бархатом латы белого доспеха. На бархате часто крепились украшения из позолоченной меди, присоединявшиеся винтами или заклёпками к стали, скрытой под тканью.

#### 5.3.4. Рыцарский костюм определяет моду

Настоящая революция в Средневековье произошла в технике декоративной обработки стали. Используемые в то время способы украшения оружия были чрезвычайно многочисленны и разнообразны, поэтому мы рассмотрим лишь некоторые из них – наиболее употребимые.

Как правило, при отделке доспехов применяли чеканку, гравирование, таушировку, позолоту, чернь и воронение.

При воронении металл нагревали в муфельных печах на раскалённом древесном угле. Оттенок воронения зависел от степени и режима нагрева. Он мог быть чёрным, синим, фиолетовым, красным и серым. Серый оттенок был особенно красивым, но сек-

рет его изготовления, известный в XVI в., позже был утрачен. Чтобы нанести на поверхность пластин многочисленные завитки орнамента, мастер, прежде чем воронить металл, делал на его поверхности мелкие насечки в виде сетки. После воронения он снова нагревал изделие и накладывал на его поверхность тонкие золотые пластинки и проволоку, осторожно набивая их молотком на насеченную поверхность. После охлаждения золото прочно соединялось со сталью. Эта техника получила название таушировки.

Известен другой способ таушировки – вбивной. Проволоку и пластинки из золота или другого цветного металла вставляли в углубления, вырезанные на поверхности изделия в соответствии с нужным рисунком. Созданный таким образом узор в одних случаях выравнивали с поверхностью изделия, в других – он оставался рельефным.

Чеканкой (выколоткой) называют создание рельефного рисунка на металлической пластине (жести) с помощью различных молотков и чеканов. Это трудная техника, когда дело касается именно железа, потому что заготовку приходится обрабатывать в более или менее нагретом состоянии. Работа всегда начинается с обратной стороны выколоткой общей пластической формы. Нагретый металлический лист чеканщик выкладывает на кусок свинца. Затем краской наносится рисунок, после чего с помощью молотка и чеканов, представлявших собой стальные стержни с окончаниями различной формы (круглой, треугольной, квадратной и так далее), выбивается рельефный узор. Изображения на лицевой стороне получаются выпуклыми, а на оборотной – вогнутыми. В целях окончательной отделки лицевая сторона подправляется резцом, долотом и особо тонкими чеканами.

Одним из наиболее употребимых способов в отделке доспехов, колющего и рубящего оружия было чернение, или ниелло. Под чернением (ниеллированием) понимают рисунок, выгравированный на стали, золоте, серебре или другом металле и заполненный тёмной массой похожего на серу сплава металлов – чернью. Чернь состоит из

смеси серебра, меди и свинца в пропорции 1:2:3. Этот тёмно-серый сплав в рисунке на светлом фоне выглядит очень впечатляюще и благородно.

К концу XV в. доспехи, щиты и т.д. стали украшать окантовками, полосами и эмблемами, сделанными травлением. Способ травления состоял в том, что на поверхность железа или стали наносилась в нагретом состоянии паста, основными ингредиентами которой были воск, битум и древесная смола (однако каждый мастер имел для неё свой рецепт); потом палочкой из дерева, кости или стали, либо иглой дикобраза выполнялся рисунок, переведённый с кальки в слабых линиях, причём слой воска процарапывался до металла. После этого вокруг рисунка делали утолщённую рамку из воска и в получившуюся ванночку наливали травитель. Травитель представлял собой смесь уксусной и азотной (по другим источникам – серной) кислоты и спирта. Требовалась большая опытность для удаления смеси вовремя, чтобы кислоты не слишком глубоко проели сталь или чтобы рисунок не получился слишком слабым.

Позолота на все виды вооружения наносилась способом «огневого золочения». Для его осуществления мастер готовил ртутную амальгаму – растёртое в порошок золото с 8 частями ртути. Затем наносил её на выступающие детали орнамента и нагревал изделие. После испарения ртути на поверхности оставался очень тонкий слой позолоты.

Вершиной искусства плакировщиков считается доспех, появившийся в первой четверти XVI в. Он получил название максимилиановского или рифлированного (рис. 5.9). Считается, что император Священной Римской Империи Максимилиан I (1459–1519 гг.) усовершенствовал конструкцию доспеха. Название рифлированный становится ясным при первом же взгляде на доспех. Поверхность всех его частей покрыта желобками. Гофрированная пластина намного сложнее в изготовлении и значительно прочнее, чем гладкая. Её можно было делать более тонкой и лёгкой. Желобки на поверхности пластин располагаются не беспорядочно: их направление строго продумано.

Они направляют удар клинка или копья к специальным преградам, выкованным в виде толстых жгутов у края пластин.

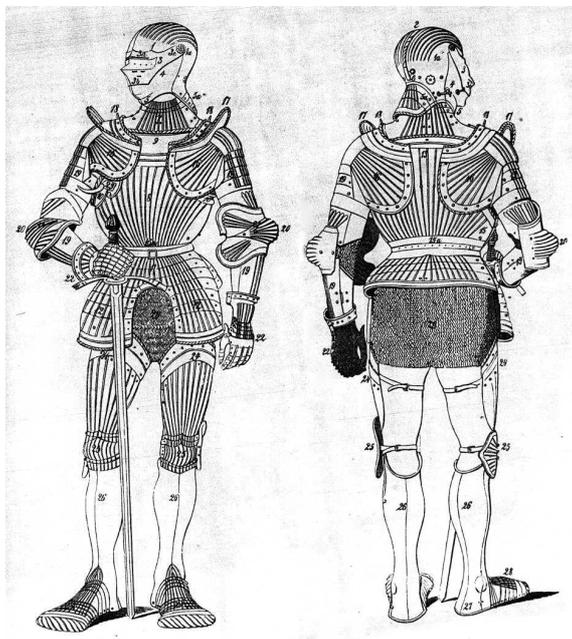


Рис. 5.9. Максимилиановский (рифлированный) доспех

Конструкция максимилиановского доспеха, по сравнению с готическим, существенно усовершенствована. Появилась новая важная деталь, которую называли «ожерельем». Ожерелье закрывает верхнюю часть груди и шею. Оно одевается первым и служит опорой для всех остальных деталей доспеха, защищающих верхнюю часть тела воина. Максимилиановский доспех снабжается закрытым шлемом с забралом, которое хорошо защищает лицо, а в отстёгнутом состоя-

нии, дает возможность воину осмотреться и свободно дышать. Шлем имеет шейное покрытие. Он плотно застегивается и прилегает к ожерелью, его уже невозможно сбить с головы.

Отметим, что формы доспеха позднего Средневековья всегда соответствовали моде того времени. Максимилиановские доспехи вообще, как правило, выковывались в форме костюма и снабжались налядвенниками, подражавшими пышным буфам, выступавшим из многочисленных разрезов модного платья. Нередко и детали рыцарского облачения служили основой для создания новых моделей модной одежды.

Например, именно благодаря рыцарскому костюму в обиход вошли сплошные, плотно облегающие ноги штаны вида трико или лосин, являющиеся обязательной частью формы одежды воина, надевавшиеся под белый доспех. До этого в обиходе были

штаны, надевавшиеся как отдельные части вроде чулок и скреплявшиеся при помощи особых шнурков и завязок.

Больше всего из рыцарской одежды взяла женская мода. Прежде всего это касается головных уборов. В XVI в. в моду вошли небольшие плетёные шапочки-сервильерки, прообразом которых является рыцарский шлем – сервильер. Он изготавливался из железных блях, скреплённых заклёпками и находящихся друг на друга. Нижний ряд составлялся из прямоугольных пластинок, следующий – из закруглённых чешуйчатых, затем следовал ряд из продольных пластинок, и, наконец, верхний ряд прикреплялся к выпуклости тульи. Такая железная основа, подобно бригантине, покрывалась материей.

В XVII в. распространение получили широкие береты, украшавшиеся большими перьями. Однако уже в конце XVI в. подобные береты служили составной частью металлической шапки – калотты, дополнявшей парадный рыцарский доспех. Кстати в это же время знатными воинами использовались и другие головные уборы – кабассеты, имевшие форму яйцевидного купола с плоскими горизонтальными полями, буквально воспроизводившие форму шляп, бывших в моде в царствование Карла IX.



Рис. 5.10. Кольчужные чулки

В более позднее время в женскую моду вошли корсеты, представлявшие собой видоизменённые бригантины, и широкие юбки немного ниже колена, воспроизводившие форму юбок-колоколов турнирного доспеха XVI в. для пешего боя, предназначенных для дополнительной защиты ног сражающегося.

Наконец, самый эротичный элемент женского нижнего белья всех времён – чулки с поясом и застёжками – в точности соответствует кольчуж-

ному чулку с поясом и застёжками, надеваемым под доспех XIV–XV вв. (рис. 5.10).

В заключение, отдавая дань уникальному явлению, столь сильно повлиявшему развитие на качественной металлургии железа и металлообработки, кратко опишем идеологию рыцарства.

### 5.3.5. Рыцарский кодекс

Само слово «рыцарь», как и его синонимы – «рейтер», «шевалье», «кабальеро» – означает всадник. Именно закованные в броню всадники были наиболее значимой военной силой Средневековья. Но рыцари были не только профессиональными воинами, но и носителями особого типа культуры, получившей название куртуазной. В ее основе лежит представление о служении прекрасной даме, которая занимала в жизни рыцаря не менее существенное место, чем его покровитель – сюзерен. Именно прекрасной даме посвящали рыцари не только свои подвиги, но и свое художественное творчество. Главное место в нем занимали так называемые «шансон де жест». Они включали прославления сюзерена и прекрасной дамы и содержали описание героических подвигов рыцарей, совершенных ими во имя любви и торжества христианской веры.

Верность сеньору составляла ядро рыцарского эпоса. Предательство и вероломство считались для рыцаря тягчайшим грехом, влекли за собой исключение из корпорации. Война была профессией рыцаря, но постепенно рыцарство начало себя считать вообще поборником справедливости. На деле это оставалось недостижимым идеалом, ибо справедливость понималась рыцарством весьма своеобразно и распространялась лишь на весьма узкий круг людей, нося четко выраженный сословно-корпоративный характер.

Рыцарский кодекс требовал от того, кто должен был ему следовать, множества достоинств, ибо рыцарь, по выражению Раймонда Луллия, автора известного наставления, – это тот, кто «благородно поступает и ведет благородный образ жизни». В жизни

рыцаря многое было сознательно выставлено напоказ. Отсюда внешний блеск рыцарской культуры, ее особое внимание к ритуалу, атрибутике, символике цвета, предметов, к этикету.

«Рыцарское воспитание» включало два семилетних периода: с 8 до 14 лет в качестве пажа и с 15 до 21 года в качестве оруженосца при дворе сеньора. В это время будущий профессиональный воин обучался основам религиозного культа, придворному этикету и семи рыцарским добродетелям: верховой езде, фехтованию, владению копьем, плаванию, охоте, игре в шашки, сложению и пению стихов в честь дамы сердца.

Жизнь, профессиональная деятельность и способы обучения металлургов Средневековья не только не были выставлены напоказ, но, наоборот, тщательно скрывались от глаз конкурентов. Поэтому многие металлургические секреты того замечательного времени, когда железо было неотъемлемой частью повседневной одежды элиты общества, остаются нераскрытыми вплоть до настоящего времени.

## Глава 6. КАЧЕСТВЕННАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ СРЕДНЕВЕКОВЬЯ

### 6.1. Белая жечь

Более чем тысячелетняя эпоха Средневековья (VI–XVI вв.) оценивается историками неоднозначно. Диапазон мнений очень широк: от застоя и, даже, регресса в развитии человечества до формирования структуры современной индустриальной цивилизации. С точки зрения металлурга-технолога Средние века, безусловно, являются блестящей основополагающей эпохой, в которую была создана основа современной чёрной и цветной металлургии. При всём многообразии современных способов добычи, извлечения и обработки металлов все они базируются на фундаменте, заложенном средневековыми металлургами.

Одним из примеров успешного опыта мастеров того времени является технология нанесения на металлическое изделие защитного покрытия, предохраняющего его от коррозии. Речь идёт, прежде всего, о процессе лужения, то есть нанесения на железный или стальной предмет тонкого слоя олова.

Необходимо отдать дань уважения и металлургам Древнего Мира: с явлением коррозии металлов человек столкнулся сразу же после того, как научился производить металлические изделия. Первые попытки защиты медных предметов от окисления, по-видимому, относятся к эпохе раннего Железного века: известно, что кельты, этруски, иберы, греки натирали медные сосуды оловом, а римляне применяли и горячее лужение, погружая медную посуду в оловянный расплав. Однако в связи с редкостью олова и несовершенством технологии упомянутые способы лужения в Древнем Мире распространения не получили.

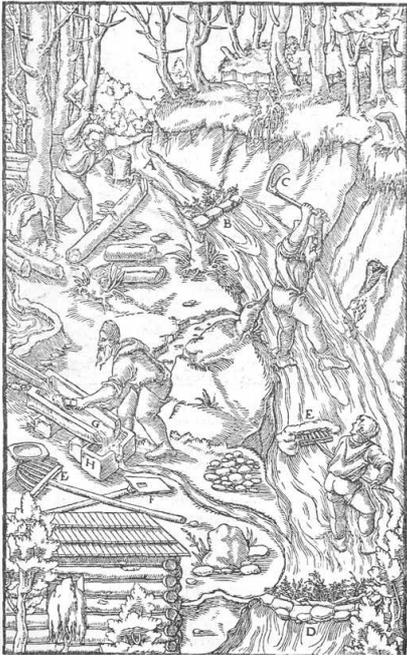


Рис. 6.1. Добыча касситеритовой руды (Г. Агрикола «12 книг о металлах»)

чем описать эту интересную технологию, рассмотрим средневековые способы добычи и подготовки оловянной руды к плавке и собственно производство металла.

В Европе олово получило распространение в виде россыпных месторождений, сосредоточенных, главным образом, вдоль берегов рек, протекавших в горных районах средневековых Австрии, Саксонии, Чехии, Моравии, Швейцарии. Поэтому оловянная руда добывалась методом промывки грунта, содержащего частицы касситерита. Для осуществления этой операции на месте предполагаемой россыпи устраивались специальные длинные и покатые каналы с уступами из камней и дёрна, получившие название грабенов (рис. 6.1). Затем в каналы направлялся поток воды из близлежащей речки или ручья. Сами рудокопы, стоя в рудном потоке в специальных сапогах, откалывали широкими кайлами (получившими название «утиных носов») рудные отложения вместе с землёй и растительным покровом, состоящем из мха, корней растений и т.п. и бросали

В раннем Средневековье лужение также было мало распространено, поскольку олово применялось, главным образом, для изготовления бронзы, игравшей роль главного декоративного металла эпохи. В XV в. спрос на олово резко возрос в связи с освоением технологии производства «пушечной» бронзы. В течение почти ста лет, с середины XIV до середины XV вв., бронза выполняла роль стратегического металла. За это время произошёл значительный прогресс в технологии добычи и обработки оловянной руды – касситерита. Последовавшее за тем освоение технологии производства артиллерийских орудий из чугуна позволило использовать олово для получения белой жести. Прежде



Рис. 6.2. Промывка касситеритовой руды (Г. Агрикола «12 книг о металлах»)

их в воду. Тяжёлые частицы касситерита и песка оседали на дне грабена, а более лёгкие частицы грунта и растения уносились быстрым водным потоком.

Процесс промывки оловянной руды был чрезвычайно трудоёмким и длительным. Вот как описывает его в своём произведении «12 книг о металлах» один из основоположников научной металлургии Григорий Агрикола: «Промывальщики, обутые в высокие из дублёной кожи, стоят в грабене и выбрасывают из него деревянными граблями о семи зубьях корни деревьев, кустарников и трав, а оловянные крупинки отгоняют назад, к головной части грабена.

После долгих неустанных трудов и стараний в течение примерно четырёх недель они достают из грабена оловянные крупинки. Смешанный с ними песок, поднятый из грабена железными лопатами, они ворочают в воде туда и сюда до тех пор, пока песок от них не отстанет и не упадёт обратно в грабен и не останутся одни лишь оловянные крупинки. Все собранные оловянные крупинки они снова промывают в небольшом баке, помешивая их, поднимая их наверх и ворочая их деревянной лопаткой, чтобы отделить от них оставшийся мелкий песок. Они неустанно возобновляют эту работу до тех пор, пока вся россыпь не будет разработана или пока можно будет направлять воду в каналы, проведённые для её промывки».

Для более глубокого разделения крупинки руды и песка устраивались специальные промывные ящики (рис. 6.2) со сложной системой желобов и железных решёток, удерживавших частицы касситерита, в то время как пустой песок уносился потоком в ручей или речку. Агрикола отмечает, что в местах наиболее интенсивной добычи кас-

ситерита вода в реках окрашивалась в красноватый цвет. Так происходило, например, с речкой Мюглиц, притоком Эльбы, в районе города Альтенберга.



Рис. 6.3. Печь для обжига оловянной руды (Г. Агрикола «12 книг о металлах»)

Подготовленная к плавке руда перерабатывалась в металл в два этапа. Сначала выплавлялось черновое олово. Для этого устраивалась печь особой конструкции, высокая и узкая, с осадительной камерой для улавливания оловянной пыли и возгонов (рис. 6.4). Горн печи изготавливался из плит твёрдого песчаника, причём поду придавался небольшой уклон, чтобы выплавляемый металл мог естественным путём стекать через выпускное отверстие в передний горн. Внутреннее пространство печи представляло собой четырёхугольную усечённую пирамиду с малым основанием внизу. Высота печи достигала трёх метров, а размеры внутреннего сечения составляли около 0,6×0,4 м вверху и 0,4×0,2 м

Добытая с таким трудом оловянная руда подвергалась отжигу в специальных печах, похожих на печи для выпечки хлеба (рис. 6.3), для удаления вредных примесей железа и свинца, которые часто присутствовали в россыпях касситерита в виде сульфидных включений. Оловянные руды с большим количеством примесей железа и свинца приобретают характерный синеватый оттенок, за что и получили у металлургов средневековой Европы название «синих руд».

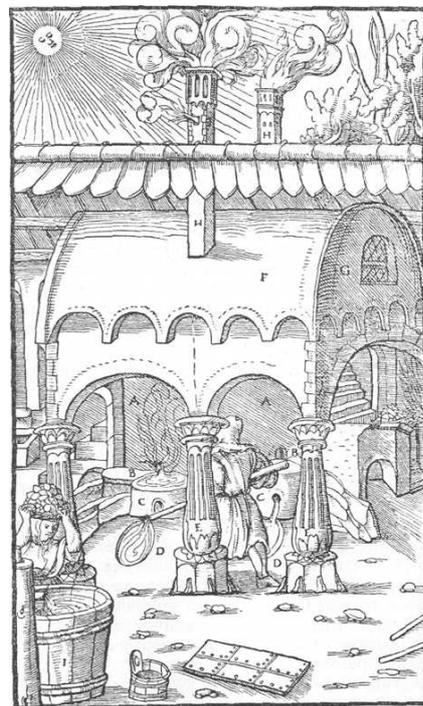


Рис. 6.4. Печь для выплавки чернового олова с осадительной камерой (Г. Агрикола «12 книг о металлах»)

внизу. Над печью устраивались две сводчатые стены, формировавшие осадительную камеру. Стены осадительной камеры и дымоходов покрывались медными листами для облегчения осаждения олова из возгонов. Отходящие газы покидали печь через узкие отверстия или трубы в крыше.

Загрузка печи осуществлялась смесью оловянной руды и древесного угля в пропорции 1:1 по объёму. При этом уголь предварительно тщательно промывался в бочке для очистки от гравия, земли и других примесей, которые могли в ходе плавки забивать выпускное отверстие и загрязнять металл. Из переднего горна олово вытекало в обмазанные глиной тигли.

Плавка продолжалась 3–4 дня, после чего из печи и осадительной камеры собирали оловянные настывы и мелкие оловянные шарики из швов футеровки. Впоследствии эти материалы вместе с рудой снова загружали в плавильную печь.

Чушки чернового олова переплавляли в горнах, построенных из песчаника и обмазанных глиной. В горн помещались сухие поленья попеременно в стоячем и продольном положении, на которые укладывались чушки олова общей массой до 600 кг. После воспламенения поленьев расплавленный металл стекал в тигель, причём чистое олово, не загрязнённое примесями (главным образом, железом, свинцом и медью), скапливалось в верхней части тигля. Чистое олово разливалось мастером в прутки на тонких медных листах, а черновое вновь поступало на переплавку в плавильную печь (рис. 6.5).



Рис. 6.5. Разливка чистового олова (Г. Агрикола «12 книг о металлах»)

Таким образом, технологический процесс производства олова в Средневековье превратился в сложную многостадийную технологию с элементами производст-

венного рециклинга (рис. 6.6).

Процесс получения белой жести был не менее сложен и трудоёмок, чем собственно производство олова. Из белой жести изготавливали украшения, посуду для хранения пищевых продуктов, предметы интерьера. Только очень обеспеченные люди могли позволить себе приобретать белую жесть для использования в качестве кровельного материала.

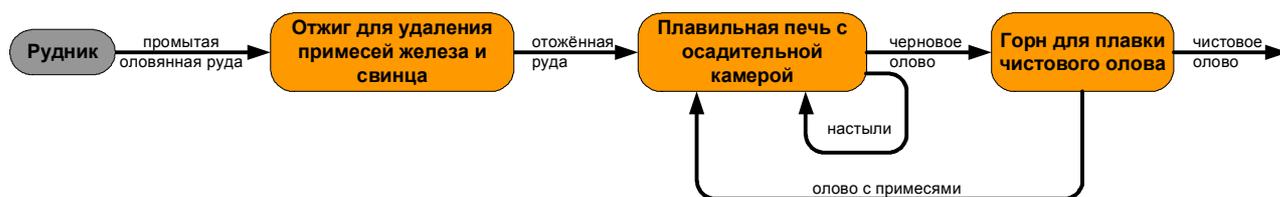


Рис. 6.6. Процесс производства олова в Средневековье

Принято считать, что впервые в промышленном масштабе процесс лужения был организован в австрийской провинции Пфальц. Технология процесса и применяемые материалы держались в строжайшем секрете, что позволило длительное время сохранять монополию на производство одного из самых престижных материалов позднего Средневековья.

Для удобства лужения листы черновой жести изготавливались около одного метра

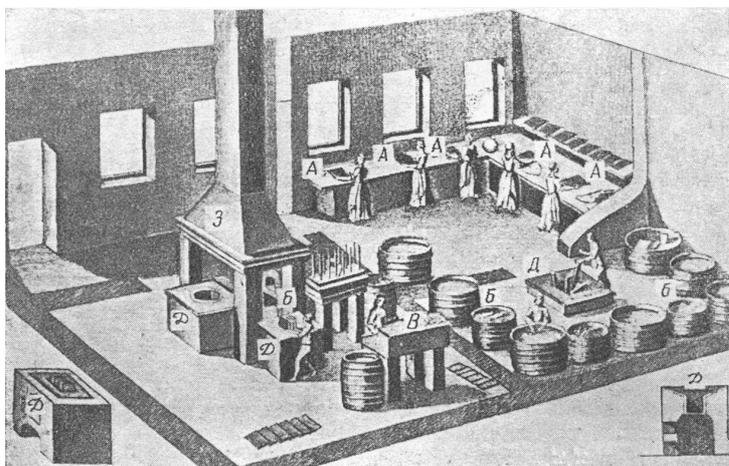


Рис. 6.7. Цех по производству белой жести

по длине и ширине при толщине не более двух миллиметров. Их называли «картами» или «карточками» (название сохранилось до настоящего времени). На рис. 6.7 приведена старинная гравюра с изображением одного из первых лудильных цехов. Черновые

листы изготавливались с помощью «гладильных» молотов из кричного железа очень высокого качества. Их поверхность предварительно вручную очищалась от окалины с помощью так называемого «мыльного» камня (операция «А»). Здесь работали женщины, причём на этой трудоёмкой и очень ответственной операции могло быть одновременно задействовано до 40 работниц. Очищенные железные листы подвергали травлению в бочках с раствором молочной кислоты, полученным в результате брожения ржаной муки (операция «Б»). Подготовленные таким образом листы подвергали осмотру и сортировке (операция «В»), а затем лужению в ваннах (операция «Д»).

Процесс травления был громоздким и сложным. Он проходил в несколько ступеней в бочках с растворами разных концентраций. Сначала листы на сутки помещали в старый «ржаной» раствор, затем сутки выдерживали в свежем растворе и, наконец, ещё сутки – в очень старом растворе, в котором ржаная закваска находилась до двух недель. Для ускорения травления бочки обогревали. После травления листы очищали песком до блеска (эту операцию также, как правило, выполняли женщины) и до лужения держали в баках с водой.

Для лужения применяли три ванны, в которые последовательно специальными клещами опускали рамы с жестяными листами. Объём лудильной ванны составлял около одного кубометра. В каждой ванне содержалось 600-700 кг жидкого олова. Обычно в расплавленный металл добавляли одну часть меди на 70 частей олова (большее количество меди уменьшало блеск покрытия). Под ваннами для поддержания олова в расплавленном состоянии устраивали топки для сжигания древесного угля. В расплав опускали карты с черновыми листами (до 20 листов одновременно). Затем быстро выдёргивали листы клещами и опускали в чаны с холодной водой. Эта операция проводилась для удаления лишнего олова с поверхности листов.

Между операциями лужения поверхность жестяных листов покрывали салом. Способ его приготовления являлся важной секретной частью технологии. Сало сначала

сильно охлаждали, а затем быстро разогревали. В результате такой обработки оно надёжно предохраняло олово от окисления и контакта с влагой.

Лужёные листы полировали паклей, смесью опилок, мела и отрубей до зеркального блеска (причем и эту операцию выполняли работницы), после чего упаковывали в бочки (в рулонах) или ящики. Наиболее известными центрами производства белой жести были города Амберг, Вундизель и Нюрнберг.

Больше 300 лет Австрия и Германия сохраняли монополию на производство белой жести, пока секрет её изготовления в 1665 г. не смог выкрасть будущий основоположник английской политической экономики Эндрю Яррингтон.

Таким образом, промышленный процесс горячего лужения методом погружения жести в оловянный расплав известен не менее шести столетий. Принципиально он почти не изменился со дня его возникновения. Ванна с расплавом олова и баки с салом, а затем с жиром, пальмовым или хлопковым маслом постепенно обростали механизмами и устройствами, что привело, в конечном счёте, к современным конструкциям лудильных агрегатов.

## **6.2. Металлургия высококачественных оружейных сталей**

*Отделкой золотой блистает мой кинжал;*

*Клинок надежный без порока;*

*Булат его хранит таинственный закал –*

*Наследье бранное Востока*

*М.Ю. Лермонтов, «Поэт», 1838 г.*

Во всех странах и регионах Древнего Мира и Средневековья выплавку и обработку оружейной стали окружала завеса таинственности и секретности. Как правило, общины оружейников жили и действовали в изоляции, подчиняясь своим неписаным за-

конам. Те, кем пополнялся оружейный клан, отбирались из многих претендентов. Поскольку производство оружия всегда и везде считалось делом первостепенной важности, оно находилось под строгим надзором властей осуществлявших постоянный контроль за работой металлургов-оружейников и содействовавших постоянному росту их квалификации. Древние мастера тщательно скрывали секреты изготовления необыкновенного металла, часто передавая его своим преемникам лишь на смертном одре. Поэтому вместо способов производства лучших клинков древние манускрипты оставили нам лишь рассказы об обрядах, которые сопровождали работу мастеров.

### 6.2.1. Легенды и исторические свидетельства

Производить высококачественную оружейную сталь с уникальными свойствами умели многие народы Древнего Мира и Средневековья. Упомянем наиболее известные легенды, археологические находки и летописные свидетельства.

По наиболее распространённой версии с легендарной высококачественной оружейной сталью (называемой впоследствии «булат», «дамаск» или «вуц» («вутц»)) представители античной культуры впервые познакомились во время похода Александра Македонского в Индию (329 г. до н.э.). Согласно описанию Аристотеля – воспитателя и биографа Александра, – в битве на реке Гидасп индийские воины сражались с греками длинными мечами, которые легко рассекали их доспехи. Другим эффективным оружием индийцев была «чакра». Так называлось плоское стальное кольцо с острой внешней кромкой. Чакра раскручивалась на пальцах и выбрасывалась в сторону противника: если она попадала в шею, воин прощался с головой. Несмотря на такое удивительное вооружение, индийцы не смогли победить македонскую армию, но слава об их железных изделиях разнеслась по всему античному миру.

Однако оружие, обладавшее высокими боевыми свойствами, в IV в. до н.э. умели изготавливать и народы Европы. В настоящее время считается доказанным, что пре-

красных результатов в получении оружейной стали достигли кельты, они же довели до совершенства технику кузнечной сварки. Легендарный кельтский кузнец Виланд умел сваривать в монолит пропущенные через кишечник гусей стальные опилки. Изготовленный таким образом меч разрубал камни и рассекал мешок, набитый шерстью.

Известно, что в III в. до н.э. римские оружейники соединяли кузнечной сваркой стальные и железные полосы, переплетая и скручивая их в самых различных комбинациях. Количество железных и стальных слоев в заготовках достигало многих десятков. Затем к полученной «плетёнке» приваривали стальные лезвия и получали прочный, надежный, меч. С такими мечами римские легионеры дошли до Сирии, где существовали свои традиции изготовления высококачественной оружейной стали. Согласно многочисленным летописным свидетельствам, близ Дамаска существовала гора, состоящая из самородного железа с примесями углерода (около 1 % (масс.)) и вольфрама (8–9 % (масс.)). Фактически это была природнолегированная сталь. Местные мастера откалывали куски металла от этой горы, несли в кузницы и выковывали из них мечи и сабли.

Наличие уникальных природных ресурсов, богатые металлургические и оружейные традиции, удобное стратегическое расположение послужили причинами того, что именно в Дамаске император Диоклетиан в конце III в. н.э. приказал построить главные оружейные мастерские римской армии. После этого Дамаск более 1000 лет был важнейшим торговым и ремесленным центром Древнего Мира и раннего Средневековья. По мнению многих специалистов вплоть до конца XIV столетия в Дамаске изготавливали лучшие в мире оружие и доспехи.

В 1370 г. в Самарканде к власти пришел великий эмир Тимур (Тамерлан), который для удержания феодалов и кочевой знати от внутренних мятежей начал большие завоевательные войны. В 1401 г. войска Тимура покорили Сирию и взяли Дамаск. Город был сожжен, а оружейные мастера переселены в Самарканд и другие города Сред-

ней Азии. Собранные в Самарканде более тысячи мастеров были размещены в городской цитадели, где в специальной государственной мастерской изготавливали доспехи и различное вооружение.

В 1980-х гг. на месте цитадели Тимура были произведены раскопки. Археологи обнаружили помещение, в котором было найдено более 2000 деталей доспехов и других железных предметов. Несмотря на то, что железо доспехов было сильно окислено, в одной из кольчуг удалось обнаружить частицы металла, которых оказалось достаточно для выполнения металлографических исследований. Оказалось, что металл доспехов состоит из трех структурных составляющих, твёрдость которых различается более чем в 50 раз. Из этого следует, что «кольчуга Тамерлана» была изготовлена из композиционного материала. Необходимо подчеркнуть, что по прочности и сопротивлению удару она практически не уступала современным бронежилетам.

При одном из триумфальных въездов Тимура в его столицу впереди процессии несли до 3000 парадных доспехов. Это шествие наблюдал испанский посол Рюи Гонзалес де Клавихо. Согласно его описанию, подбитое красным сукном и изящно отделанное оборонительное оружие выглядело очень эффектным.

Однако и до Тимура в Средней Азии существовали крупные центры производства высококачественной оружейной стали. В 30 км к северо-востоку от Намангана на правом берегу Сырдарьи обнаружено древнее городище Ахсикет – бывший крупный политический и экономический центр Северной Ферганы. Начиная с VII по XIII вв. включительно, в Ахсикете выплавляли тигельные стали с различным содержанием углерода. На территории городища найдены крупные металлургические мастерские и откопан ров длиной 250 м, шириной 25 м, глубиной 14 м, доверху наполненный различными тиглями емкостью от 2–3 до 8–10 кг. В ходе исследований был установлен интересный факт. Оказывается, древние металлурги Северной Ферганы варили тигельную сталь,

используя каменный уголь. Существовала целая гора каменного угля высокого качества, добываемого открытым способом. За 500–600 лет она была полностью выработана.

Большой опыт в производстве высококачественной стали был накоплен оружейниками средневековой Японии. Тайну японской стали долгое время не могли узнать, хотя пытались это сделать специалисты многих стран. В конце концов, секрет был раскрыт: загадочная сталь, помимо железа и углерода, содержала молибден, который существенно повышал вязкость металла. Сами японские металлурги даже не подозревали о существовании молибдена, но опыт предков, накопленный за долгие столетия, говорил о том, что из железистых песков одного из немногих островных месторождений получается наилучшая по качеству сталь. Именно в этих песках и содержались примеси оксида молибдена, который в процессе плавки восстанавливался и переходил в железо.

Перед изготовлением оружия железо, легированное молибденом, проходило длительную обработку. Прежде чем подвергнуться сложной кузнечной обработке, ему предстояло в течение нескольких лет пребывать в болотистой почве: в неё закапывали железные полосы или прутки, которые спустя некоторое время выкапывали, а затем вновь зарывали в землю. Богатая минеральными солями и кислотами болотная вода энергично разъедала железо. Образовавшаяся ржавчина растворялась в воде, обнажая новые слои железа, и процесс постепенно распространялся вглубь металла. Однако участки железа, обогащенного молибденом, оставались практически нетронутыми коррозией. В итоге железная заготовка становилась «ноздреватой». Зато это был особый металл, который представлял собой железо, легированное молибденом. Таким образом, глубокие знания химико-термической обработки металла японским мастерам заменял богатый опыт, накопленный предшествующими поколениями и позволявший получать отличный материал для изготовления знаменитых на весь мир самурайских мечей.

Остроту таких мечей можно оценить по следующему преданию: кузнец Муримаса воткнул свой меч в дно ручья и наплывающие на лезвие листья рассекались надвое.

(Подобные трюки проделывал и легендарный мастер Виланд – родоначальник кельтских кузнецов). А вообще хороший меч, по понятиям самураев, должен был перерубать в поясе двух связанных спина к спине пленных или связку жесткого бамбука.

Оружие с прекрасными боевыми качествами умели изготавливать и мастера Северной Европы. Например, в середине прошлого века в одной из многочисленных бухт морского побережья Дании, вблизи деревушки Нидам, были обнаружены три старинных судна, потерпевшие здесь когда-то крушение. Металлические предметы, утварь, монеты и стальные мечи хорошо сохранились. Девяносто из ста мечей имеют узорчатые клинки (рис. 6.8), а металло-графические исследования показали, что их средняя часть сварена из отдельных узорчатых полос, скрученных в разных направлениях. Древнеримские монеты, датированные III в., позволили определить возраст «нидамской находки».

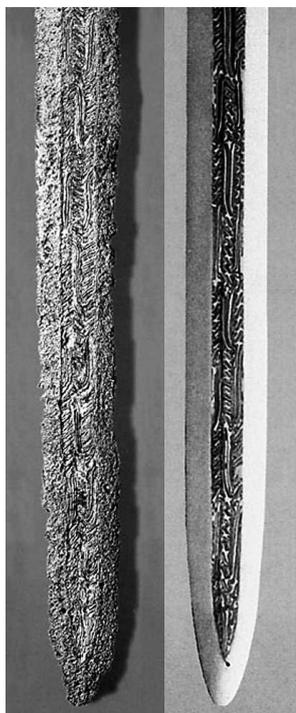


Рис. 6.8. Клинки древнеримских мечей из

Нидама

Большой интерес представляет несколько более поздний документ, рассказывающий о мечах германского производства. Речь идет о послании короля остготов Теодориха Великого вождю одного из германских племен Тразаманду. Письмо, датируется 523–526 гг., в нем король благодарит за присланные ему в дар мечи: *«Мечи твои разрубают даже брони и более дороги качеством железа, чем ценностью золота. Их полированная поверхность блестит так, что ясно отражает черты смотрящего. В их выточенных прекрасными долами серединах, кажется, видишь мельчайший переплет столь разнородных оттенков, что чудится, будто светящийся металл пропитан разными красками. Ваш шлифовальный камень его так тщательно очистил, что обратил блестящее*

*железо в своего рода зеркало. Мечи с таким изяществом и искусством выработаны, что то, что исполнено рукой, кажется не изделием смертных людей, а божественным произведением...».*

Одной из важнейших археологических раскопок Великобритании является захоронение Саттон-Ху в Саффолке, относящееся к началу VII в. н.э. Среди прочих удивительных находок этого захоронения был меч викинга. К сожалению, клинок и ножны под действием коррозии превратились в единую массу. Однако специалисты Британского музея с помощью современных методов исследования установили, что меч состоял из сердечника сложной конструкции и приваренного к нему лезвия. Сердечник был изготовлен из восьми брусков, состоящих, в свою очередь, из семи стержней каждый, причем бруски были скручены в противоположных направлениях и сложены обратными сторонами, образуя своеобразную «ёлочку». По длине клинка чередовались участки с крученым рисунком и с продольным узором. Средняя длина тех и других составляла около 55 мм, а рисунок повторялся 11 раз.

В начале II тыс. в Индии побывал выдающийся ученый Хорезма Аль-Бируни, который был удивлен чрезвычайно высокой стоимостью мечей из индийской стали. Если на таком мече были изображены животные или деревья, то его стоимость была равна стоимости хорошего слона; если же на клинке был изображен человек, то стоимость меча была еще выше. За такой меч давали табуны лошадей, горсть золота и даже «полцарства», и древние считали, что меч этого стоит.

В позднем Средневековье в Европе особенно высоко ценилось холодное оружие испанских мастеров из Толедо. Оно отличалось техническим мастерством и художественным совершенством. Ещё у древних римлян высоко ценились изготовленные кельтиберскими мастерами мечи. Впоследствии под влиянием арабского искусства испанские оружейники создавали настоящие шедевры. Предусматривалась серия испытаний качества готовой продукции. Чтобы проверить упругость металла, клинок укладывали

на специальную подушку и изгибали в разных местах от эфеса до острия. Затем клинок вдавливали остриём в лежащую на земле свинцовую плиту и, не снимая нагрузки, изгибали и закручивали в разных направлениях. Для проверки твёрдости лезвия и вязкости обуха служила проба на шлеме: клинком несколько раз наносили удар по шлему полукруглой формы. Только после того, как все испытания проходили успешно, приступали к художественной отделке изделия: выглаживанию и полировке клинка, вытравливанию надписей и узоров, золочению или серебрению эфеса. Дошедшие до нас толедские клинки воплощают в себе накопленный столетиями опыт получения и обработки высококачественной оружейной стали.

#### 6.2.2. Терминология и классификация

Высококачественную оружейную сталь в разные времена и в разных странах называли по-разному. Например, принятый в России термин «булат» («булатная сталь») произошел от иранского слова «пулад» (по-арабски – «фулад»), которое обозначает просто литую сталь (что такое «просто литая» сталь объясним дальше). Впоследствии само слово «фулад» стало отражать технологическую особенность получения металла, и означать «очищенное железо» – вероятно, имелось в виду железо, переплавкой которого производили сталь. Другое очень популярное (особенно в странах Запада) название – «дамаск», по-видимому, отражает внешний вид поверхности клинков и происходит также от арабского слова «дамаст» – «волнистый, струйчатый». Однако не исключена возможность, что сварочную узорчатую сталь со временем стали называть дамасской из-за сходства рисунка поверхности восточных клинков с узорами знаменитых дамасских тканей. Термин «дамасская сталь» получил широкое распространение в Европе в XIX в. Долгое время так называли и литую булатную сталь. В настоящее время в нашей стране это название применяется только по отношению к сварочной узорчатой стали.

В последнее время, как в специальной, так и в научно-популярной литературе, активно используются термины «вутц», «сварочная сталь», «дендритная сталь», «узорчатая сталь», «ликвационный булат», «сварочный булат», отражающие различные особенности технологии изготовления, структуры металла, внешнего вида и формы стальных и железных заготовок, применявшихся и применяющихся при производстве оружейного металла.

Наиболее характерным признаком, отличавшим оружейные стали всех упомянутых видов от обычных сталей, является своеобразный узор на отполированной поверхности готового изделия (рис. . Узор этот различим невооруженным глазом, и выделяется в виде светлых линий на сером или черном фоне после протравливания изделия какой-либо слабой кислотой, но иногда он проявляется уже непосредственно после полировки. Эффект появления узора объясняется структурной неоднородностью металла, в котором участки с разным содержанием углерода травятся и полируются по-разному.

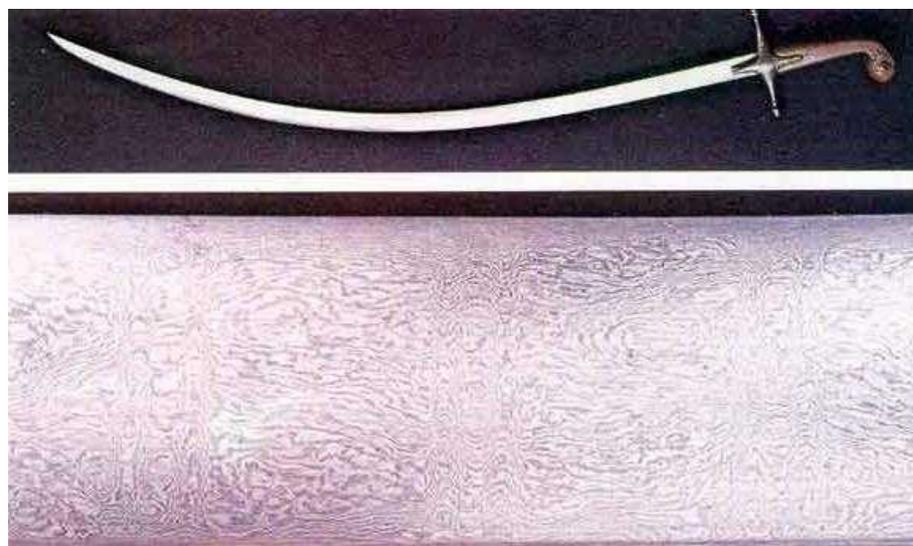


Рис. 6.9. Дамасский узор на персидской сабле после полировки и протравливания кислотой: светлые участки – карбида железа (цементит, темный фон – низкоуглеродистое железо (XVII в., Метрополитен-музей, Нью-Йорк)

С древнейших времен именно по узору различали сорта булата. Аль-Кинди, арабский знаток оружия, живший в IX в., писал, что, глядя на узорчатую сталь, видишь её как снаружи, так и внутри. Действительно, знаток по одному лишь внешнему виду узорчатого клинка может определить структуру металла, технологию его изготовления, весьма часто место и время его производства и, в некоторых случаях, мастера-клиночника. Лучший в Европе знаток булатов П.П. Аносов отмечал, что *«...опытный азиатец не ошибется в выборе клинка и по одному узору определит, вязок булат или хрупок, тверд или мягок, упруг или слаб»*.

Классификация оружейных сталей вплоть до недавнего времени основывалась в основном на внешних признаках – величине и форме узора, цвете и четкости его составляющих. Цвет фона узора, «грунт», мог быть серым различных оттенков, бурым и черным, причем черный цвет фона считался признаком булата высшего качества. Еще одним из неперменных признаков высококачественной стали считали характерный отлив или отлив на поверхности клинка. Этот отлив мог быть либо золотистого, либо красноватого цвета и становился виден при падении света на клинок под острым углом. Иранцы очень ценили «желтые клинки», из чего следует вывод о предпочтительности именно золотистого отлива. Красноватый отлив, равно как и светлый «грунт», свидетельствовал о повышенной хрупкости булата.

Узоры могли быть относительно простыми – в виде прямых полосок, реже встречался более сложный рисунок: изогнутые линии переплетались в пряди и гроздья и вместе с прямыми образовывали сетку. Еще более редким и ценным считался коленчатый узор, располагающийся по всей ширине клинка в виде непрерывно повторяющихся от основания до острия поперечных поясков-прядей. Особо ценились «табан» («блестящий») и «хорасан» («восход солнца»). Изделия из них отличались не только высоким качеством, но и имели на редкость красивый узор: на темном фоне с золотистым отливом виднелись четкие светлые линии, образующие крупную сетку или коленца.

Одним из самых дорогих считался булат под названием «кара-табан» («черный-блестящий») – с золотым отливом и чётко выраженным коленчатым узором, который повторялся по длине клинка примерно 40 раз. Такой особенностью узора объяснялось второе название этого вида кара-табана – «Сорок ступеней».

Очень распространенным и устойчивым был обычай присваивать сортам узорчатого металла названия местностей, в которых он производился. Баркер, английский генеральный консул в Алеппо (XIX в.), приводит несколько названий, классифицированных по месту производства булатов: три сорта «табанов» – «кормани» (из Кермана в провинции Хорасан), «диши» и «эркек»; два сорта «хорасанов» – «лахори» (из Лахора) и «баяз»; два сорта «гинди» («индийский») – «сари» и «кум» («волнистый»), а также стамбульские «элиф» и «бейяд» («белый»), сирийские «шам» (Шам – турецкое название Сирии) и «эски шам» («старинный шам») и, наконец, «лахори нейрис».

Начиная со знаменитой работы П.П. Аносова «О булатах», опубликованной в 1841 г., в специальной литературе существовала достаточно четкая классификация макроструктуры булата по узору на поверхности стали. П.П. Аносов различал полосатые, струйчатые, волнистые, сетчатые и коленчатые булаты:

*«...При оценке булата принимают во внимание следующие четыре параметра: форму узора, крупность узора, цвет металла и узора, а также звон. По своей форме узор бывает:*

- полосатый, когда он состоит из прямых линий, почти параллельных между собой, это низший сорт булата;*
- струйчатый, или средний сорт, когда между прямыми попадаются и кривые линии;*
- волнистый, если кривые линии преобладают над прямыми;*
- сетчатый, когда линии эти, извиваясь, идут по всем направлениям, а прямые очень коротки;*

- *коленчатый или высший сорт, когда рисунок, проходя во всю ширину клинка, повторяется по его длине.*

*По крупности узора различают три вида:*

- *мелкий узор, встречается на булате низшего сорта, величина его должна быть, однако, такова, чтобы легко различить его простым глазом;*
- *средний узор, принадлежит более высокому сорту;*
- *крупный узор, когда величина его доходит до крупности нотных значков.*

*По цвету или грунту металла различают три сорта булатов: серые, бурые и чёрные. Чем грунт темнее, а узор на нём более выпуклый, тем булат лучше. Кроме того, различают еще и отливы, которые даёт клинок при падении на него косвенных лучей солнца. Отливы бывают красноватые и золотистые. Некоторые булаты отлива не дают.*

*Лучший дамасский клинок обладает следующими свойствами: узор его крупный, коленчатый или сетчатый, белого цвета, отчётливо выделяющийся на чёрном грунте, отлив золотистый, а звук должен быть долгий и чистый».*

Испытывали булатный клинок и на упругость: его клали на голову, после чего оба конца притягивали к ушам и отпускали. Если остаточной деформации не обнаруживалось, качество клинка считалось хорошим.

Таким образом, оценка качества булатных клинков представляла собой некий ритуал: сначала подолгу изучали узор, затем, щелкнув по клинку, слушали звук, после этого проверяли его упругость и лишь в последнюю очередь пробовали, как он рассекает тончайшую ткань. Последнее испытание состояло в том, что клинок ставили под углом и накидывали на него кусок тонкой ткани. Ткань, соскальзывая по лезвию клинка, должна была разрезаться пополам.

Сегодня совершенно ясно, что булат имел несколько разновидностей, отличавшихся друг от друга. Секреты булатных сталей скрывались в их строении, обусловлен-

ном технологией выплавки, особенностями кристаллизации,ковки и закалки. Для каждой разновидности булата – своя технология и свои секреты.

### 6.2.3. Технологии получения высококачественных сталей

Принято выделять две большие группы технологий производства высококачественной оружейной стали. Первая группа объединяет технологии, связанные с расплавлением хотя бы одной из составляющих будущего металла. Таким образом получали «классические» литые булаты – индийский «вутц», арабский «фаранд», китайское «многосуточное железо» и т.п. Вторую группу составляют способы, основанные на применении кузнечной сварки, которыми получали и получают «дамаски». Естественно, что в каждой группе имеется множество разновидностей и, кроме того, существуют такие технологии производства узорчатой стали, которым присущи признаки получения как литого, так и сварочного металла. Необходимо отметить, что отличия исходных материалов, применяющихся для изготовления сварочного дамаска, как правило, очень значительны, поэтому качество дамасских сталей намного уступает качеству литой булатной стали.

#### *Литая сталь – вутц и булат*

Древние способы производства литой узорчатой стали основаны на том, что температура плавления чугуна составляет около 1200 °С, а чистого железа – более 1500 °С, т. е. увеличение содержания углерода в сплаве на 1 % (масс.) снижает температуру его плавления примерно на 80 °. Используя это явление способы носят общее название «двухфазных», т. к. основаны на недорасплавлении сравнительно малоуглеродистых включений, взвешенных в высокоуглеродистом расплаве. В плавильном тигле создавались условия, при которых в жидком, расплавленном чугуне плавали размягченные, но твердые куски железа. Поэтому после затвердевания и расковки слитка в клинке чере-

довались участки очень твердой и хрупкой сверхуглеродистой стали с участками вязкого, но мягкого металла. На сложную структуру древнего литого металла указывал известный арабский ученый Аль-Бируни, который в X в. писал: *«Сталь бывает двух сортов: первый, когда в тигле одинаковым плавлением сплавляется «нармохан» (железо) и его «вода» (чугун). Они оба соединяются так, что неотличимы один от другого. Такая сталь пригодна для напильников и им подобных. Второй сорт получается, когда в тигле указанные вещества плавятся неодинаково и между ними не происходит совершенного смешения. Отдельные частицы их располагаются вперемешку, но при этом каждая из них видна по особому оттенку. Называется это «фаранд» и в мечах он высоко ценится».*

Один из позднейших вариантов производства «китайского железа» описан Сун Инсином в 1637 г. Он писал: *«Метод получения стали состоит в следующем. Ковкая сталь расплющивается в бруски шириной в палец и длиной примерно 4 пальца. Их заворачивают в листы ковкой стали и сверху плотно укладывают чугунные чушки. Всю печь замазывают землей или глиной и начинают раздувать меха. При достаточной температуре чугун плавится и, капая и стекая, проникает в ковкую сталь. Когда оба металла образуют единое целое, сплав вынимают и отковывают. Затем его опять плавят и отковывают. Все это повторяется много раз».* При проковке крупные включения нерасплавленного железа вытягиваются, утоньшаются и постепенно науглероживаются, а многократная переплавка обеспечивает последовательное получение все более тонковолокнистого чугунно-стального композита.

Индийские кузнецы применяли другую технологию выплавки, также обеспечивающую необходимую степень неоднородности металла, но без дополнительной обработки слитка. Например, известен индийский рецепт «прямого» получения ценного булата сорта «акбари» из руды. Согласно этому рецепту, в тигель вместе с древесным углем и флюсом следовало засыпать смесь изначально мелких частиц двух руд – бурого и

магнитного железняка, а именно три части магнитного железняка и две части бурого. Металл из частиц разных руд восстанавливался с разной скоростью. В результате восстановившийся первым металл за время плавки (около суток) успевал сильнее науглеродиться от контакта с древесным углем и расплавиться, а выделившийся из трудно-восстановимой руды оставался менее науглероженным и поэтому был более твердым. Мастер-плавильщик внимательно контролировал ход плавки, чтобы не пропустить момент сплавления зерен металла в монолитную, но неоднородную массу.

По мнению большинства специалистов, общим для всех технологий получения литой оружейной стали является условие замедленного, длительного (в течение нескольких дней) остывания слитков, в результате чего происходит образование необходимой, хорошо различимой невооружённым взглядом грубокристаллической структуры. Посетивший Иран (Персию) штабс-капитан Масальский в «Горном журнале» за 1841 г. так описывает виденный им в Персии процесс выплавки булата: *«В огнеупорный тигель мастер закладывает измельченную смесь старого, бывшего в употреблении железа и зеркального чугуна в соотношении 1 часть чугуна на 3 части железа. Плавка продолжалась 5–6 часов, после чего дутье прекращали и дожидались, пока печь «затихнет». Затем тигли вскрывали, вкладывали в них немного серебра в количестве 4–5 золотников и снова засыпали печь углем. Все отверстия печи тщательно замазывали, и тигель остывал в тлеющих углях в течение 3–4 дней».*

Как следует из описаний Масальского, иранцы совмещали замедленную кристаллизацию слитка с его многодневным отжигом при краснокалильном жаре. Более того, они не только слитки, но и уже откованные клинки подвергали подобному отжигу с целью повышения четкости и контрастности узоров. Во время отжига печи топили сухим навозом, что помимо улучшения узоров одновременно могло способствовать и насыщению поверхности клинков азотом.

### *Дамасская сталь*

Дамасские стали являются «сварочными». Это означает, что они получаются кузнечной сваркой (в горне на углях – как на древесном, так и на каменном) различных углеродистых сталей с чугуном (в т.ч. легированным) и (или) чистым кричным железом.

Кузнечную сварку губчатого, кричного металла применяли еще в самом начале железного века. Эта технологическая особенность нашла отражение в самом названии древнего металла – «сварочное железо».

Самой распространенной и простой является сварка сложенных стопкой пластин, образующих пакет. Пакет нагревают в горне и посыпают тем или иным флюсом, который сплавляется с образующейся на поверхности пластин окалиной и очищает от нее свариваемые поверхности. Растворяя окалину, флюс одновременно образует жидкий шлак, предохраняющий поверхность металла от дальнейшего окисления. Покрытый жидким шлаком пакет разогревают до белого каления и проковывают. Сначала «выжимают» жидкий шлак, а затем сильными ударами производят собственно сварку. После первой сварки пакета его расковывают на полосу и разрубает на несколько частей, которые снова складывают стопкой и производят вторую сварку. Эти действия повторяют до тех пор, пока не наберут желаемое количество слоев железа и стали в изделии. В одном клинке может быть от нескольких десятков до сотен тысяч таких пластин или волокон. Эти пластины довольно условно называют слоями.

Заметим, что прочность даже двух сваренных пластин из металла разного состава больше, чем просто сумма прочностей каждой из них. И чем больше пластин соединяется, тем больше возрастает прочность. Это объясняется тем, что на стыке стали и железа образуется упрочненный пограничный слой с сильно искаженной кристаллической решеткой металла. При увеличении количества слоев увеличивается относительная толщина упрочненного пограничного слоя. Но это не единственная причина высокой

прочности дамасской стали. Имеет значение также «эффект троса». Как в тросе, состоящем из сотен тонких проволочек, разрыв одной из них не приводит к разрыву троса в целом, так и в дамасской стали – возникшая микротрещина перерезает только один стальной слой и угасает, не успев развиться, в мягкой железной прослойке.

Оружие из сварочной стали производили во многих регионах средневековой Европы, например, в Скандинавии. В погребениях VIII в. обнаружены специфические ножи, характеризующиеся как элемент древнескандинавской культуры. Они имели клинок длиной 40–100 мм с прямым обухом и чёткими уступами, отделяющими его от хвостовика. Технологической особенностью клинка являлась его составная конструкция, представляющая собой трёхслойный (реже пятислойный) пакет с твёрдой сердцевиной и прочными обкладками. Первоначально на обкладки шло обычное железо, а в центр – твёрдое фосфористое. Позже фосфористое железо уступило место качественной высокоуглеродистой стали, а на обкладки стали использовать низкоуглеродистую. Такая схема повторяла конструктивные особенности мечей викингов, распространённых в период Переселения Народов, и стала своеобразной «визитной карточкой» древних скандинавских мастеров.

Суть упомянутого технологического приёма изготовления клинка заключается в том, что имеющий хорошие режущие свойства средний слой упрочняется обкладками из низкоуглеродистой стали. Такой приём получил название «пакетирования», а схема – «трёхслойный пакет». Иногда он дополнительно усиливался ещё и наружными обкладками из углеродистой стали. Эта схема известна под названием «пятислойного пакета». Пакетирование клинков обеспечивало сочетание великолепных прочностных свойств с хорошей стойкостью режущей кромки, что придавало им ценность и гарантировало высокий спрос.

Такие ножи широко представлены среди археологических находок не только на территориях, исторически заселённых викингами, но и во многих других регионах Ев-

ропы. Не избежала этого влияния и Древняя Русь, где такие изделия обнаружены в культурных слоях X – первой половины XII вв. крупнейших городов и торговых центров Смоленской (Гнедово), Новгородской (Новгород, Старая Ладога) и Ростово-Суздальской (Суздаль, Гнездилово) земель. Следует отметить престижность такого рода клинков, которые, видимо, были доступны далеко не каждому. Так в результате раскопок на территории Древнего Пскова было установлено преобладание в X–XI вв. трёхслойных клинков в Кремле и Довмонтовом городище – местах компактного проживания социальной верхушки. В то же время в Среднем городе, где жил простой народ, такие технологические схемы крайне редки.

Структуру металла со сверхуглеродистыми прослойками можно получить, применяя при кузнечной сварке в качестве флюса дробленый чугун. Углерод чугуна мгновенно соединяется при температуре сварки с окалиной, отнимая у нее кислород. В итоге вместо окалины образуется диоксид углерода и восстановленное железо, которое тут же науглероживается от контакта с углеродом жидкого чугуна. Чугун в данном случае является более эффективным карбюризатором, чем древесный уголь, поскольку при температуре сварки он плавится и углерод находится в нем в растворенном, более химически активном виде. Растекаясь по поверхности заготовки, жидкий чугун очищает ее от окалины, попутно теряя свой углерод и, вследствие этого, затвердевая. При последующей проковке часть жидкого чугуна выжимается, но остаются тонкие прослойки достаточно вязкого, обедненного углеродом чугуна и сверхуглеродистой стали. Дальнейшую расковку пакета производят при несколько пониженных температурах, чтобы сверхуглеродистые прослойки не расплавились, поэтому некоторые оружейники говорят, что они не сваривают пакет, а «паяют» его чугуном. Науглероживание поверхности металла расплавленным чугуном называют «чугунением» или «насталиванием». В итоге получается чередование слоев вязкого железа, стали и крайне твердого белого чугуна, т.е. «предельный» вариант дамасской стали.

Классический японский способ изготовления клинков как раз и заключался в использовании молибденсодержащего железа, стали (по некоторым данным, импортируемой из Китая) и толчёного чугуна.

Следует особо отметить, что дамаск – это продукт ресурсосберегающий, варить его можно даже из бросового металла, например, из ржавых гвоздей и чугунных осколков. Предки наши берегли металл, зря его не выбрасывали, а старались перековать одно в другое.

#### 6.2.4. Ковка и закалка оружейного металла

Историческому сосуществованию двух типов оружейной стали – литой и сварочной – соответствовали две технологииковки.

##### *Ковка литой стали*

Известно, что заготовка вутца перед ковкой имела небольшую массу (не более килограмма). Легковесность исходной заготовки позволяла мастерам осуществлять ускоренный подогрев изделия и широко использовать локальный нагрев его частей для последующейковки.

Если внимательно присмотреться к состоянию микроволокон, выходящих на поверхность вутца, то можно видеть не только их завихрённость в результате применения сложных приёмовковки, но и их раздробленность. Данное обстоятельство указывает на осуществление на определённом этапековки мощного единоразового воздействия на волокна, предварительно приведённые в благоприятные для дробления условия. По видимому, именно эта операцияковки определяющим образом влияла на конечное качество булатной стали и достижимость совокупности её феноменальных свойств в целом.

Вместе с тем многими специалистами отмечается, что условием правильнойковки булата является её «постепенность». Качество булатного клинка тем выше, чем медленнее ведется ковка. Аккуратная ковка при невысоких температурах, требующая многочисленных подогревов, приводит к повышению контрастности узоров. При нагреве мелкие карбиды и острые грани крупных карбидов растворяются, а при последующем остывании углерод вновь выделяется на поверхности крупных частиц в высокоуглеродистом, прочном волокне. Поэтому первоначально размытый узор приобретает резкость и контрастность.

### *Ковка дамаска*

В неоднородном дамаске вид макроструктуры очень сильно влияет на свойства клинка. В разных странах были разработаны десятки, а, возможно, и сотни сортов сварочной стали. Несмотря на такое обилие, все эти сорта можно упорядочить, разделив их по принципу образования на несколько групп, а именно на «дикий», «штемпельный» и «крученный (турецкий)».

«Дикий» узор дамаска образуется при беспорядочном перемешивании металла в результате простой ручнойковки. Лучшие мастера предпочитали ковать клинки из «штемпельного» дамаска с регулярным узором. «Штемпельным» узор назвали в Германии по способу его образования с помощью нанесения специальным штампом-штемпелем строго упорядоченного рельефа на заготовку клинка, в результате чего при ковке слои искажались в заданном порядке. Видов формируемых при этом узоров немного: ступенчатый, волнистый, ромбический (сетчатый) и кольчатый. Ступенчатый узор характеризуется относительно узкими прядями линий, расположенными попеременно поперек клинка.

Распространенным видом «штемпельного» узора является ромбический, имеющий две разновидности. Одну из них получают, насекая поверхность заготовки зуби-

лом крест-накрест, отчего узор имеет вид сплетенной из нитей сетки, наброшенной на клинок из «дикого» Дамаска. Соответственно, и узор называется «сетчатым». Второй разновидностью является узор, который в Германии называют «мелкие розы». Он имеет вид четких концентрических ромбов и набивается имеющим пирамидальные выступы штампом.

Кольчатый вид «штемпельного» узора в США называют «павлиний глаз», хотя он больше похож на «павлиний хвост», поскольку на клинке в четком порядке расположены многочисленные концентрические окружности.

Особенно красивым считается узор «турецкого» дамаска. Так в XVII–XVIII вв. его назвали в Европе, когда увидели привозимые с Востока сабли из местных разновидностей сварочного металла. Другое его название – «розовый дамаск»: из-за схожести вида узора с цветками розы.

Отличительной особенностью «турецкого» дамаска являлось то, что клинки отковывались из предварительно туго закрученных прутков неоднородного металла. Узоры при этом получались крайне разнообразными и причудливыми. Беруальдо Бьянчини, автор вышедшей в 1829 г. книги «О дамасских клинках турецкого типа», писал, что *«...масса, употребляемая сегодня для создания дамасских клинков, в точности та же самая, какая идет на изготовление клинков совершенно ординарных, т. е. равномерная смесь стали и железа в соотношении два к одному. Вытягивание дважды рафинированных болванок в полосу и последующее выковывание клинка между двух штампов происходит так же, как и при изготовлении обычного клинка. Единственное различие состоит в том, что штамп для дамаска должен быть снабжен различными рельефами, которые желательно перенести на клинок. При ковке молотом сменяющие друг друга листы стали и железа клинка вдавливаются в углубления штампа, в результате чего возникают углубления или рельеф, которые, будучи затем спилены, дают желаемый узор».*

### *Закалка оружейной стали*

Режимы термической обработки изделий из булатной стали всегда привлекали пристальное внимание исследователей, так как именно этот этап технологии ее производства окружен наибольшим числом легенд и тайнств, дошедших до нас из глубины веков.

И в сравнительно недавние времена, например, в XIX в., многие металлурги придавали большое значение способам закалки булата и даже относили их к основным секретам приготовления булатного оружия. Объяснить, почему металл становится прочнее и твёрже, тогда никто не мог, зато рецептов закалки было великое множество: практически каждый мастер имел свой секрет.

Известно, что в качестве закалочной среды широко использовалась и родниковая вода, и вода минеральных источников. Температура воды и растворимые в ней соли оказывали большое влияние на скорость охлаждения изделий, поэтому место отбора воды и ее температуру при закалке держали в строгом секрете.

По причине того, что клинки из стали с большим содержанием углерода после закалки в холодной воде легко ломались от удара, в Персии холодное оружие начали закалывать в мокром холсте. Известен метод закалки, при котором до термической обработки клинок обмазывался для тепловой изоляции толстым слоем особой глины с разными примесями. Состав удалялся только с лезвия, подлежащего закалке в воде. Образовавшейся при этом демаркационной линии в каждой мастерской придавали своеобразный оригинальный рисунок, по которому можно было отличить мастера, изготовившего холодное оружие.

Металлурги искали и умели находить среды, в которых сталь охлаждается быстрее, чем в простой воде. Моча и другие растворы солей быстрее забирают тепло у раскаленного металла, чем самая холодная вода. Заметив эту особенность жидкостей, со-

державших соли, средневековые металлурги разрабатывали различные варианты закалки и достигали порой немалых успехов. Вот как Теофил описывает закалку стали, которая режет «стекло и мягкие камни»: «Берут трехлетнего барана, привязывают его и в течение трех дней ничем не кормят. На четвертый день его кормят только папортником. Спустя два дня такой кормежки, на следующую ночь барана ставят в бочонок с пробитыми внизу дырами. Под эти дыры ставят сосуд, в который собирается моча барана. Собранный таким образом за две-три ночи в достаточном количестве моча изымалась, и в указанной моче барана закалывали инструмент».

Как повествует легенда, в Древней Сирии клинок нагревали до цвета зари и шесть раз вонзали в ягодицы молодого раба. Известны приемы подобной закалки стали охлаждением в теле свиньи, барана или теленка. В Дамаске сабельные клинки нагревали до цвета восходящего солнца и закалывали в крови убиваемого нубийского раба. А вот рецепт закалки кинжала, обнаруженный в одном из храмов на территории Малой Азии и относящийся к IX в. н.э.: «Нагреть (клинок) до тех пор, пока он не засветится, как восходящее в пустыне солнце, затем охладить его до цвета царского пурпура, погружая в тело мускулистого раба. Сила раба, переходя в кинжал, и придает металлу твердость».

Существуют легенды, согласно которым булатные клинки закалывали в молоке матери, кормящей сына, в моче рыжего мальчика и т.д.

Древние кузнецы знали и способы предохранения металла от окисления в период нагрева под закалку. Кузнец брал бычьи рога, сжигал их на огне, в полученный пепел примешивал соли и посыпал этой смесью изделия, которые затем нагревали и закалывали в воде или сале.

### 6.2.5. Русский булат

Общепризнанно лучшим знатоком булатов и первым учёным, разработавшим и реализовавшим на практике технологию производства литых высококачественных литых сталей является русский металлург Павел Петрович Аносов (рис. 6.10). Он родился 29 июня 1796 г. в Твери в семье чиновника.

П.П. Аносов получил блестящее образование в Горном кадетском корпусе, так с 1804 г. стало именоваться Горное училище – первое высшее техническое учебное заведение России, основанное в 1773 г. в Санкт-Петербурге.

Служебную деятельность Аносов начал на Златоустовском заводе, куда поступил в декабре 1817 г. и первоначально был определён «к исполнению разных поручений». В октябре 1819 г. он был назначен смотрителем Златоустовской оружейной фабрики по «отделению украшенного оружия». Впоследствии П.П. Аносов занимал должности: помощника управителя (с декабря 1821 г.), управителя (с ноября 1824 г.) и помощника директора оружейной фабрики (с января 1829 г.). 26 июня 1831 г. по Высочайшему повелению Аносов определён «исправляющим должность горного начальника Златоустовских заводов». Наконец, Высочайшим приказом, отданным по корпусу горных ин-



Рис. 6.10. П.П. Аносов

женеров 28 февраля 1847 г., П.П. Аносов назначен главным начальником Алтайских горных заводов и томским гражданским губернатором. В этих должностях он и состоял до своей смерти, последовавшей 13 мая 1851 г.

Таким образом, П.П. Аносов непрерывно прослужил на Златоустовских казённых заводах почти 30 лет. Такое продолжительное служение на одном предприятии составляло в то время редкое, почти исключительное явление и, несомненно, благотворно отразилось как на исследованиях

выдающегося учёного, так и на развитии и совершенствовании металлургического производства в Златоусте.

Необходимо отметить, что к началу трудовой деятельности Аносова Златоустовская оружейная фабрика представляла собой только что организованное производство для работы на котором были приглашены, причём в большом количестве, европейские специалисты. Поводом к её образованию стало желание некоторых золингенских фабрикантов поселиться в России, о чём они просили министерство финансов в 1811 г. Тогда и были составлены условия их пребывания в России. События 1812 г. приостановили ход предприятия, и фабрика была основана только в 1815 г. К 1817 г. фабрика была в состоянии выполнять «наряды белого оружия».

По воспоминаниям современников «трудолюбия и энергии Аносов был необыкновенной». Он был «не только недюжинная, но прямо таки светлая личность, один из тех русских «праведников», которые выдвигаются из народных недр на долгую память потомков».

Исследования оружейных сталей Аносов проводил в течение более 10 лет, прежде чем ему удалось наладить промышленное производство булатного оружия. Особо следует отметить, что разработанная технология не имела зарубежных аналогов. Вот что писал по этому поводу сам Аносов: *«Попытки металлургов и художников, старавшихся приготовить булат подобный древнему, не имели также положительных успехов: европейских булатов высокого достоинства мне видеть не случилось, и все, что писано было об этом предмете, не заключает в себе удовлетворительных сведений, ибо ни в одном из трактатов о булате нет истинного основания – достижения совершенства в стали. Таким образом, с одной стороны, недостаток химических познаний, с другой – трудность приготовления хорошего булата, оставляют европейцев в недоумении относительно достоинства его».*

Результаты своих исследований Аносов изложил в нескольких научных трудах, наиболее известными из которых являются статьи в «Горном журнале»: «Описание нового способа закалки стали в «сгущённом воздухе»» (1827 г.), «О приготовлении литой стали» (1837 г.) и монография «О булатах» (1841 г.) (рис. 6.11), переведённая на все основные технические языки Европы.

Производство стали в Златоусте составляли следующие главнейшие операции: устройство печей, приготовление плавильных горшков, плавка, отливка в формы и ковка. Приготовление литой стали заключалось в сплавлении «негодных к употреблению железных и стальных обсечков в глиняных горшках при помощи возвышенной температуры воздушных печей».

Высокоуглеродистая сырцовая сталь не годилась для выковки оружия, поскольку «...она местами или слишком груба, или слишком мягка. Притом же и не довольно чиста во внутренности, почему она должна быть улучшена». Для улучшения брусковую

сталь проковывали в ленты, затем закаливали и по форме излома разделяли на четыре сорта: твёрдую, среднюю, мягкую и негодную. Из 20 листов первых годных сортов металла составляли пакеты, которые после первой сварки ещё дважды разрубали пополам и сваривали, после чего расковывали на полосы. Такая 80-слойная сталь называлась «односварочной» и считалась годною не для оружия, а лишь для напильников и другого грубого инструмента.

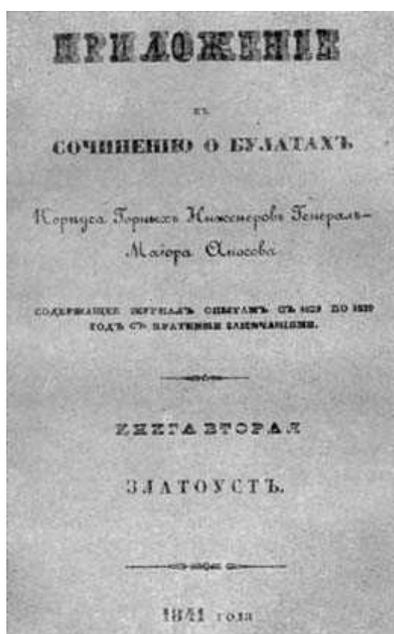


Рис. 6.11. Титульный лист труда П.П. Аносова «О булатах» (1841 г.)

Клинковую «двухвыварную» сталь получали сваркой пакета ещё раз отсортированных 20 лент «односварочной» стали с последующим «окончательным удвоением» и расковкой в бруски. Таким образом,

златоустовская клинковая «сварочная сталь» состояла из 3200 слоёв сырцово́й стали, в свою очередь образованной сплавленной смесью частиц высоко-, средне- и малоуглеродистой составляющих.

Закалка клинков по технологии П.П. Аносова представляла собой сложную операцию и требовала тонкого искусства мастера. Равномерный нагрев всего клинка до температуры закалки осуществлялся в весьма неравномерном пламени горна, затем производилось мгновенное обволакивание угольной пылью тонкого лезвия и, наконец, резкое охлаждение клинка в проточной воде. Все это требовало большого опыта и сноровки.

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

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

По мнению П.П. Аносова, «калка клинков, сколь ни кажется простою при первом взгляде, есть одна из важнейших работ на фабрике: неумеренный нагрев, неосторожная

закалка, слабый или слишком большой отпуск могут сделать клинок негодным из самой лучшей стали, хотя бы до закалки не было на нем никаких пороков».

Иностраннных специалистов приводила в изумление проверка готового оружия на упругость, при которой зажатый в тиски златоустовский клинок 20 раз сгибали в полдуги в обе стороны без всякого вреда. Достижение совершенства в рафинировании стали составляло *«...одно из главнейших попечений местного начальства, поскольку от доброты оружия нередко зависит жизнь воина»*.

#### 6.2.6. Тайна литой стали

Как ни парадоксально, человек пока так и не смог до конца понять сущности булатной стали, природы уникальных свойств и особенностей технологии ее получения, несмотря на то, что долгое время использовал изделия из булата, совершенствовал его, терял секреты изготовления и вновь приоткрывал тайны булата, подобно тому, как это сделал в середине XIX в. русский металлург П.П. Аносов.

Необходимо обратить внимание на то, что в своих работах П.П. Аносов, неоднократно отмечая высокие качества полученного им булата, не уступающего лучшим азиатским булатам, нигде не говорил о том, что раскрыл тайну индийского вутца, более того, он отказался от устоявшегося в то время понятия «дамасская сталь» и выдвинул новое – «русский булат».

Производство древнего оружия из булатной стали, окружённой легендарным ореолом сверхдостоинств и священных тайн, как уже хорошо известно, осуществлялось из индийского вутца, поставляемого на рынки Персии и Сирии в виде разрубленной пополам лепешки литой стали.

Содержание углерода в вутце было очень высоким. Так, химический анализ вутца, проведенный по распоряжению П.П. Аносова, показал содержание углерода, равное 1,7–2,0 % (масс.) и более. Заготовка индийского вутца имела диаметр примерно 12,5 см,

толщину около 1 см и массу примерно 1 кг. Кроме того, слитки вутца имели своеобразные узоры, не похожие на рисунок на готовых клинках.

По мнению большинства специалистов, лучшие клинки ковались в VII–XII вв. Лезвие индийского клинка после заточки приобретало необыкновенно, неправдоподобно высокую режущую способность. Хороший клинок легко перерезал в воздухе газовый платок, в то время как даже современные клинки из самой лучшей стали могут перерезать только плотные виды шелковых тканей. Правда, и обычный стальной клинок можно закалить до твердости вутца, но он будет хрупким, как стекло, и разлетится на куски при первом же ударе.

К сожалению, в Древней Индии так тщательно скрывали секрет выплавки и технологию изготовления клинков, что в конце концов потеряли их совсем. Уже в XII в. табан, например, не могли делать ни в Индии, ни в Сирии, ни в Персии. В настоящее время ни один мастер, ни одна фирма в мире не могут воспроизвести лучшие сорта индийской стали, образцы которой сохранились ещё в некоторых музеях Европы.

Потеря секретов производства индийского вутца при наличии широкого рынка продажи его заготовок указывает не только на ограниченное число мастеров, владевших технологией производства вутца, но и на достаточно высокие, по тем временам, производительность, выход годного и воспроизводимость технологии получения вутца. Поэтому можно прогнозировать следующее: технология производства слитка индийского вутца была достаточно проста (как оно, наверное, и должно было быть, иначе стоило ли ее так тщательно скрывать), а форма индийского вутца (лепешка) была в те далекие времена единственно правильной формой представления готового полупродукта.

В Средние века при определении достоинств того или иного клинка настоящие мастера оценивали крупность узора (ширину волокон) булатной стали, характер рельефа, переплетения и число волокон, цвет травленого фона клинка и его отливки, высоту и

длительность звучания клинка при ударе по нему, упругость и т.д. Представляется во многом понятным, что упомянутые критерии контроля качества булатных клинков имели глубокий смысл, дающий информацию, в частности, о режущих свойствах клинка. Ширина высокоуглеродистых волокон характеризовала не только примененный способ получения булатной стали, но и режущие свойства клинка, его упругость и способность к самозатачиванию.

Очевидно, что после заточки и полировки лезвия из булатной стали его режущая кромка уже имела зубчатообразный рельеф, обусловленный изменяющейся по длине кромки твердостью и износостойкостью её составляющих. Если учесть, что каждое высокоуглеродистое волокно булатной стали при выходе на режущую кромку имеет профиль определенной кривизны – фактор, существенно повышающий режущую способность клинка, то древние мастера были просто обязаны оценивать ориентировку волокон относительно режущей кромки клинка и рукоятки последнего.

Первым первым строго научно объяснил природу булата и связал ее со свойствами этой удивительной стали выдающийся русский металлург Дмитрий Константинович Чернов. Он считал, что при затвердевании сталь распадается на два различных соединения железа с углеродом, которые «играют очень важную роль при назначении такой стали на клинки: при закалке более твердое вещество сильно закаливается, а другое вещество остается слабо закаленным, но так как оба вещества в тонких слоях и фибрах тесно перевиты одно с другим, то получается материал, обладающий одновременно и большой твердостью, и большой вязкостью. Таким образом, оказывается, что булат несравнимо выше лучших сортов стали, приготовленных иными способами».

Итак, булат представляет собой композиционный материал. Отметим, что идея создания подобных материалов заимствована человеком у природы. Множество природных конструкций (стволы деревьев, кости и зубы людей и животных) имеют характерную волокнистую структуру. Она состоит из сравнительно пластичного матричного

вещества и более твердых и прочных веществ, имеющих форму волокон. Например, древесина – это композиция, состоящая из пучков высокопрочных целлюлозных волокон трубчатого строения, связанных матрицей из органического вещества (лигнина), придающего древесине поперечную жесткость. Зубы людей и животных состоят из твердого вязкого поверхностного слоя (эмали) и более мягкой сердцевины (дентина). И эмаль, и дентин содержат неорганические микрокристаллы гидроксилатапата игольчатой формы, расположенные в мягкой органической матрице.

Сейчас мы можем с уверенностью сказать, что булатная сталь была открыта не случайно и гораздо раньше, чем обычно принято думать. Metallурги бронзового века не могли не обратить внимания на елочное строение бронзовых слитков. Получив первый слиток из железа с тем же елочным строением, древние мастера, вероятно, начали его ковать как бронзу. Конечно, он рассыпался. Однако это не остановило древних металлургов и спустя какое-то время, накопив опыт, они сумели найти решение.

Уникальность булатной стали заключается в том, что она представляет собой принципиально новый класс композиционных материалов. Она не может быть отнесена ни к одному из известных и научно определённых видов естественных и искусственных композитов, в числе которых в настоящее время принято определять волокнистые, слоистые и дисперсно-упрочнённые. Особые свойства булата достигаются в результате совместной термомеханической обработки волокон и матрицы и последующего термического упрочнения композита посредством взаимного воздействия друг на друга его отдельных составляющих и процессов, протекающих в них.

В заключении отметим, что при определенных условиях узорчатый слиток можно получить из однородного расплава. Достигается это путем замедленной кристаллизации высокоуглеродистого металла, при которой вырастают крупные зерна-кристаллы, размер которых может достигать нескольких миллиметров. По границам этих кристаллов-дендритов выделяются карбиды, образующие «цементитную сетку» (рис. 6.12).

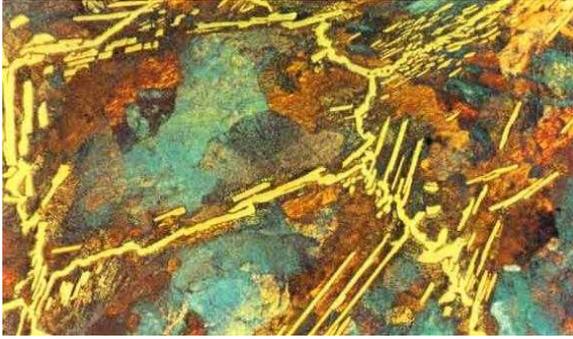


Рис. 6.12. Цементитная сетка в высокоуглеродистой стали (×200)

слитка, или «ликвационный булат» – по образованию узора вследствие ликвации углерода.

Клинки из «ликвационных» булатов современные кузнецы расковывают при нагреве до температур, не превышающих 800–850 °С. Это совершенно обязательное условие, иначе, при более сильном разогреве, карбидные частицы полностью растворяются и магические узоры исчезают.

Ковка такого крупнозернистого металла при невысоких температурах, позволяет раздробить сплошную цементитную сетку на мелкие частицы и сформировать видимый глазом узор. Полученный таким образом узорчатый металл исследователи называют сейчас «дендритная сталь» – по дендритному характеру кристаллизации

*«Являлись пушки у людей  
И ружья постепенно;  
И показались у дружин  
Мортиры, фальконеты,  
Пицаль, винтовка, карабин,  
Мушкет и пистолеты.  
И им ни камень, ни металл  
Пути не преграждает  
Куда бы выстрел ни попал,  
Все разом сокрушает».*

*Франческо Петрарка*

В истории техники известны случаи, когда некоторые изобретения вызывали быстрое увеличение производства материалов и металлов. Можно выделить такие факты и в отношении металлургии железа. В табл. 7.1 приведены данные о годовом потреблении железа в мире с 1400 по 2005 гг. с интервалом в 50 лет.

Таблица 7.1

Годовое производство железа в мире

<b>Исторический период, годы</b>	<b>Производство железа, т</b>
1400–1550	40–55 тыс.
около 1600	150 тыс.
около 1650	180 тыс.
около 1700	250 тыс.
около 1750	400 тыс.
около 1800	800 тыс.
около 1850	13 млн.
около 1900	45 млн.
1950	около 170 млн.
2005	около 1,05 млрд.

Обращает на себя внимание более чем пятнадцатикратное увеличение производства чугуна и сварочного железа в период с 1800 по 1850 гг. Это рекорд, по-видимому, абсолютный: он явился следствием общего развития машиностроительного производства и строительной техники в период Промышленной революции. Её флагман – Бри-

танская империя – в это время увеличила производство железной продукции более чем в 20 раз.

Быстрый рост потребления чёрного металла во второй половине XIX в. связан с техническими достижениями в трёх отраслях индустрии: с развитием железнодорожного транспорта, с освоением технологии строительства высотных зданий (в основном, в США) и больших мостов со стальными фермами, с появлением и интенсивным совершенствованием броненосного флота. Лидером сталелитейного производства в это время стали США.

Самый же первый скачок производства железной продукции (в основном в виде литейного чугуна), имевший место во второй половине XVI в., был вызван изменениями в единственной области средневековой индустрии – огнестрельной технике. Поэтому далее мы уделим особое внимание истории появления и развития артиллерии и взаимосвязи огнестрельной техники с металлургией железа и бронзы.

### **7.1. Зарождение артиллерии**

Существует несколько версий происхождения слова «артиллерия». Согласно наиболее распространённой его основой послужили латинские слова «arcus» – лук и «tellum» – стрела. По-итальянски «arte de tirare» («artilla») означает «искусство стрельбы». От итальянского «artilla» возникло французское «artiller» – мастер изготовления метательного оружия, а в последствии – «artillerie» – метательное оружие. Вместе с тем, известный французский военный теоретик Вобан Себастиан слово «артиллерия» производил от латинского «atillare» или итальянского «atillieri», что означает «заготавливать, припасать». В России допетровских времён термин «артиллерия» не употреблялся, а использовалось понятие «наряд».

Если рассматривать артиллерию как способ поражения противника на расстоянии, то следует считать, что она зародилась в древнейшие времена, а широкое распространение получила, когда в ходе войн возникла необходимость разрушения оборонительных укреплений. Тогда и появились метательные машины – баллисты, катапульты, палитоны и т.п., – использующие упругие свойства дерева и скрученных волокон – ремней.

Однако в дальнейшем артиллерия оказалась теснейшим образом связана с изобретением, которое определило её дальнейшее развитие – изобретением пороха.

#### 7.1.1. Изобретение пороха

Достоверные данные о первоначальном месте и времени изготовления пороха отсутствуют. Наиболее вероятной является «индокитайская» версия происхождения пороха. Дело в том, что природные условия в этом регионе способствуют накоплению селитры – основной составляющей пороха – прямо на поверхности почвы, что позволяет добывать её с минимальными затратами<sup>1</sup>.

Фейерверки на основе горючих смесей применялись в Китае уже при династии Сюй (589–618 г. н.э.), а «огненные стрелы» упоминаются как средство обороны ещё в летописи «Трех царств» (181–234 г. н.э.). Впрочем, порох был изобретен, скорее всего, ещё раньше. К числу фактов, подтверждающих такую возможность, относится дошедшее до нас письмо неизвестного китайского алхимика, написанное в 160 г. н.э., в котором он описывает гибель группы учёных при взрыве смеси, включавшей серу, селитру и древесный уголь.

---

<sup>1</sup> В дальнейшем китайцами была разработана технология производства искусственной селитры из конского навоза

Наиболее древним описанием состава<sup>1</sup> и технологии его получения считается трактат «Цянь цзинь яофан» («Бесценные рецепты»), китайского алхимика и врача Сунь Сы-Мяо, датируемый 682 г. В 1044 г. (по другим данным в 1044 г.) китайский чиновник Цынь Кун-Ли опубликовал первый документ, содержащий указания по военному применению пороха – «У-цзынь Цзун-яо» («Основы военного дела»), а в 1132 г. генерал Чень Гуй разработал прототип пищали – «огненное копье». Его огнестрельное (а, точнее, огнемётное) оружие одноразового использования представляло собой бамбуковый ствол, набитый дымным порохом, который после его зажигания выбрасывал струю дыма и пламени, что было достаточно эффективно в рукопашном бою и при противодействии коннице.

Таким образом, первоначально китайское пороховое оружие было не огнестрельным, а огнемётным и реактивным. Помимо вышеописанных приспособлений, использовались также петарды, а затем бомбы, поражавшие противника осколками оболочки.

Упоминания о зажигательных смесях и их применении в Древней Индии можно найти в древнеиндийском эпосе и в трудах греческих писателей Элиана, Ктезиаса, Филострата и Темистия относящихся к временам походов Александра Македонского. Из этих упоминаний нельзя достоверно установить, что представляло собой это вещество, однако это был не порох, хотя селитра в значительных размерах, вероятно, входила в их состав.

Из Китая и Индии знания о получении селитры и изготовлении огнестрельных припасов получили арабы. В пользу этой версии говорит тот факт, что два арабских наименования селитры означают «китайская соль» и «китайский снег». Древними арабскими авторами упоминаются также «китайский красный и белый огни». Зажигательные снаряды по времени тоже относятся к моменту великого вторжения арабов в Азию

---

<sup>1</sup> Состав смеси (см. табл. 7.2), по мнению специалистов, соответствует медленно горящему ракетному топливу, а не взрывчатому пороху. Возможно, к этому же типу относятся и горючие смеси, упоминаемые в индийских манускриптах

и Африку. Способ очистки калийной селитры был известен арабам, по меньшей мере, с 1029 г. (описан в трактате «Ал-Мукаддимат» врача ибн Бахтавайя). Есть сведения, что ещё в 692 г. порох применялся войсками Арабского Халифата при осаде Мекки.

Сохранилась книга Наджм ад-Дина Хасана ал-Раммы (ум. 1295 г.), датируемая между 1270 и 1280 гг. и содержащая 17 рецептов пороха для ракет, причем ал-Рамма ссылается на унаследованные знания своего отца и его предков. Состав пороха, приводимый в этом трактате, близок к оптимальному.

В раннем Средневековье в средиземноморском регионе стали использовать зажигательные смеси, известные под общим названием «греческого огня». Считается достоверно установленным, что в военной сфере «греческий огонь» начал применяться греками в VII в. Причём идею его применения греки заимствовали у арабов, которым был известен состав особого зажигательного вещества. Арабы, в свою очередь, заимствовали это зажигательное вещество у китайцев.



Рис. 7.1. Применение греческого огня (рисунок из византийской рукописи)

Впервые «греческий огонь» был использован в морском флоте для сжигания деревянных кораблей противника (рис. 7.1). Причём именно арабы, подавшие грекам мысль об изготовлении «греческого огня», сами стали жертвами его применения.

В 673 г. в битве при Кизике греки полностью уничтожили арабский флот, применив «греческий огонь».

Почти до XI в. «греческий огонь» составлял монополию греков. После этого он стал известен и другим народам, которые применяли его не только в морских сражениях, но и в сухопутных боях. «Греческий огонь» окончательно вышел из употребления в

XIV в., когда широкое распространение получил дымный порох, и появилась огнестрельная артиллерия.

В настоящее время у специалистов отсутствует единое мнение о том, каким путём порох попал в Европу: через Испанию, Италию или славянские государства. Известно, что в XII в. горняки Гарца применяли его для взрыва горных пород на горе Раммельсберг около Госмара.

С боевым применением горючих смесей на основе селитры западные европейцы познакомились в сражениях с маврами в Испании и в ходе крестовых походов (1096–1270 гг.).

В начале XIII в. во Франции приступают к созданию технологий производства и применения пороха, но вскоре все работы в этом направлении были запрещены, т.к. церковь объявила порох «дьявольским» зельем.

Тем не менее, дата знакомства латинских христиан с секретом пороховой смеси устанавливается достаточно точно: 1225–1249 гг., т.к. хранящийся в библиотеке Лейдена арабский манускрипт 1225 г. с рецептами зажигательных смесей еще не содержит упоминаний о селитре, а латинский перевод «Огненной книги» («Liber ignium ad comburendos hostes») Марка Грека 1250 г. уже дает полное описание способа приготовления пороха (табл. 7.2) и описание действия начиненных этой смесью первых прототипов бомб и ракет.

Таблица 7.2

Ранние рецепты пороха

Изобретатель, регион, источник	Примерная датировка, год	Содержание компонентов, % (масс.)			
		селитра	сера	уголь	прочее
Сунь Сы-Мяо	около 682 (изд. 1066 г.)	61,5	30,8	7,7	–
«У-цзинь Цзун-яо»	около 1044 (изд. 1550-х гг.)	42,3	29,6	2,8	25,3
Наджм ад-Дин Хасан ал-Рамма	между 1270 и 1280	75,0	9,03	15,91	–

Изобретатель, регион, источник	Примерная датировка, год	Содержание компонентов, % (масс.)			
		селитра	сера	уголь	прочее
Марк Грек <sup>1</sup>	около 1250	66,6	11,2	22,2	–
Роджер Бэкон	1248	41,2	29,4	29,4	–
Альберт Великий	около 1275	66,6	11,2	22,2	–
Джон Ардерн	около 1350	66,6	11,2	22,2	–
Ротенбург	около 1377	66,6	16,7	16,7	–
Нюрнберг	около 1382	66,6	16,7	16,7	–
Монтобан	около 1400	71,0	12,9	16,1	–
Германия	около 1400	71,0	12,9	16,1	–
Киезер	около 1400	75,0	12,5	12,5	–
Бургундия	около 1413	71,5	21,4	7,1	–
Британия	около 1781	75,0	10,0	15,0	–
Оптимальный состав		74,64	11,85	13,51	–

В 1242 г. францисканский монах, профессор Оксфордского университета Роджер Бэкон (1214–1292 гг.), приводит в своей книге «Liber de Nullitate Magiae» описание одного из составов пороха, в котором одна из составляющих (уголь) была зашифрована анаграммой.

Опровергая предъявленные церковью обвинения, Бэкон пишет свое знаменитое произведение «Epistola de secretis operibus artis et naturae et de nullitate magiae» («Письмо о тайных явлениях в искусстве и природе и о ничтожестве магии», 1267 г.). В одной из глав он пишет: «Вы можете произвести гром и молнию, если возьмете серы, селитры и уголь, смешаете и вложите в какой-нибудь заткнутый (древесный) ствол».

Широкое распространение рецепта приготовления пороха в Европе связано с именем Альберта Великого – графа Альберта фон Больштедта (Albertus Magnus, ок. 1193–1280 гг.). Хорошо образованный философ и богослов, он много путешествовал, а его авторитет способствовал распространению, т.е. переписыванию его книг.

В 1320 г. рецепт «дымного пороха» францисканца Константина Анклитцена (в монашестве Бертольда по прозвищу Чёрный) был официально принят церковью. Воз-

<sup>1</sup> Некоторые источники указывают, что рецепт пороха Марка Грека включал 6 частей селитры и по 2 части серы и угля

врат церкви к этому изобретению имел весьма серьезные основания, поскольку, несмотря на запрет, порох широко применялся во всех европейских армиях.

Местом открытия пороха в Европе был объявлен Фрейбург (Freiburg, Германия), где, вероятнее всего, он уже подпольно производился, что в дальнейшем вызвало путаницу в городских и государственных хрониках. Практически сразу Фрейбург вошел в число ведущих артиллерийских производственно-учебных центров Европы и оставался им на протяжении XIV–XV вв., что может служить косвенным подтверждением гипотезы о более раннем становлении кадровой и производственной базы порохового дела, разрешенного церковью только после 1320 г.

По поводу личности Константина Анклитцена в настоящее время отсутствует единое мнение. Тот факт, что церковь была заинтересована в его изобретении, несоответствие датировок данного события в исторических документах, а также позднейшие фальсификации исторических документов<sup>1</sup>, позволили некоторым исследователям предположить, что Бертольд Шварц являлся фигурой выдуманной, необходимой церкви для «реабилитации» пороха. Даже само имя Berthold Schwartz считается некоторыми исследователями лишь термином, обозначающим порох.

#### 7.1.2. Появление огнестрельной техники

Китайские историки свидетельствуют о том, что первое массовое применение порохового оружия состоялось в 1232 г. при защите Кайфыня (Кай-Фэнг-Фу) во время завоевания Китая войсками монгольского хана Хубилая. К этому же событию относится и первое достоверное описание применения пушек («грома, колеблющего небеса»), выбрасывающих каменные ядра на расстояние до 2000 футов (ок. 600 м).

К этому же периоду относится и первое упоминание о применении пушек в Индии: в стихотворении поэта Хазеда, относящемся к 1200 г., говорится об огневых ма-

---

<sup>1</sup> Например, запись из Гента об изготовлении там Бертольдом Шварцем в 1313 г. «Bussen met kruyt» («пушки с порохом») признана фальсификацией XV в.

шинах, бросающих ядра, свист которых был слышен на расстоянии в 10 косе (около 1400 м). К 1258 г. относится упоминание об огневых приборах на повозках, принадлежащих властителю Дели. Спустя 100 лет артиллерия вошла в Индии во всеобщее употребление, и когда в 1498 г. туда прибыли португальцы, они обнаружили, что жители полуострова Индостан в употреблении огнестрельного оружия находятся на том же уровне, что и они сами.

Полученные от китайцев знания о порохе и его применении арабы очень скоро серьёзно развили. Согласно написанной Конде истории мавров в Испании, огнестрельные приспособления употреблялись при осаде Сарагосы в 1118 г., т.е. более чем за 100 лет до первого упоминания китайского и индийского огнестрельного оружия.

Арабы, а особенно мавры, являвшиеся в XII–XIII вв. наиболее развитым в культурном и техническом отношении народом (в Европе и на Ближнем Востоке), раньше других совершили переход от огнемётного к огнестрельному оружию.

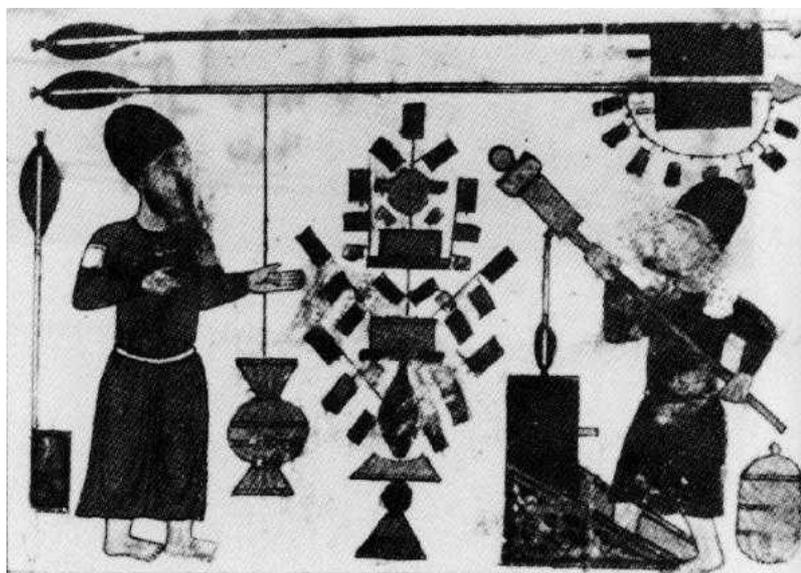


Рис. 7.2. Изображение зажигательных стрел «хитай», ракет, фейерверков и (справа) ручной пушки «мидфа» (из манускрипта «Ал-Махзун джами ал-фунун» неизвестного автора нач. XIV в. Библиотека Восточного института, Санкт-Петербург)

В четырех арабских рукописях содержатся упоминания об использовании маленьких переносных пушек в сражении у Айн-Джалута в 1260 г., очевидно, с целью испугать вражеских лошадей. В наиболее известном из этих трактатов неизвестного автора (приписывается Шамс ад-Дину Мухаммаду ал-Ансари ал-Димашки, ум. 1327 г.) под названием «Ал-Махзун джами ал-фунун» («Сборник сведений по различным отраслям искусства»), написание которого относят к концу XIII или началу XIV вв., содержатся сведения об этом оружии (рис. 7.2). Характерно, что оба эти образца в сочинении именуется модфой (мидфой), подобно тому, как этим же названием именовалось огнемётное оружие. Это с особой убедительностью свидетельствует о преемственности огнестрельного оружия по отношению к огнемётному.

Первый, наиболее простой, примитивный и, несомненно, ранний образец огнестрельного оружия представлял собой короткую деревянную трубку небольшого диаметра, закрепленную на деревянном древке. Зарядом к нему служил порох состава: полторы части серы, двадцать частей селитры и две части древесного угля, а снарядом – «бондок», что означает «орех, шарик, пуля». Другой, уже более усовершенствованный и, очевидно, более поздний образец модфы представлял собой длинную цилиндрическую железную трубку с глухим дном. В эту трубку после засыпки порохового заряда вводилась другая трубка, в которой помещался снаряд – сферическая пуля, или стрела. Заряды воспламенялись с помощью раскаленного прута, для чего в казённой части стволов имелись запальные отверстия.

Первое упоминание об использовании пушек маврами принадлежит Педро, епископу Леона, датируется 1248 г. и относится к 17-месячной осаде Севильи кастильским королем Фердинандом III. Впрочем, это могли быть и пороховые ракеты, подобные использовавшимся в 1250 г. египетскими мамелюками под ал-Мансурой. Более надёжное свидетельство относится к длившейся 9 с половиной месяцев осаде мусульманского

города Низблы кастильским королем Альфонсо X в 1262 г. Защитники использовали машины, изрыгавшие каменные ядра и огонь, что сопровождалось громовыми звуками.

Известно, что в 1331 г. арабы применяли огнестрельное оружие при обороне г. Аликанте, а в 1342 г. – при обороне г. Алжесираса (Альджевира). Отражая атаки испанцев, мавры стреляли из железных орудий «с громом, шумом, большой скоростью и такой разрушительной силой, которая прежде не была известна».

В начале XIV в. знакомство с нею перешло от арабов к испанцам. От испанцев употребление артиллерии перешло к остальным европейским народам. Первые образцы огнестрельной техники, судя по более или менее достоверным данным, в странах Западной Европы появились: в Италии – в 1326 г. (об этом имеется упоминание в одном флорентийском акте за этот год<sup>1</sup>); в Германии – в 1331 г. в сражении при г. Чивидале; во Франции – в 1338 г. орудия применялись при осаде г. Пюи-Гийома. Наконец, в 1346 г. в сражении при Креси в английской армии короля Эдуарда было три или пять «pots-de-fer» – «железных кувшинов», т.е. примитивных пороховых орудий.

Спустя некоторое время появляются артиллерийские мастерские, объединяющие пороховые и литейные заводы: во Франции – 1337 г., Италии – 1345 г., Голландии – 1356 г. В Польшу артиллерия приходит – в 1370 г., в Чехию – в 1373 г., на Русь и в Литву – в 1382 г. и Швецию – в 1395 г.

К 1350 г. огнестрельное оружие распространилось во всех странах Западной, Южной и Центральной Европы. Необходимо отметить, что первые образцы западноевропейского огнестрельного оружия по своей конструкции, размерам и способу действия практически не отличались от арабской модфы. Об этом свидетельствуют древние письменные и вещественные памятники, сохранившиеся до нашего времени (рис. 7.3).

---

<sup>1</sup> Эта дата считается первым бесспорным документальным свидетельством об огнестрельном оружии в Европе. По сообщению хроник, пушки использовались при осаде Метца в 1324 г., однако многие исследователи ставят эти сообщения под сомнение



Рис. 7.3. Изображение ручной пушки – прототипа кулеврины (трактат «Bellifortis» Конрада Кейзера, ок. 1400 г.)

На протяжении первого полувека огнестрельное оружие имело экспериментальный характер и оказывало самое незначительное влияние на ход боевых действий. Самые ранние пушки («*pot-de-fer*» по-французски, «*vasi*» или «*sclopi*» по-итальянски) представляли собой небольшие железные или бронзовые кувшины, выстреливающие арбалетные стрелы и пули из свинца или раскаленного

железа. Главное их воздействие было психологическим: огонь, грохот и вонючий дым пугали лошадей и воинов противника, по реальному убойному воздействию они намного уступали обычным лукам и арбалетам. Однако психологический эффект новизны не мог держаться долго, следствием чего стало почти полное отсутствие упоминаний о легких пушках в 1350-х и 60-х гг. Возможно, это также связано с дефицитом в то время в Европе пороха, поскольку крупномасштабное производство селитры в Европе было освоено только в 1380-х гг.

Отметим, в свою очередь, что появление артиллерии стало возможным только на определённой стадии развития металлургической индустрии. Быстрое совершенствование артиллерийской техники привело к революции уже в металлургическом производстве. Как это происходило, мы рассмотрим далее.

Кстати, высокая интенсивность развития артиллерии подтверждается свидетельствами наиболее известных философов и естествоиспытателей того времени. Например, уже в 1360 г. философ-гуманист Франческо Петрарка писал об артиллерийских орудиях: «Эта ужасно разящая мерзость придумана для великого изведения земли и людей и создана как инструмент, при помощи которого в людей, дома, стены и башни

можно метать огонь, камни, свинцовые и железные ядра... Дьявол стоит за этими изобретениями, и создателем его был плохой человек, злобный по отношению к людям».

## **7.2. Становление и развитие артиллерии**

### **7.2.1. Появление артиллерии на Руси**

По поводу появления огнестрельного оружия в Московской Руси существуют две основные версии. По данным «Голицинской летописи»: «...лета 6879 года (1371 г.) вывезли из немец арматы на Русь огненную стрельбу, от того часу уразумели из них стреляти». По другой версии ручные огнестрельные орудия «смаговницы» были либо заимствованы русскими непосредственно из стран Востока, либо были разработаны отечественными умельцами на базе более древних огнемётных смаговниц на рубеже XIII–XIV вв. То есть подобно тому, и примерно в то же время, как это имело место в странах арабского мира.

Первое упоминание о боевом применении артиллерии на Руси относится к 1382 г. В «Софийском временнике») имеется сообщение, что при обороне Москвы от войск хана Тохтамыша русские применяли огнестрельное оружие «тюфяки, пущаще в них ... а иные великими пушками». В 1400 г. в Москве организуется производство пороха.

К началу XV в. артиллерийские орудия были на вооружении не только в Московском княжестве, но и в других русских княжествах. Так, о наличие огнестрельных орудий в Господине Великом Новгороде упомянуто в летописи 1393 г., а в Тверском княжестве – 1408 г.

В 1408 г. татарский хан Едигей двинулся с многочисленным войском на Москву. Московский князь Василий Дмитриевич решил отсидеться в осаде. Как писал истории Карамзин: «Василий-князь надеялся на крепость стен Московских, на действие своих

пушек... Ноября 30, ввечеру, татары показались, но вдали, опасаясь действия огнестрельных городских орудий».

Наряд на Руси был, в основном, своего собственного изготовления. Основными центрами артиллерийского производства были Москва, Тверь, Новгород, Псков и другие города, располагавшие высоко развитым ремеслом и многочисленными техническими кадрами. Кроме того, артиллерийские орудия в XIV–XV вв. изготавливались в традиционных районах железоделательного и кузнечного ремесла – в Копорье, Ямах, Кореле, Устюжне-Железнопольской.

Развитие артиллерийских орудий на Руси шло в основном теми же путями, что и на западе. Наиболее существенным отличием было отсутствие на Руси бомбард (во всяком случае информация о них у историков отсутствует).

Первые пушки были выкованы из железа, существовало два их вида: короткие – «тюфяки» (предположительно происходит от персидского слова «тупанг» – «труба», по другой версии – переименованное татарское слово «тюфнек» – «ружье») и длинноствольные, называемые «пищали» (буквально слово «пищаль» означает «свирель, дуда»; по другой версии слово пищаль происходит от латинского «pistula» – «труба»).

Тюфяк представлял собой короткую трубу, наглухо заваренную с одной стороны и заряжаемую с дульной части. Характерной конструктивной особенностью тюфяков является то, что их ствол имел короткую, но большого калибра дульную часть и длинную (в два с лишним раза длиннее дульной части), но небольшого диаметра, зарядную камеру. Калибр тюфяков колебался в пределах от 50 до 75 см, длина ствола составляла около метра. Из таких орудий стреляли «дробом» – мелкими камнями, прообразом будущей картечи. Такой способ боя назывался «ежовый бой»; он предназначался для поражения живой силы противника.

Пищальями называли любые длинноствольные орудия от тяжелых ружей до больших осадных пушек. Характерными особенностями конструкций пищалей являлись:

сравнительно длинный ствол с глухим дном, небольшой калибр и общий вес. Длина ствола, судя по большинству устюжна-железнопольских образцов XV в., колебалась в пределах от 1,4 до 1,7 м, калибр – от 30 до 40 мм, вес – от 40 до 50 кг. Конечно, были пищали, вес, калибр и размеры которых выходили из указанных пределов, но они представляли собой исключение.

Часть пищалей заряжалась с казны. Связано это с тем, что в те времена порох представлял собой мякоть, которая при большой длине ствола размазывалась по его стенкам. Для этого была приспособлена отдельная камера заряжания, которая представляла собой подобие кружки. Из пищалей стреляли ядрами. Их делали из обработанных камней, ковали из железа, позднее стали отливать из чугуна.

Однако при использовании любой конструкции вкладной камеры пороховые газы в избытке вырываются из щелей между камерой и стволом, обжигая лицо стрелка, кроме того, при этом ухудшаются баллистические качества снаряда. Поэтому от орудий с вкладной камерой вскоре отказались и перешли к орудиям с затвором.

Ручные огнестрельные орудия делались сварными. Их называли пищалями, ручницами, самопалами, недомерками. При их изготовлении сначала отковывали из крицы «доски» – металлические листы толщиной до 10 мм, шириной 15–20 см и длиной 10–15 см. Затем готовили кромки для продольной и поперечной сварки. Далее доски гнули в трубу на желобчатой наковальне и сваривали продольный шов ствола внахлест. После этого приваривали остальные звенья ствола.

Крупные артиллерийские орудия на Руси изготавливались также из кричного железа с глухой казенной частью, что подтверждается как письменными, так и вещественными памятниками. Стволы орудий делались либо путем сваривания отдельных железных полос, либо путем сворачивания цельнотянутых кусков железа в нагретом состоянии вокруг стержня с последующей проковкой их по шву. Дно к ним делалось путем вбива-

ния в канал ствола конусообразного куска железа в нагретом состоянии. Таким образом, достигалось прочное сваривание дна со стволом.

Первые орудия были без каких бы то ни было приспособлений, облегчавших их наводку в горизонтальной и вертикальной плоскостях. В XV в. часть орудий стала изготавливаться с раструбами, с мушками на дульном срезе и с железным стержнем в нижней части ствола. Такое устройство имели, например, некоторые устюжна-железнопольские пушки и пищали XV в.

Ствол орудия укреплялся для удобства использования в деревянной колоде, представлявшей собой подобие оружейного ложа увеличенных размеров. Его крепление с колодой достигалось с помощью железных обойм, нагоняемых на ствол и колоду в нагретом состоянии, а позднее дополнительно к этому еще с помощью железного стержня.

Для стрельбы такое орудие устанавливалось на особый станок или козлы. Заряд воспламенялся с помощью раскаленного прута. В XV в. в употребление вошёл фитиль. Орудия обслуживали те же мастера, которые их изготавливали. Лучшие и наиболее опытные из них привлекались к управлению нарядом.

Русские ремесленники, владея в совершенстве способом расковки и сварки листового железа, с успехом справлялись с задачами изготовления артиллерийских орудий<sup>1</sup>. В XV в. на Руси выдвинулось немало замечательных пушечных мастеров. Имя одного из них – пушечного мастера Тверской земли Микулы Кречетникова (середина XV в.) – сохранилось до настоящего времени. По искусству изготовления орудий он не только не уступал, но и превосходил лучших западноевропейских пушечных мастеров своего времени. Летописец-современник, говоря о нем, отмечал, что Микула Кречетников «таков... мастер, яко и среди немец не обрести такова». Вместе с тем Микула Кречет-

---

<sup>1</sup> Вскоре на Руси от этой традиции стали отходить, поскольку мастера-оружейники считались слишком ценными. Во время неудачного похода на Казань в 1506 г. один из пушкарей с риском для жизни спас свои пушки, чем вызвал гнев Василия III: *«Ты берег наряд. А не берег себя... Знай же, что люди искусные мне дороже пушек. Я ни во что не ставлю потерю их, лишь бы у меня остались люди, умеющие лить пушки и обходиться с ними...»*

ников был умелым руководителем артиллерии во время военных действий. Он участвовал в военных походах тверской рати, возглавляя огнестрельный наряд.

Благодаря высокому по тому времени уровню развития железоделательного ремесла, а также замечательному мастерству пушечных мастеров огнестрельные орудия Руси XIV–XV вв. хотя и имели грубую внешнюю обработку, отличались высоким качеством поковки металла, большой прочностью, пропорциональностью составных частей. Прочность русских артиллерийских орудий получила в то время всеобщее признание и может быть подтверждена следующим характерным фактом. В 1463 г. при осаде Нового Городка (Нейгаузеп) русские ратники вели стрельбу из одной из осадных пушек зарядом большим, чем было положено. Вследствие этого после одного из выстрелов, как указывает летописец, «колода (под пушкой) вся изломашася и железо около разорвашася, а пушища вся цела» (т. е. колода разломалась, но пушка осталась в сохранности).

Кованые орудия были на вооружении русской армии весь XV в. Их изготавливали калибром 24–110 мм, массой 60–170 кг. Позднее появились литые орудия.

#### 7.2.2. Развитие артиллерии во второй половине XIV–XV вв.

Первые артиллерийские орудия, находившиеся на вооружении городов-крепостей, составляли городскую артиллерию. Затем появились орудия, предназначенные для осады крепостей. На рубеже XIV–XV вв. часть орудий городской артиллерии стала выделяться для участия в полевых боях, что означало зарождение полевой артиллерии.

Разнообразные тактические задачи в силу своей типичности требовали наличия определённых видов артиллерийских орудий. Вследствие этого из существовавшего многообразия образцов артиллерийской техники уже к концу XIV в. выделилось три основных типа орудий, подразделяемых в зависимости от отношения длины орудия к его калибру и от способа ведения ими навесного или настильного огня.

Первый тип включал длинноствольные толстостенные орудия для дальней прицельной стрельбы. Это были «кулеврины», прототипы современных дальнобойных пушек. Их название происходит от французского слова «coulevrin», что означает «змееподобный». В конце XIV в. широкое распространение получили ручные кулеврины-«серпентины» («змейки»), длина которых составляла от 1,2 до 2,4 м при массе 5–30 кг. При стрельбе узкий изогнутый приклад этих орудий брали под мышку. На Руси кулевринам соответствовали вышеупомянутые пищали.

Ко второму типу относились короткоствольные тонкостенные орудия, стреляющие тяжёлыми ядрами на близкое расстояние и имеющие огромную разрушительную силу. Наиболее яркими представителями этого вида являются мортиры (русск. – «можжиры»). Их название происходит от латинского слова «mortarium», что означает «ступа». Эти орудия стреляли с большими углами возвышения в 50–75°, которые придавались стволу при помощи специальных деревянных «подушек», подкладываемых под дульную часть. Особой разновидностью мортир считались «педреро», стрелявшие тяжёлыми каменными ядрами.

Наконец, третий тип представлял собой более короткие, чем кулеврины орудия для стрельбы тяжёлыми снарядами на относительно близкие расстояния. Эти орудия являлись прототипами гаубиц. Их характерным примером является бомбарда. Масса бомбард начала XV в. нередко достигала 14–20 т, они стреляли ядрами массой 300–500 кг. В Московской Руси роль средневековых бомбард-гаубиц выполняли «тюфяки».

Около 1370 г. появились более крупные стенобитные бомбарды из сварных железных полос, стреляющие каменными ядрами. Европейские пушки XIV в. изготавливались из ковкого кричного железа. Для получения орудий малого калибра железные листы сворачивались в трубку и сваривались способом горячейковки или свинцовым припоем. Для повышения прочности стволы скреплялись железными или медными оброчками. Казённую часть изготавливали отдельно.

Крупнокалиберные пушки выковывались из сотен сваренных вместе трапециевидных железных полос. Это делалось, примерно так же, как из составленных вместе деревянных пластин делают винные бочки. Сходство дополнялось ещё и тем, что для повышения прочности ствола пушек на него поверх сваренных полос впритык друг к другу натягивали железные кольца. Орудийные стволы сваривали из отдельных полос способом горячейковки: нагревали и проковывали вместе. К сожалению, о высоком качестве швов говорить не приходилось, поэтому пушки довольно часто разрывались. Дело в том, что при каждом выстреле ствол на какое-то мгновение «раздувается», а затем снова принимает первоначальную форму: вот этого «раздувания» и не выдерживали сварные швы.

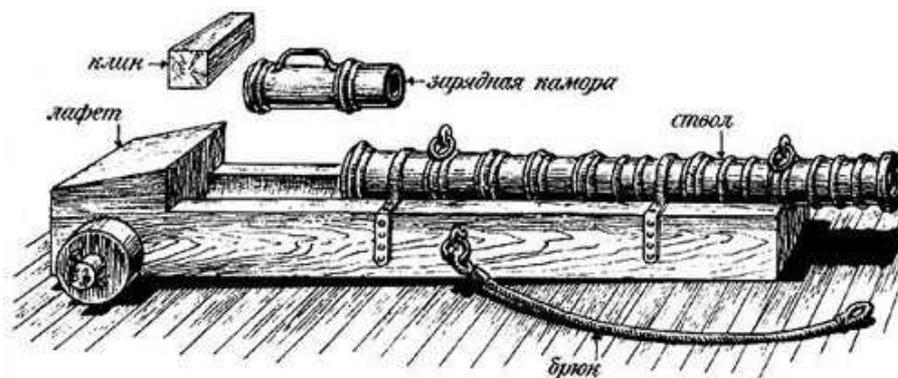


Рис. 7.4. Бомбарда с зарядной камерой



Рис. 7.5. Миниатюра из французского манускрипта «Histoire de Charles Martel», около 1470 г. (Изображены казнозарядные сварные бомбарды на колесных лафетах и рядом с ними сменные пороховые каморы, банник и ядра)

Большинство пушек среднего и крупного калибра XIV–XV вв. были казнозарядными – в задней части ствола имелась выемка, в которую вставляли камору, закрепляемую клином (рис. 7.4). В камору помещали заряд пороха. Такой подход повышал скорострельность – сменные каморы можно было готовить заранее (рис. 7.5).

Однако в то время было невозможно добиться герметичности и долговечности казнозарядных пушек – возникали утечки пороховых газов из казенной части, что снижало мощность выстрела, создавало опасность для персонала и самой пушки. Только к началу XVI в. верх одержали орудия, заряжаемые спереди, с дула – сперва порох, потом деревянная пробка, затем ядро. Такая конструкция была прочнее, надежнее и имела более высокий КПД.

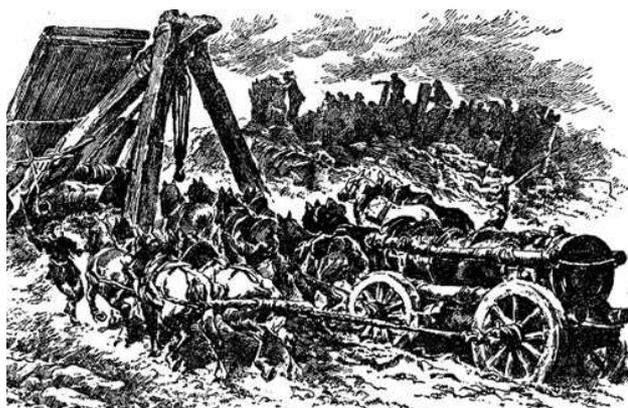


Рис. 7.6. Доставка и установка бомбарды требовалось 44 упряжные лошади (рис. 7.6).

Средняя бомбарда того времени обслуживалась командой 10–20 человек и выстреливала два 100-килограммовых ядра в час (причем далеко не круглосуточно) на 200 м, хотя максимальная дальность могла достигать 1000 м. На перевозку 2,5-тонной пушки и снаряжения к ней

Крупным минусом больших бомбард была очень сильная отдача, вынуждавшая использовать их стационарно с дубовых колод, сзади которых располагалась целая система деревянных упоров. После каждого выстрела её приходилось ремонтировать. Естественно, ни о какой точности и скорострельности не могло быть и речи. Из-за малой практической дальности стрельбы над бомбардами устанавливались специальные щитами для защиты орудийного расчёта.

Пушки в большинстве случаев стреляли с очень большим углом возвышения, как мортиры, – поэтому до введения бомб стрельба ядрами была мало эффективна. Стреляли обыкновенно круглыми каменными ядрами, а пушки малого калибра заряжались иногда кусками железа.

Однако, несмотря на все эти недостатки, пушки употреблялись не только при осаде и обороне городов, но и в открытом поле и на борту военных кораблей. Уже в 1386 г. англичане захватили два французских судна, вооруженных пушками. Эти первые морские орудия просто вставлялись и закреплялись в деревянной колоде, выдолбленной для этой цели, а потому не могли действовать под разными углами возвышения.

XV в. часто называют «веком экспериментов» в пороховом оружии. Пушки стали отливать из чугуна, меди или бронзы. Подвижная казенная часть стала выходить из употребления, всю пушку теперь отливали целиком, что повышало её надёжность по сравнению с пушкой, сваренной из железных полос, хотя железо в то время стоило в 6 раз дешевле бронзы, и сварные железные пушки стоили в 3 раза дешевле бронзовых. Лучшие пушечные литейные заводы были во Франции и в Германии. Наиболее крупные улучшения были произведены французским королем Карлом VIII. Он окончательно отказался от подвижной задней части ствола, стал отливать свои пушки из бронзы, и притом целиком, ввел цапфы и лафеты на колесах и стрелял только чугунными снарядами. Он упростил также калибры и обыкновенно брал в поле более легкие. Самые легкие калибры были достаточно подвижны для того, чтобы передвигаться во время сражения вместе с другими войсками и даже не отставать от кавалерии. Именно этот новый род войск доставил Карлу VIII его удивительные успехи в Италии. Итальянские орудия все еще передвигались при помощи волов, пушки все еще составлялись из нескольких частей, после выбора позиции их все еще надо было устанавливать на срубках; стреляли они каменными ядрами и были, вообще говоря, так неповоротливы, что фран-

цузы в один час делали из своей пушки больше выстрелов, чем итальянцы за целый день.

В 1452 г. во время осады Бордо впервые зафиксировано применение полых заполненных порохом ядер, т.е. разрывных бомб. В 1454 г. в Руане в первый раз упомянут двухколесный орудийный лафет. К 1480 г. скорострельность орудий крупного калибра достигла 30 выстрелов в день; большего нельзя было себе позволить из-за нагревания ствола (после каждых нескольких выстрелов пушку приходилось охлаждать не менее часа).

В течение всего XIV в. и Восток, и Запад были заняты проблемой повышения эффективности использования пороха. Это сопровождалось постоянным увеличением размеров и массы орудий, созданием пушек-монстров. Уже во второй половине XIV в. изготавливались орудия, крупные даже по современным меркам. Зрелищности в этих орудиях было больше, чем эффективности. Например, одна из таких пушек, известная под именем «Ленивая девка», была изготовлена в Дрездене из полос сечением 3×6 см; она имела в длину 2,72 м.

Сохранившаяся до наших дней 3,9-метровая «Марго из Монса» (сделана в 1449 г., в 1457 г. подарена шотландскому королю Якову II) имеет калибр 480 мм и весит 6040 кг. По оценкам современного исследователя Эриха Эгга она могла метать 150-кг ядра на 263 м. Более тяжелое железное ядро металось на 129 м, по утверждениям современников.

Еще крупнее была 5-метровая «Бешеная Грета» (рис. 7.7), выкованная в 1382 г. в бельгийском городе Генте и захваченная в 1452 г. бургундцами в Оденарде – её 5-метровый ствол весил 16,4 т, она метала 340-килограммовые ядра диаметром 640 мм.

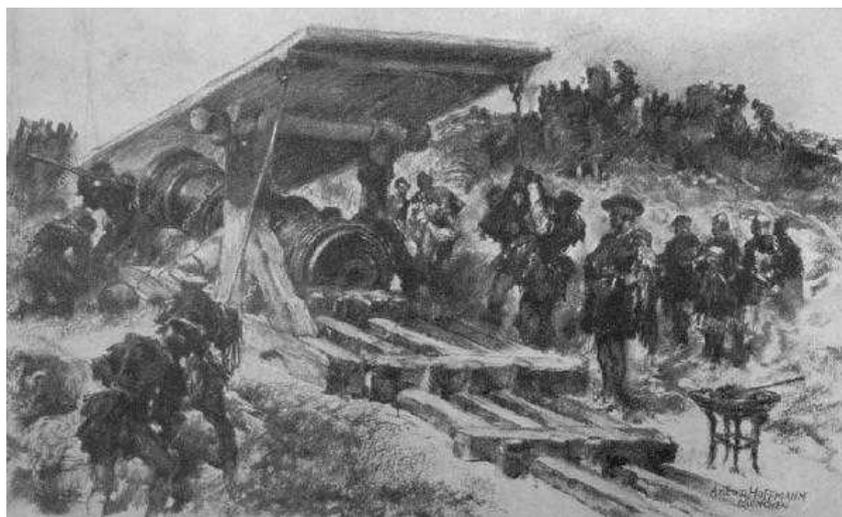


Рис. 7.7. Бешеная Грета за работой

(иллюстрация Антона Хоффмана из *Elbinger Jahrbuch*, Мюнхен, 1924 г.)



Рис. 7.8. 20-тонная турецкая бомбарда (бронза, 1464 г.)

На 12 гигантских бомбард, отлитых из бронзы венгерским ренегатом Урбаном, делал ставку и турецкий султан Мехмед II во время осады Константинополя

в 1453 г. Одна из них, 12-метровая «Базилика», при весе 32 т и диаметре ствола 930 мм выстреливала 910-мм каменные ядра весом 590 кг (для сравнения, кремлевская «Царь-пушка» XVI в. имеет калибр 920 мм). Уже на второй день осады в ней появились трещины. Остальные бомбарды (рис. 7.8) стреляли ядрами весом около 200 кг, еще более 50 орудий использовали 90-килограммовых ядра.

Ни одна отрасль техники до этого не развивалась столь быстрыми темпами как артиллерия в XIV–XV вв. Выдающийся английский общественный деятель, историк, химик, физик Дж. Бернал (1901–1971 гг.), автор получившей мировую известность книги «Наука в истории общества», отмечал, что «употребление пушек в битвах и осадах

вызвало революцию в военном деле, сравнимую разве с той, что произошла в начале железного века, когда появился железный меч».

### 7.2.3. Первые артиллерийские снаряды

Для стрельбы долгое время использовался порох в виде порошкообразной смеси в форме мякоти или комков. Он отличался низкими боевыми качествами и непрактичностью в применении. При перевозке составные элементы пороха (селитра, сера, уголь), вследствие разности удельных весов, легко разъединялись. Кроме того, пороховая мякоть легко поглощала влагу. Следует отметить, что при зарядании с дула, как это делалось в то время, порох прилипал к стенкам ствола. Это приводило к существенным различиям в массе зарядов и создавало опасность для прислуги при выстреле.

В первой половине XIV в. снарядами для артиллерийских орудий служили каменные и свинцовые ядра. Они были хорошо известны с древних времён и широко использовались для стрельбы из метательных машин. С появлением огнестрельной техники они нашли применение для стрельбы из нового вида орудий. Каменные ядра имели вес в основном 2–3 фунта и более, а свинцовые ядра – преимущественно до 2–3 фунтов.

Наиболее крупные ядра, использовавшиеся для стрельбы из бомбард, достигали массы 500–600 кг. Для повышения прочности они скреплялись железными обручами. Вообще подобрать и подготовить ядра, подходящие для использования в орудиях различного калибра, было весьма сложно, поэтому в армиях XIV в. создавались специальные подразделения – «собирателей (припасателей) булыжников». Но даже после специальной обточки ядра подходили под калибр орудий далеко не идеально. Поэтому перед заряданием каменный снаряд обёртывался пропитанными маслом тряпками и уже после этого, с некоторым усилием, проталкивался в канал ствола. Сверху на него помещался пыж. Таким образом, после стрельбы пространство перед орудиями оказывалось засоренным большим количеством грязной материи и ветоши.

Стрельба из орудий типа гаубиц часто производилась дробью (картечью). Дробь была двух видов: в виде массы мелких камней и в виде собственно дроби, представлявшей собой рубленые куски железа («усечки»), свинца и куски металлургических шлаков и окалины.

В конце XIV в. в артиллерии стали широко применяться железные ядра самых разнообразных масс и размеров. Они ковались из цельных криц на специальных наковальнях, после чего выглаживались точилом. Использование железных ядер не только резко увеличило спрос на этот металл, но также заставило металлургов увеличивать размеры агрегатов для получения криц особо крупных размеров. За короткое время масса криц увеличилась с 40–80 кг до 120–200 кг, а высота печей превысила 4–5 м. При этом условия процесса изменились таким образом, что в качестве побочного продукта плавки стал получаться чугун – сплав железа с высоким содержанием углерода. Поэтому можно считать, что переход к новой технологии извлечения железа из руд в домницах или доменных печах в форме высокоуглеродистого продукта явился прямым следствием развития военного дела, а именно – огнестрельного вооружения.

Также в конце XIV в. начинают применяться литые ядра. Материалом для их изготовления послужили высокожелезистые шлаки сыродутных горнов и, главным образом, штюкофенов. Такие ядра, полученные технологией «каменного литья», существенно превосходили обычные каменные не только потому, что имели более правильную форму, но и потому что были значительно тяжелее и, следовательно, обладали большей разрушительной силой.

Необходимо отметить, что от производства кованых ядер быстро перешли к технологии изготовления железных ядер, которые в специальных литейных формах обливались расплавленным свинцом и, таким образом, доводились до шарообразного вида, более подходящего для эффективной стрельбы.

Так был совершён важный шаг к переходу от применения в артиллерии технологийковки к организации пушечно-литейного производства, которое, в свою очередь, вывело на новый уровень металлургию железа.

### **7.3. Пушечно-литейное производство**

На рубеже XIV–XV вв. в артиллерийском деле происходят значительные усовершенствования: появляются орудия, заряжаемые с казённой части, т.е. собственно «пушки» (а также ручные казнозарядные огнестрельные орудия – аркебузы), начинают применяться лёгкие полевые орудия (в технологии производства и применения которых особо преуспели гуситы в 20-х гг. XV в.), но, главное, происходит переход отковки орудий к литейным технологиям.

Успехи в технологии литейного дела, достигнутые к этому времени, и изобретение особого сплава – «пушечной бронзы» (пушечные бронзы содержат от 7 до 11 % (масс.) олова против 20–25 % в бронзах колокольных), обладавшего необходимыми качествами артиллерийского металла, прежде всего прочностью, вязкостью и пластичностью (что особенно важно для эксплуатации при высоких ударных нагрузках), создали необходимые предпосылки для развития пушечно-литейного производства. Следствием этих изменений в литье бронзовых орудий стал быстрый переход большинства стран Европы отковки стволов из железа к отливке их из бронзы.

Бронзовое литье открыло широкие возможности для совершенствования материальной части: для изготовления орудий самой различной формы, массы и размеров, в том числе для создания орудий особо крупных калибров. Открылись возможности создания однотипных орудий.

Отлитые из бронзы пушки даже сейчас способны поразить воображение. Это были уникальные изделия подлинных мастеров своего дела. Например, уже в начале

XV в. для графа Эбергарда Вюртембергского была изготовлена бронзовая пушка, весящая около трех тонн. Упомянутая выше бронзовая пушка, отлитая в Венгрии, стреляла при осаде Константинополя в 1452 г. ядрами весом в 400 кг, причём эти ядра были также изготовлены с помощью литейной технологии из чугуна!

В первой половине XV в. быстро совершенствуется конструкция артиллерийских снарядов, появляются снаряды зажигательные и светящиеся, входят в употребление первые бомбы. Для изготовления светящихся снарядов употреблялся состав из угля, серы, селитры и смолы, смешанных с рубленой паклей. Зажигательные снаряды изготавливались из пороха, покрытого смолой. Бомбы XV в. представляли собой два скреплённые вместе полые металлические полушария, наполненные порохом и острыми кусками металла, снабжённые медленно горевшим фитилём.

### 7.3.1. Самостоятельный род войск

По мере того, как артиллерия приобретала всё более важное значение в структуре вооружённых сил, она из подчинения отдельных военачальников, городов и т.п. переходила в распоряжение государства. В XV в. на развитие артиллерии выделяются огромные средства и в большинстве стран Европы появляются крупные оружейные заводы. К концу столетия орудийное производство окончательно переходит из рук отдельных мастеров в государственные мануфактуры.

В 1470 г. герцог Карл Смелый Бургундский выделяет артиллерию в самостоятельный род войск. Артиллерийские войска комплектуются целиком из горожан, преимущественно ремесленников. В армиях того времени они не имеют национальной окраски. Напротив, власть имущие приглашали оружейных мастеров отовсюду, где могли найти. Так, в Турции служили итальянцы, греки и венгры, в бургундских землях – итальянцы, немцы, в Англии – французы и испанцы.

Аналогичные процессы происходили и в русском государстве.

Появление первых бронзовых орудий в Москве засвидетельствовано в 1393 г. По летописным данным в этом году московский князь Василий I получил в дар от рижского магистра «пушку медяну, зелие и мастера». Спустя 18 лет Великий князь Литовский Витовт подарил московскому князю Василию Дмитриевичу, состоявшему с ним в близком родстве, «две пушки медяны прусские». В то время артиллерийские орудия ценились очень высоко и нередко служили особым дипломатическим подарком, который преподносился в залог заключения военного союза.

Широкая организация пушечно-литейного дела в Московской Руси относится ко времени царствования Ивана III Васильевича (1460–1505 гг.). В его переписке с западными союзниками и московскими посольствами в Италии и Австрии большое внимание уделяется приглашению специалистов-металлургов. В 1478 г. по распоряжению князя Ивана III в Москве строится первое государственное предприятие – «Пушечная изба». Она располагалась у Иверских ворот Китай-города на берегу реки Неглинной. Для организации пушечно-литейного дела в новой мануфактуре из Италии был приглашён выдающийся мастер Аристотель Фиорованти. Это было большой удачей, поскольку знаменитого литейщика и архитектора усиленно звали на службу многие монархи Европы, а также завоеватель Константинополя Магомет II. А. Фиорованти ввёл в производство множество технических новшеств и изобретений того времени. Вскоре вместо одной в том же районе было построено несколько пушечных изб. Их существование отмечают летописи 1500 и 1508 гг.

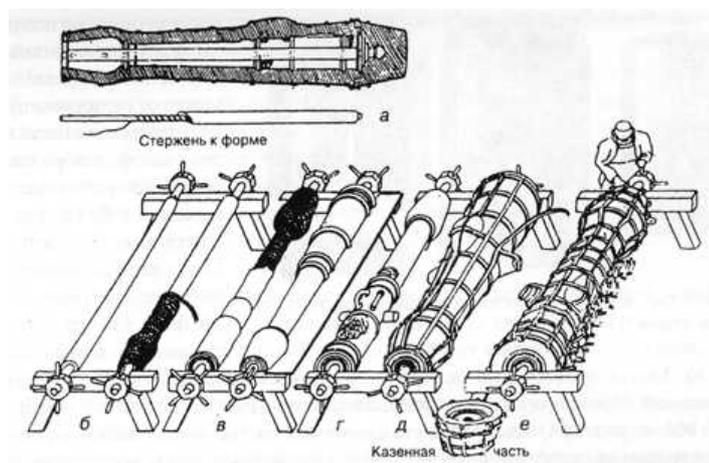
Старейшая из дошедших до наших дней русских литых пушек изготовлена в 1492 г. и находится сейчас в Военно-историческом музее артиллерии С.-Петербурга. Орудие это изготовил русский мастер-литейщик Яков, хотя в это время в Москве работали приглашенные Аристотелем Фиорованти из Италии мастера пушечных дел Павел (Паоло) Дебосис, Петр (Пьетро) и Яков (Джакомо) Фрязины и др. Они вместе с русскими мастерами внедряли опыт производства пушек «по итальянским образцам»,

включавший так называемую «медленную формовку». В основу «медленной формовки пушек», общепринятой в XIV в., был положен древний способ изготовления форм для колоколов по шаблону с горизонтальной осью вращения. Он был описан уже в трактате «Записки о разных искусствах» Теофилом – монахом Бенедектинского ордена, жившим на рубеже XI–XII вв.

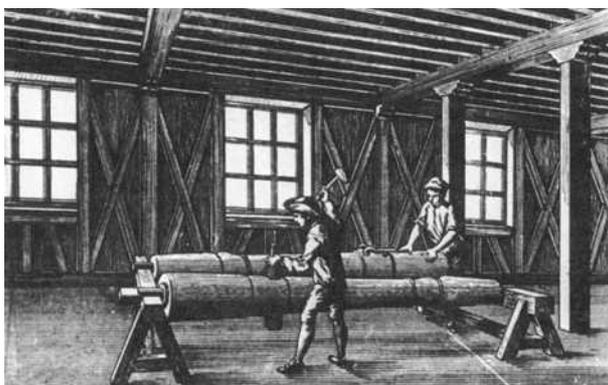
### 7.3.2. «Медленная формовка»

Техника литья к моменту появления огнестрельного оружия получила достаточное развитие, чему способствовало изготовление крупных колоколов. С технологической точки зрения форма пушки представляет собой упрощённую форму колокола. Вследствие этого освоение производства пушек не представляло слишком серьёзных затруднений для колокольных мастеров. Например, такие известные мастера-литейщики, как К. Ганусов, К. Михайлов, А. Чохов, Моторины, отливали и колокола, и пушки. На старинных гравюрах, где показаны литейные мастерские, можно увидеть, одновременно изображение колоколов и пушек.

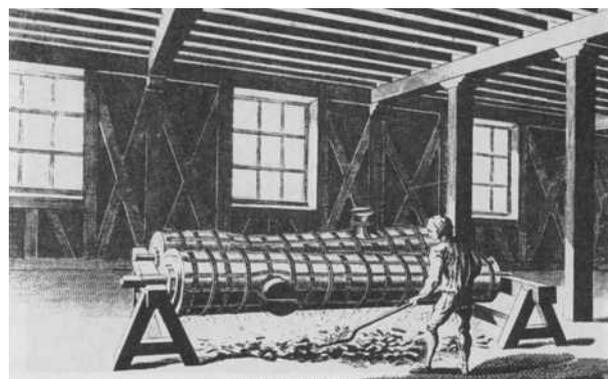
Процесс медленной формовки артиллерийских орудий (рис. 7.9 а) заключался в следующем. В первую очередь готовили глиняную модель корпуса пушки. На деревянный, круглый или гранёный, сердечник наматывали соломенный жгут, повторяя приблизительно наружные очертания ствола орудия, но меньших размеров. Далее формовщик вручную накладывал на модель тонкие слои жирной глины, предварительно просушивая предыдущий слой на воздухе. Излишки глины срезали специальным шаблоном.



*a*



*б*



*в*

Рис. 7.9. Медленная формовка (*a* – пооперационное изготовление литейной формы пушки по способу «медленной формовки»; *б* – закрепление на глиняной модели цапф, ручек и украшений; *в* – сушка и обжиг литейной формы)

На полученную глиняную модель прибавляли деревянные модели цапф, закрепляли модели ручек и украшений, изготовленные из смеси воска, сала и толченого древесного угля в специальных гипсовых формах (рис. 7.9 б).

По готовой модели изготавливали кожух формы. Для этого модель смазывали разделительным составом, состоящим из сала и растительного масла. Затем наносили слои влажной смеси, аналогичной той, которую использовали для формовки модели. Каждый новый слой просушивали на воздухе. Операцию повторяли до тех пор, пока не получали кожух толщиной 175–300 мм (в зависимости от размеров и массы будущей от-

ливки). Сверху на кожух для прочности накладывали железные обручи, затем продольные полосы и снова железные обручи. После этого форму просушивали на козлах, разжигая под ней огонь (рис. 7.9 в).

Высушенную форму снимали и выбивали из модели деревянный сердечник вместе с соломенным жгутом. Форму с оставшейся в ней глиняной моделью ставили вертикально в яму на железные подкладки и разводили огонь внутри ствола, чтобы растопить разделительный слой и выплавить восковые модели ручек и украшений. Глиняная модель при нагреве становилась хрупкой и её легко можно было удалить.

Стержень для формы изготавливали так же, как и модель, с той разницей, что сердечником служил железный прут, вместо соломенного жгута брали пеньковую веревку, а шаблон, по которому вытачивали стержень, имел конфигурацию и размеры внутреннего канала орудия.

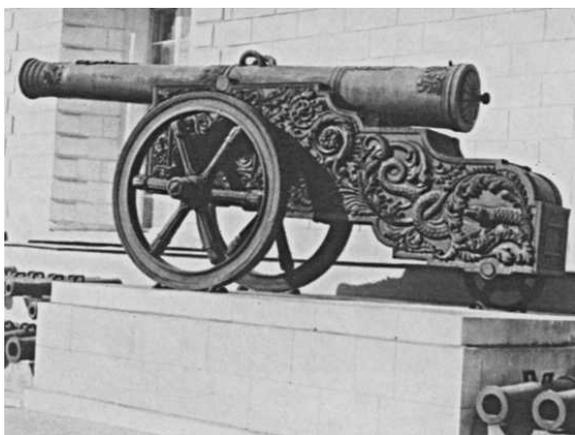
Затем литейную форму собирали: устанавливали внутри стержень, закрепляя его специальными приспособлениями – «жеребейками», и прикрепляли к форме ствола изготовленную отдельно форму для казенной части орудия. Наибольшую трудность представляла центровка стержня: незначительное его отклонение от оси канала ствола приводило к браку и влекло за собой переливку орудия.

Собранную форму ставили вертикально в заливочную яму казенной частью вниз. Пространство вокруг формы заполняли, уплотняя, сухой землей и на форме делали литниковую чашу. Заливку форм производили непосредственно из плавильной печи по каналам в полу литейной.

Особенно значительных успехов достигло пушечно-литейное дело в середине и второй половине XVI в. В этот период бронзовые орудия стали отливать в Пскове, Новгороде, Вологде, Великом Устюге и других русских городах.

До формирования общих требований к орудиям был распространён обычай украшать пушки орнаментами, надписями, отличительными скульптурами, от которых они

часто получали своё название (рис. 7.10.): «Аспид», «Лев», «Барс», «Гамаюн» и т.п. Характерно, что упоминавшаяся выше старейшая из дошедших до наших дней русских литых пушек не имеет цапф и скоб, но её дуло и торец украшены орнаментом.



*а*



*б*

Рис. 7.10. Пищаль «Аспид» (1590 г.) (а) и изображение, давшее ей название (б)

В целом развитие пушечно-литейного дела знаменовало собой коренной переворот в технологии изготовления орудийных стволов. Бронзовое литье орудий упростило и удешевило артиллерийское производство.

На рубеже XV–XVI вв. техника изготовления орудий и ядер к ним резко улучшилась. Успехи литейного дела привели к исчезновению швов. Практически повсеместно в Европе артиллерийские орудия изготавливались из бронзы, а ядра к ним отливались из чугуна.

### 7.3.3. Баллистика – наука позднего Средневековья

Совершенствованию артиллерии и металлургических технологий активно способствовало быстрое развитие баллистики. Около 1480 г. уже был известен квадрант – угольник, установленный на площадке казённой части орудия для наводки, а около 1500 г. появилась буссоль для измерения горизонтальных углов.

Основоположником научной баллистики принято считать итальянского математика Тарталья (Николо Фонтано). Он написал две книги, опубликованные в 1537 и 1546 гг. («Новая наука» и «Разные вопросы и изобретения»), в которых, в частности, впервые употребил термин «артиллерия». Особенно ценным считается изобретенный Тартальей способ определения калибров сферических снарядов по их массе.

Теоретическими расчётами Тартальи воспользовался нюрнбергский механик Гартман, который в 1546 г. создал так называемую «артиллерийскую шкалу». В вещественном виде эта шкала представляла собой медный четырёхгранный брусок, на одной из граней которого были нанесены нюрнбергские меры длины – фут и дюйм, а на других гранях – диаметры чугунных и свинцовых ядер различных масс.

В 50-х гг. XVI в. шкала Гартмана была введена императором Священной Римской Империи Максимилианом II. В соответствии с нововведением артиллерийские орудия стали подразделяться по массе используемых ими ядер на четыре основных вида: 48-фунтовые картауны, 24-фунтовые полукартауны, 12-фунтовые фальки и 6-фунтовые кулеврины. Несмотря на существование множества промежуточных типов, эти были принято считать основными.

Одновременно активно совершенствовалась техника и технология литейного производства. Важным техническим новшеством стало создание калибровочно-измерительных циркулей – кружал. Они впервые упоминаются в документах 1555 г., но применялись, вероятно, и раньше. С помощью кружал проверяли диаметры стволов и ядер, предназначенных для того или иного вида орудия, для того, чтобы зазор между ядром и стволом обеспечивал высокую скорость заряжания и надлежащую силу выстрела.

При отливке чугунных ядер стали применять сложные литейные формы. Итальянец Ваноччо Бирингуччо в своей знаменитой книге «Пиротехния», изданной в 1540 г., очень подробно описывает процесс получения ядер в металлической форме, позволяв-

шей отливать одновременной семь чугунных снарядов. Литейные мастерские, в которых занимались отливкой чугунных ядер, в середине XVI в. были созданы практически во всех крупных городах Европы.

Следующим шагом в развитии артиллерийского и металлургического искусства стало изготовление огнестрельных орудий из чугуна. Однако перед тем, как рассказать об этом важнейшем этапе в металлургии железа, остановимся подробнее на отечественной бронзовой артиллерии. Она этого заслуживает ещё и потому, что признавалась современниками лучшей в Европе во второй половине XVI в.

#### 7.3.4. Русская бронзовая артиллерия XVI в.

Русская школа пушечно-литейного искусства сложилась в результате синтеза более чем двухсотлетних отечественных традиций и передовых итальянских технологий конца XV в. На рубеже XV–XVI вв. русские мастера освоили литейное дело, и приблизительно в 1479 г. в Москве появилась Пушечная изба, у «трех мостов из Флоровских (Спасских) ворот в Китай-город», то есть рядом с Кремлем. Для литья пушек по итальянским образцам был приглашён из Венеции механик, инженер и архитектор Аристотель Фиорованти. Изба просуществовала всего 10 лет. Она сгорела во время большого Московского пожара. К сожалению, не сохранилось не только её изображений, но и сколько-нибудь подробных описаний.

Наиболее впечатляющим произведением литейного искусства мастеров конца XV в. является отлитое в 1488 г. под руководством Павла Дебосиса огромное орудие, получившее название Царь-пушки. Это была первая Царь-пушка Московского государства, послужившая прообразом для второго, всемирно известного орудия, экспонируемого на территории Московского Кремля у восточной стороны собора «Двенадцать апостолов».

Огромное внимание развитию артиллерии придавал сын Ивана III – Василий III (1479–1533 гг.), во время правления которого в состав Московского княжества вошли Псков, Смоленск и Рязань. Артиллерию Великого князя Василия III русские летописцы называли не иначе как «Великим нарядом». С его помощью и был взят Смоленск – одна из мощнейших крепостей того времени. Участник смоленского сражения 1514 г. – наёмник, служивший в литовской армии, сообщает, что Василий III «имел перед крепостью до двух тысяч пищалей, больших и малых, чего никогда ещё ни один человек не слыхивал».

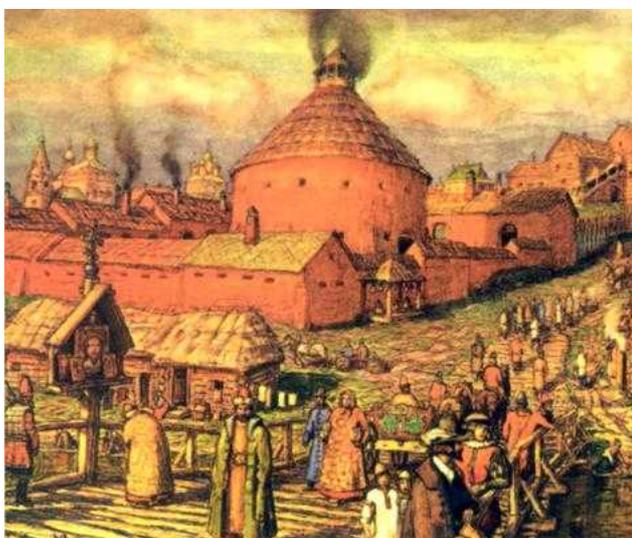


Рис. 7.11. Пушечный двор (картина работы А. Васнецова, 1918 г.)

Быстро развивающееся производство требовало дальнейшего расширения. Поэтому в 20-х гг. XVI в. на реке Неглинной в районе современной Пушечной улицы был построен новый завод – «Пушечный двор» (рис. 7.11). По описанию одного из многочисленных гостей Москвы – де Ерлезунда – *«литейный завод находится в местности, которую называют Поганым болотом,*

*на реке Неглинной, здесь льют много металлических орудий и больших колоколов».*

Согласно плану Москвы 1610 г., на Пушечном дворе располагались два литейных «анбара» (на рис. 7.11 показан только один). Эти здания существенно превосходили высотой соседние постройки. В «анбарах» помещались литейные ямы – «тчаны» и располагались подъёмные блоки – «векши», при помощи которых отливки извлекались из ям.

По оценке специалистов производительность Пушечного двора в первой половине XVI в. составляла около 80–100 пищалей в год, каждая массой до 600 кг в год. Отливка орудий массой свыше тонны была событием не исключительным, но требующим особой подготовки. Кроме изготовления собственно отливки много времени занимали подготовительные операции и чистовая отделка орудий: чистка пилами, снятие напылов, отделка канала ствола, чеканка украшений и надписей. Помимо кузнечных мастеров на Пушечном дворе работали кузнецы, резчики, паяльщики, плотники, изготавливавшие лафеты, чертёжники и другие специалисты. В целом производство орудий было организовано по методу простой кооперации: изделие последовательно проходило обработку в руках каждого мастера.

Неизвестно, сколько мастеров работало на Пушечном дворе при Иване IV. Сохранились лишь данные об их числе в 1637 г.: 12 человек отливали колокола, 20 – паникадила, 42 – пушки. Можно предположить, что число рабочих в нем за время его существования не очень изменилось, поскольку в исторической литературе нет сообщений, что Двор в XVII в. расширяли.



Пушкари-литейщики (рис. 7.12) (литцы, как говорили в то время) числились состоящими на военной службе и находились в подчинении Пушкарского приказа и имели нагрудный знак – алам (от перс. «алам» – знак отличия на одежде) (рис. 7.13). Служба эта была наследственной, известны целые династии мастеров. Жили они в пушкарской слободе, на берегу реки Неглинной, по соседству с кузнецкой слободой.

Основанный Иваном Грозным Пушечный двор был первым и многие годы единственным ар-

Рис. 7.12. Русский пушкарь XVII в.



Рис. 7.13. Алам – нагрудный знак московских пушкарей

тиллерийским заводом России. Его строения в начале XIX в. разобрали и из полученного материала построили мост через Яузу с Солянки на Таганку.

Иван IV Васильевич Грозный энергично поддерживал свою главную государственную мануфактуру на протяжении всего периода своего царствования (1530–1584 гг.). Согласно летописным данным, в Казанском походе 1552 г. русское войско

имело на вооружении свыше 150 стенобитных орудий крупного калибра. Они обстреливали стены Казани ядрами диаметром «в колено человеку».

«Великие пушки» действовали не только под Казанью, но и при взятии Полоцка, удивляя своими размерами опытных и осведомлённых о состоянии артиллерии других стран офицеров и артиллеристов противника. Русская крепостная артиллерия поражала неприятеля не только численностью и мощностью огня, но и дальностью стрельбы.

При Иване Грозном Россия стала занимать одно из ведущих мест по производству огнестрельного оружия в Европе. Иностранцев удивляло количество и качество орудий, которые имело в то время Московское государство, наличие среди них орудий большого калибра, а также оригинальная конструкция некоторых из них.

Посол немецкого императора Сигизмунд Гербенштейн, посетивший Москву в 1517 г., в своих записках отметил поразивший его факт – отливку в Москве чугуновых ядер. Английский путешественник в 1557 г. пишет, что «...Московский царь лично интересуется делами артиллерии и проводит специальные стрельбы. На окраине Москвы зимой были установлены два огромных деревянных сруба. Царю и его свите приготовили особое помещение, откуда они могли наблюдать за действием ядер. Была доставлена артиллерия всех видов - от небольших пушек до самых крупных орудий. Огонь

*вели, начиная с малых калибров. После нескольких залпов оба сруба были полностью разрушены».*

Посол германского императора Максимилиана II докладывал в 1576 г., что Иван Грозный имеет столько орудий, «что, кто не видел его, не поверит описанию». При Иване Грозном Россия имела 2000 орудий: пушек, пищалей, тюфяков, способных вести стрельбу на дистанции до 3 км – прицельную, навесную и «дробом» (картечью). Английский посол Флетчер сообщал в 1588 г. в своем отчете: *«...Ни один из христианских государей не имеет такого хорошего запаса снарядов, как русский царь».*

Пушки стреляли массивными ядрами и применялись чаще всего как стенобитные орудия; пищали и мортиры стреляли меньшими ядрами, причем первые предназначались для прицельной стрельбы, а вторые – для ведения навесного огня по неприятелю, укрывшемуся за стенами крепости. Одновременно они использовались и для действия прицельным огнём.

В ранней отечественной артиллерии термину «мортира» соответствовали «пушки верховые». Происхождение названия этого типа орудий объясняют по разному: одни – от выражения «камения пущающе», другие – от сербского слова «пушка», что означает «ружьё». В связи с тем, что прототипом этих орудий были машины с навесной траекторией снарядов – машины, «камения пущающе» или «пускичи», первая точка зрения представляется наиболее вероятной.

Мортиры получили широкое распространение в русской артиллерии. К сожалению, данные о том, какая была первая русская мортира, кем и когда была создана, отсутствуют. И писать о русских мортирах приходится буквально по обрывочным материалам. Так, например, в крепостной артиллерии Пскова в XVII в. малые мортиры (мозжеры) имели калибр 145–155 гривен, то есть около 250–260 мм, а, к примеру, большая мортира «Ягуп» – 265 гривен, то есть 310 мм.



а



б

Рис. 7.14. Русские мортиры XVI в.: а – 6,5-пудовая мортира работы А. Чохова, 1587 г., б – «мортира Самозванца», 1605 г. (из сборника «Историческое описание одежды и вооружения российских войск», 1899, т. 1)

Наиболее ранняя из сохранившихся мортир (рис. 7.14 а) была отлита в 1587 г. мастером Андреем Чоховым. Калибр мортиры 470 мм, длина ствола 1190 мм, масса – 1265 кг. Мортира стреляла бомбой весом 106 кг. На мортире имеются две надписи: литая «Слита бысть сия пушка при державе Государя Царя Федоре Ивановиче вся Великия Росия, лета 7095, делалъ Ондрей Чоховъ», и врезанная, сделанная, вероятно, позднее – «Можжира весомъ 77 пудъ 10 фун. къ ней ядро весомъ 6 пудъ 20 фун.».

В 1605 г. мастером Проней Федоровым была отлита 534-миллиметровая медная мортира (рис. 7.14 б). Длина ствола 1310 мм, масса – 1913 кг. Надпись на мортире гласит, что она была отлита по повелению царя Дмитрия Ивановича (т.е. Лжедмитрия I – Григория Отрепьева) в первый год его царствования. По этой надписи в историю артиллерии орудие вошло под названием «мортиры Самозванца». В трудные годы, после поражения под Нарвой (1700 г.) Петр Великий приказал перелить многие старые пушки и колокола на новые пушки, но для этой мортиры (как и для первой) было сделано ис-

ключение, о чем на ней была сделана надпись: *«Великий государь по именному своему указу сего мортира переливать не указал».*

Все известные московские мортиры XVI–XVII вв. отлиты заодно с цапфами. Первая известная мортира, отлитая заодно с поддоном, относится к 1704 г.



Рис. 7.15. 6,25- пудовая гафуница (гаубица), 1542 г. (из сборника «Историческое описание одежды и вооружения российских войск», 1899, т. 1)

Наиболее ранний известный образец русской гаубицы (на Руси они назывались гафуницами) (рис. 7.15) отлит в 1542 г. мастером Игнатием. Калибр ее 12 гривен (122 мм), длина ствола 950 мм, вес 110,5 кг. Зарядная камера цилиндрическая. На средней части на имеет надпись: «Іоанъ, Божію милостію Государь всея Росіи, въ лето 7050, делаль Ігнатей».

В XVI в. была отлита гаубица с каналом прямоугольного сечения 182×188 мм. Длина ствола 750 мм, вес 74 кг. Зарядная камера гаубицы сделана в виде четырехгранной усеченной пирамиды. Стрельба из такой гаубицы могла вестись только каменной картечью.

Изготавливали русские «литцы» и многоствольные орудия. В середине XVI в. известность получила «Ермакова пушка», имевшая семь стволов калибром 18 мм.

### 7.3.5. Царь-пушка – выдающийся памятник отечественного литейного искусства

Особого внимания заслуживает уникальное произведение выдающегося литейного мастера Андрея Чохова, ставшее венцом его творчества и до сих пор являющейся одним из символов России.

Точная дата рождения Андрея Чохова (Чехова) неизвестна. Установлено, что литейным делом он начал заниматься в середине 60-х гг. XVI в. под руководством известного пушечных дел мастера Кашпира Ганусова. К. Ганусов (Каспар Ганус) работал на Пушечном дворе с 1550 по 1564 гг. и отлил за это время одиннадцать пушечных стволов, которые известны только по архивным документам.

Впервые имя Чохова было упомянуто в Описной книге Смоленского пушечного наряда за 1670 г. В ней воспроизведена надпись на одной из пищалей наряда: *«Лета 7076 (1568) делал Кашпиров ученик Ондрей Чохов. Весу 43 пуда»*.

На Московском пушечном дворе Чохов проработал более 60 лет (умер, по-видимому, в 1629 г.). Он создал большое количество орудий разных типов и калибров, в том числе уникальные тяжёлые орудия, которые известны по их собственным именам (в Описных книгах Пушкарского приказа различных лет их упоминается более 20), в том числе знаменитые «Царь Ахиллес», «Инрог», «Аспид», «Троил» и др.

Орудия, отлитые Чоховым, отличались удивительной долговечностью, некоторые из них применялись даже в Северной войне 1700–1721 гг. Следует помнить о том, что во времена Чохова каждое четвёртое орудие на выдерживало первого же выстрела и отправлялось на переплавку. Пётр I распорядился вечно хранить орудия А. Чохова как достопримечательность. Сохранилось 12 орудий, отлитых мастером.



Рис. 7.16. Изображение на Царь-пушке, давшее

ей имя

писца», отмечая отливку как событие чрезвычайной важности, писал: «...повелением государя царя и великого князя Фёдора Иоанновича всея Руси слита пушка большая, такова в Руси и иных землях не бывала, а имя ей Царь».

Гигантское орудие весом в 2400 пудов (39312 кг) было отлито в 1586 г. на московском Пушечном дворе. Длина Царь-пушки – 5345 мм, внешний диаметр ствола – 1210 мм, а диаметр утолщения у дула – 1350 мм.



Рис. 7.17. Индийская пушка Малик-и-Майдан,

1584 (1551) г.

Венцом творчества Андрея Чохова является «Царь-пушка» – один из самых известных музейных экспонатов Московского Кремля наших дней. Название орудию дало литое изображение царя Фёдора Иоанновича (рис. 7.16), в годы правления которого она была отлита. Автор так называемого «Пискарьевского летописца»,

Справедливости ради следует заметить, что в это время уже существовала более крупная бронзовая пушка массой 57 т (рис. 7.17), отлитая в г. Ахмендагаре (Индия) в 1584 г. (по другим сведениям – в 1551 г.). Сейчас она стоит на стене крепости

г. Бирджапура, близ знаменитого мавзолея Гол-Гумбаз. Её привезли сюда как военный трофей в XVI в., и потребовалось четыреста буйволов, десять слонов и целый батальон, чтобы втащить ее по ступеням на бастион. Название этого орудия – «Малик-и-Майдан»

(буквально – «Повелитель равнин», другой вариант – «Хозяин поля боя»), длина ствола 4,5 м, диаметр 1,2 м, калибр 780 мм. Индейцы в XVI в. вообще далеко продвинулись в технологии изготовления крупных отливок. Известно, что в конце века в Агре было отлито орудие массой свыше 60 т, однако о боевых качествах свидетельств не сохранилось.



Рис. 7.18. Царь-пушка (из сборника «Историческое описание одежды и вооружения российских войск», 1899, т. 1)

Рассмотрим подробнее конструкцию Царь-пушки (рис. 7.18). Наружный диаметр орудия постоянен (за исключением узорного пояса у дула). Вся поверхность ствола украшена литыми фигурными фризами, орнаментальными поясам и надписями. Дульный и казённый обрезы ствола имеют высокие, выступающие над поверхностью пояса с фигурными пятилепестковыми розами. Центральная часть ствола разделена выпуклыми орнаментальными и плоскими рельефными фризами. По бокам ствола расположено восемь литых скоб, предназначенных для укрепления канатов при перемещении пушки. На казённой части орудия перед последним, задним широким поясом в стволе имеется затравочное отверстие.

На верхней части ствола отлиты две надписи: справа – *«Повелением благоверного и христоролюбивого царя и великого князя Фёдора Ивановича государя самодержца всея великия Россия при его благочестивой и христоролюбивой царице великой княгине Ирине»*

и с левой стороны – *«Слита бысть сия пушка в преименитом царствующем граде Москве лета 7094, в третье лето государства его. Делал пушку пушечный литец Ондрей Чохов».*

Отливка Царь-пушки была сложнейшей технологической операцией. Традиционная форма особо крупных орудий того времени, в том числе изготовленных А. Чоховым, характеризуется ступенчатым внешним контуром, повторяющим внутреннюю форму ствола. Это существенно облегчает изготовление формы и позволяет уменьшить разность толщин стенок ствола и казённой части.

По-видимому, впервые нарушил эту традицию К. Ганусов – учитель А. Чохова – при отливке орудия крупного калибра, известного как «Кашпирова пушка» (1554 г.). Стремясь сделать казённую часть её более прочной (чтобы толстые стенки камеры могли выдержать давление пороховых газов при выстреле 20-пудового ядра) он выполнил ствол пушки с постоянным наружным диаметром. Аналогичная конструкция и у Царь-пушки. Средняя толщина стенки её ствола в дульной части – около 15 см, пороховой камеры – 38 см, стенка торели имеет толщину 42 см. При такой разнице толщин стенок в принятом положении формы при заливке (казённой частью вниз) существует большая вероятность появления внутренних дефектов усадочного происхождения в массивных частях отливки. Чтобы избежать этого современный мастер перевернул бы форму казённой частью вверх и на задней стенке отливки предусмотрел бы прибыль для ликвидации возможных усадочных дефектов. Однако при этом возникли бы дополнительные трудности при формовке и сборке такой крупной формы, ухудшились условия удаления газов из стержня во время заливки формы и затвердевания отливки. Кроме того, от орудия пришлось бы отрезать прибыль диаметром почти 1,5 м.

Чохову удалось решить сложную технологическую задачу и современные специалисты не смогли обнаружить на Царь-пушке дефектов, которые могли бы существенно снизить прочность металла.

Царь-пушка имеет сложную конструкцию канала ствола (7.19). На расстоянии 3190 мм он имеет вид конуса, начальный диаметр которого 900 мм, а конечный – 825 мм. Затем идет зарядная камера с обратной конусностью – с начальным диаметром 447 мм и конечным (у казенной части) 467 мм. Длина камеры – 1730 мм, а дно плоское.

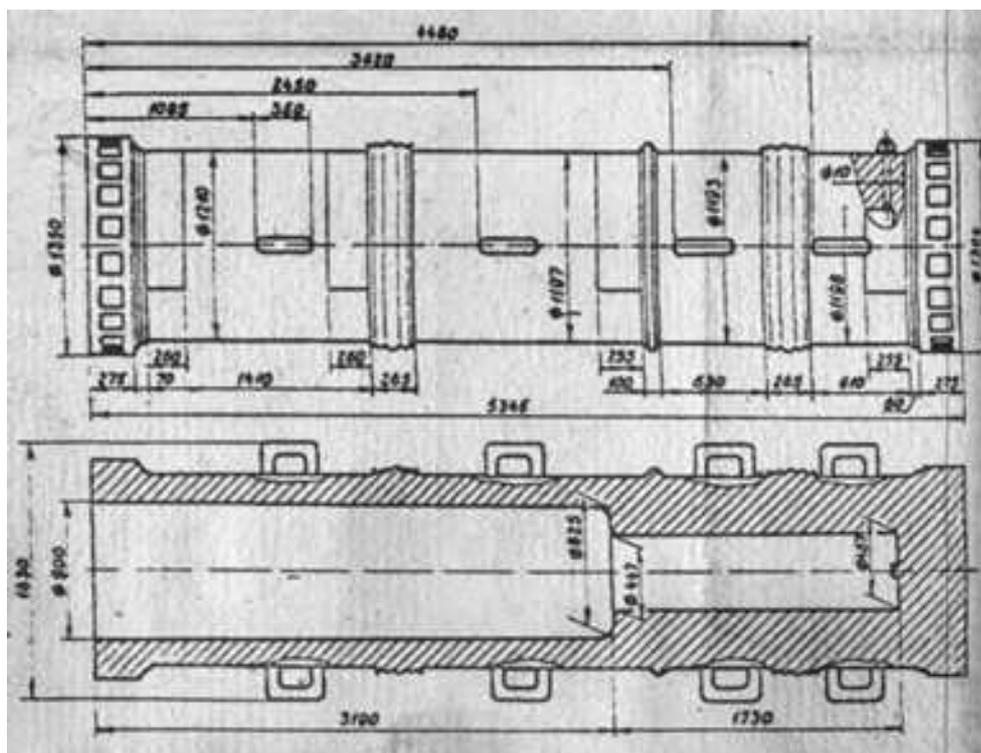


Рис. 7.19. Конструкция царь-пушки (разрез)

Заслуживает внимания то, что тело этого орудия не имеет важнейших элементов, присущих орудийным стволам того времени. Во-первых, у Царь-пушки нет цапф (в терминологии того времени – вертлюг) для придания орудью углов возвышения. И вторая особенность – отсутствие на казенном срезе-торели винграда. Винград, представлявший собой специальный прилив на казенной части орудия, и дельфины – скобы для пропуска через них каната или цепи – были необходимы для подъема или опускания пушечных стволов на лафеты и снятия их с лафетов.

Как и любое исключительное явление, Царь-пушка окутана ореолом заблуждений и легенд. Они кроются даже в названии орудия. Как уже было отмечено, «Царь» – это

имя пушки, а вовсе не дань её размерам. Да и пушкой она стала официально<sup>1</sup> называться лишь в 30-е гг. XX в. До этого официально она именовалась Дробовиком Российским.

Весьма спорным является вопрос об отнесении Царь-пушки к тому или иному виду артиллерийских орудий и, как следствие, о её назначении. Пожалуй, из существующих видов, её не относили только к пищалям. Постараемся внести ясность в этот вопрос (не рассматривая версию о том, что Царь-пушка изготавливалась как «психологическое» оружие).

Во-первых, слово «пушка» в её названии имеет общее значение – «артиллерийское орудие». Пушка же с точки зрения артиллерийской науки подразумевает, что длина ствола орудия в несколько десятков раз превосходит его калибр, а зарядание, как правило, производится с казённой части.

По одной из версий Царь-пушка является мортирой. Эта версия основана на соотношении калибра и длины, а также особенностях конструкции ствола, описанных выше. В самом деле, внутренне устройство ствола сходно с таковым у мортир, однако эта версия представляется маловероятной, поскольку внешнее оформление ствола совершенно не характерно для мортир. Как было отмечено выше, все русские мортиры отливались заодно с цапфами, чего у Царь-пушки не наблюдается. Кроме того, соотношение длины и калибра всё-таки больше, чем принятое у мортир того времени.

Другая версия основана на том, что с XVIII по XX вв. Царь-пушка именовалась во всех документах дробовиком, т.е. орудием, предназначенным для поражения живой силы противника мелкими камнями – дробом. Однако в качестве дробовика Царь-пушка крайне неэффективна. Учитывая, что время её зарядки составляет около суток, вряд ли

---

<sup>1</sup> В народе она называлась Царь-пушкой и ранее. В «Историческом описании одежды и вооружения российских войск», 1899, т. 1 о ней написано: «Дробовикъ сей, огромнейшее изъ всехъ Артиллерійскихъ орудій, поныне известныхъ, получилъ въ народе прозвание Царь-Пушки, вероятно по своей необыкновенной величине, а можетъ быть и по находящемуся на дульной его части изображенію Царя Феодора Иоанновича»

она успела бы сделать более одного выстрела. А по стоимости затрат из неё можно было изготовить 20 малых дробовиков, на зарядание которых требуется несколько минут.

По поводу того, почему Царь-пушка была записана в дробовики, существует следующая версия. Дело в том, что в России все старые орудия, находившиеся в крепостях, за исключением мортир, со временем автоматически переводились в дробовики, то есть в случае осады крепости они должны были стрелять дробью (каменной), а позже – чугунной картечью по пехоте, идущей на штурм. Использовать старые орудия для стрельбы ядрами или бомбами было нецелесообразно: во-первых, существовала угроза разрушения ствола древнего орудия, а во-вторых, у новых пушек баллистические данные были значительно лучше. Так Царь-пушка была записана в дробовики. В конце XIX – начале XX вв. о порядках в гладкоствольной крепостной артиллерии военные забыли, а гражданские историки вообще не знали и по названию «дробовик» решили, что Царь-пушка должна была использоваться исключительно в качестве противостурмового орудия при обороне одного из мостов через Москву-реку.

Согласно этой же версии, Царь-пушка является бомбардой. Единственной разницей является то, что, как уже было сказано, обычно казённая часть бомбард не составляла единого целого со стволом, а ввинчивалась после зарядания. В пользу этой версии говорит и то, что по конструкции (за исключением постоянного внешнего диаметра) Царь-пушка сходна с представленной на рис. 7.15 гафуницей, т.е. гаубицей – прямым потомком бомбард.

Отсутствие исторических свидетельств о боевом применении и испытаниях Царь-пушки породило легенду о никогда не стрелявшем орудии. Точку в этом вопросе поставили в 1980 г. специалисты Военной академии РВСН им. Петра Великого (в то время Военной академии им. Дзержинского). В ходе исследований, проводимых в рамках реставрационных работ, они установили по ряду признаков, в том числе и по наличию частиц сгоревшего пороха, что орудие стреляло, как минимум, один раз.

В заключение отметим, что Андрей Чохов был не только выдающимся мастером своего дела, но и прекрасным учителем. Под его руководством прошли школу литейного искусства: Проня Фёдоров, Микита Провоторов, Дружина Романов, Богдан Молчанов, Игнат Максимов и другие известные мастера.

Благодаря усилиям отечественных мастеров и в связи с учреждением Бронного и Пушечного приказов в 70-х гг. XVI в. Москва стала организационным центром оружейного производства на территории страны. Московский Пушечный двор в этот период безусловно являлся лидером бронзолитейного артиллерийского производства в Европе. Что же касается центра чугунолитейного производства, то им во второй половине XVI в. стала Англия.

#### **7.4. Чугун – главный металл цивилизации**

##### **7.4.1. Роль Англии в развитии Европы в XVI в.**

В политическом отношении первая половина XVI в. характеризуется как время испанского преобладания в Западной Европе. Могущество Испании в значительной степени базировалось на золотых ресурсах открытого Колумбом в 1492 г. Нового Света и на богатстве испанских Нидерландов – наиболее развитого в промышленном отношении региона Старого Света того времени. В течение всего XVI в. испанские короли династии Габсбургов практически постоянно избирались императорами «Священной Римской Империи». Таким образом, мощь светской власти подкреплялась взаимовыгодным союзом с духовным главой католического мира.

Противниками Испании в рассматриваемый период были Французское королевство и начинавшая набирать силу германская церковная реформация. Главной же силой, которая к концу XVI в. полностью изменила политическую обстановку в Западной Европе, стала английская индустрия. XVI в. многие европейские историки называют

эпохой «малой промышленной революции», имея в виду, прежде всего Англию и добившуюся независимости от Испании в 1580 г. Нидерландскую республику.

Экономическому развитию Англии XVI в. в значительной степени способствовало то обстоятельство, что в результате великих географических открытий она оказалась в центре новых мировых торговых путей. Однако решающее значение всё же имели явления, происходившие во внутренней жизни страны. Англия существенным образом отличалась от других европейских государств высокой интенсивностью первоначального накопления капитала, сопровождавшейся ускоренным развитием промышленного производства и дифференциацией отраслей индустрии. Тому были известные объективные и субъективные причины.

Почти тридцатилетняя война Алой и Белой роз (Ланкастеров и Йорков) завершилась приходом к власти в 1485 г. Генриха VII, основавшего новую королевскую династию Тюдоров. Генрих VII известен крайне осторожной внутренней политикой, опиравшейся на широкие круги среднего феодального дворянства и «новую знать» – буржуазию. В области внешней политики английское правительство Генриха VII всеми силами стремилось избегать участия в войнах и старательно проводило политику «равновесия сил» между Францией и Испанией.

Воцарение новой династии и укрепление монархии создали предпосылки для окончательной консолидации страны и завершения оформления национального государства и языка. Формирование национальной английской культуры осуществлялось на фоне интенсивного интеллектуального обмена со странами Европы, благодаря которому в Англии XVI в. широко распространились гуманистические идеи и ренессансный стиль жизни.



Рис. 7.20. Король Англии Генрих VIII (ок. 1537 г., Ганс Гольбейн мл.)

Англия начала свой подъем над европейскими странами в период правления Генриха VIII. Генрих VIII Тюдор (рис. 7.20) родился в 1491 г. и был английским королём с 1509 по 1547 гг. Современными историками он признаётся первым абсолютным монархом и первым в английской истории «ренессансным государем». Король получил великолепное образование, был книжником и полиглотом, что ставило его в один ряд с лучшими учеными, в общении с которыми он проводил немало времени.

В первой четверти XVI в. внутренние позиции новой династии существенным образом укрепились, и основной политической задачей Англии стало утверждение её в статусе великой европейской державы, поэтому все средства Генрих VIII бросил на демонстрацию своего могущества и превращение английского двора в самый пышный в Европе. Он развернул бурную строительную деятельность. К концу своего царствования английский король располагал 55 резиденциями, среди которых выделялись Уайтхолл, Ричмонд, Гринвич, Хемптон-Корт, Вудсток, Виндзор, Нансач, Сент-Джеймс. Уайтхолл был самым большим дворцовым комплексом Европы, включавшим залы, часовни, апартаменты короля, личные покои для более чем 800 придворных, а также площадку для ристаний и теннисные корты. Ему не уступал раскинувшийся на живописном берегу Темзы Гринвич, который, по признанию французов, превосходил по масштабам и богатству декорации Фонтенбло. Нансач в графстве Серри строился с единственной целью – затмить новый замок французского короля Шамбор.

Во второй половине 20-х гг. во внешней политике Англии произошел резкий поворот в сторону сближения с Францией, что было возможно только при условии разрыва с Испанией и вообще с Габсбургами. Все это неизбежно должно было повлечь за собой и отказ от подчинения папе римскому в церковном отношении. Поводом для разрыва с Габсбургами и папой римским послужило дело о разводе Генриха VIII с Екатериной Арагонской. Этот брак был сугубо династическим. Ранее Генрих VII организовал в политических целях брак своего старшего сына Артура с дочерью испанского короля Фердинанда. После смерти Артура его место вынужден был занять младший брат Генрих. В 1519 г. племянник Екатерины Арагонской испанский король Карл V был избран императором Священной Римской империи. Тем не менее, правительство Генриха VIII решительно приступило к оформлению развода короля с Екатериной Арагонской. Вскоре стало ясно, что эта политика диктуется не столько желанием порвать отношения с Испанией, сколько стремлением английского короля выйти из под власти папы, который упорно отказывался утвердить развод.

Разрыв с Римом был выгоден королю, прежде всего по чисто финансовым соображениям. Кроме того, папские вымогательства тяжелым бременем ложились на народ, и это делало разрыв с Римом достаточно популярным.

Заседавший с 1529 по 1536 гг. парламент принял ряд актов, в результате чего король был объявлен главой английской церкви («Акт о верховенстве», 1534 г.), и все сношения Англии с Римом были прерваны. Став главой английской церкви, король получил право определять вероучение. Церковь же с этого времени превратилась в часть государственного аппарата, а все её имущество стало имуществом короля. Реформированная церковь с тех пор называется англиканской.

Практические выводы из реформации были сделаны в 1535 г., когда началась оценка монастырских имуществ так называемыми визитационными комиссиями. В 1539 г. монастыри, а их было почти 3 тысячи, перестали существовать. Секуляризация

их земель обогатила короля, в руки которого попало колоссальное богатство. Секуляризованные монастырские земли составили четверть всех обрабатываемых земель в Англии. Последовавшая вскоре продажа бывших монастырских земель представителям «новой светской знати» дала королю дополнительные средства и окончательно утвердила его власть внутри страны.

Полученные средства были направлены, главным образом, на реорганизацию вооружённых сил государства и строительство флота.<sup>1</sup> Особое внимание было уделено новым технологиям в области огнестрельного вооружения. В виду неизбежного военного конфликта с Испанией по другому поступить было просто невозможно. В итоге последствия военных программ Генриха VIII оказались чрезвычайно важными для развития техники и, прежде всего, металлургии и судостроения. Отметим, что Реформация «сверху» была политическим шагом, существенно опередившим время и оказавшим определяющее влияние на развитие английского общества во всех областях.

В сфере культуры Реформация имела ряд важных последствий. Она подорвала влияние католической церкви и ее позиции как основного средневекового патрона искусств и архитектуры. Это сказалось на характере английской культуры, которая во второй половине XVI в. приобрела отчетливо светский облик. Реформация оказала большое влияние на развитие английской политической мысли. Она стимулировала дискуссии о природе светских и церковных законов, о государстве, правах подданных, тираноборчестве. Результатом Реформации стал подъем национальных чувств, связанных с обретением независимости от Рима, к которой Англия стремилась с XIV в. Национальный характер церкви подчеркивался тем, что служба отныне велась на английском языке.

---

<sup>1</sup> При Генрихе VIII в Англии началось строительство больших военных кораблей – «каракк» – водоизмещением свыше 1000 т. Характерным примером каракки является спущенный на воду в июне 1514 г. в Волвиче «Генри Грейс е'Дью» («Король Генрих милостью божьей»). На вооружении судна состояли 184 орудия, из них 43 – крупного калибра. Экипаж составляли 350 матросов и столько же солдат.

Генрих VIII одним из первых осознал возможности изобразительного искусства в сфере визуальной пропаганды. Он рассылал многочисленные копии своих портретов придворным, городам и университетам; изображение короля украшало грамоты, патенты, печатные Библии. Именно в результате деятельности Генриха VIII государство и составляющую его нацию стали отождествлять с представляющим страну «абсолютным монархом», что дало название последующей 200-летней исторической эпохе.

#### 7.4.2. Военные программы и развитие металлургии

Итак, одной из важнейших «военных программ» Генриха VIII было развитие артиллерии, а одной из составных частей этой программы – повышение качества и удешевление производства артиллерийских орудий. В 1541 г. перед королевскими литейщиками была поставлена конкретная задача: разработка технологии отливки пушечных стволов из чугуна. Кстати, спустя немногим более 300 лет аналогичная задача, но уже в отношении стального литья была поставлена французским императором Наполеоном III перед выдающимся изобретателем Генри Бессемером. В 50-е гг. XIX в. это привело к революции в сталеплавильном производстве, в 40-е гг. XVI в. была совершена революция чугунного литья.

Как попутный продукт процесса плавки железной руды в «высоких горнах» – штюкофенах – чугун стали получать, по-видимому, в XII–XIII вв. Активное применение литья металлургических шлаков для производства артиллерийских снарядов привело к быстрому раскрытию литейных свойств чугуна, который сначала собственно и принимали за тяжёлый шлак. Однако овладеть технологией изготовления сложных отливок из нового металла было чрезвычайно сложно. Отметим, что для изобретения «пушечной бронзы» из сплавов, с которыми цивилизация была знакома 5 тысячелетий, потребовалось почти 100 лет! Что уж тут говорить о совершенно новом металле, состав

и свойства которого, к тому же, существенным образом зависят от состава исходной руды и технологии плавки.

Тем не менее, попытки отливки орудий из чугуна предпринимались уже во второй половине XIV в. Известно, например, что чугунные орудия были отлиты в 1370 г. в Тюрингии и спустя 10 лет во Фрайберге. Однако успешными эти опыты не стали. Долгое время чугунные стволы разрывались после первого же выстрела. Это было следствием многих причин: пороков отлитого металла, неправильного режима отливки, изменений литейной формы. Мастера, привыкшие к работе с бронзой, не могли их устранить. Тем не менее, в те годы было введено суровое, но мудрое правило: первый выстрел из орудия делает изготовивший его мастер. Это служило некоторой гарантией безопасности для орудийной прислуги. Понятно, что при таком условии мастера-литейщики очень осторожно подходили к выбору нового материала для орудий. Поэтому сначала чугун при изготовлении пушек нашёл лишь частичное применение – в XV в. из него изредка отливали только казённую часть орудия.

Значительное более успешным стало применение чугуна для литья артиллерийских снарядов. К концу XV в. было освоено производство чугунных ядер всех видов (в том числе полых – для бомб) и размеров.

Потребность в чугунных ядрах непрерывно возрастала: особенно широко они использовались при осадах крепостей, когда потребность в снарядах исчислялась тысячами единиц. К началу XVI в. во всех городах Европы были созданы цейхгаузы с вагранками для отливки чугунных ядер, а многие домницы (особенно это характерно для итальянских государств) стали работать только на производство снарядов и «штыкового» товарного чугуна для военного потребления.

Возможно, первые цельночугунные орудия были изготовлены в 1445 г. в германском городе Зигене. Есть сведения о том, что их было 30 штук, и вместе они весили около 7500 кг. Т.е. речь идёт о небольших (по меркам эпохи) ручных орудиях массой

около 250 кг каждое. В это же время уже отливались осадные орудия из бронзы массой свыше 10 т.

Таким образом, вплоть до эпохи Генриха VIII проблема разработки чугунного пушечного литья оставалась неразрешимой. К успеху могла привести только обширная оборонная программа. Её руководителем стал мастер-литейщик Питер Боуде<sup>1</sup> (Пьер Боде), приглашённый Генрихом VIII из Франции. В результате напряжённых двухлетних экспериментов в королевской литейной мастерской в городе Бакстеде графства Суссекс удалось получить цельночугунное орудие полностью удовлетворяющее требованиям артиллерийской техники.

Разработанная технология оказалась настолько успешной, что в 1546 г. только в королевском арсенале в Тауэре находилось уже 351 чугунное орудие. Артиллерия Генриха VIII поражала его современников. Незадолго до смерти короля посланник Венеции в Англии писал: «Король Генрих располагает таким арсеналом, что может победить ад». Оригинальным образом своё восхищение военными успехами Генриха VIII выразили французы. Генрих VIII был изображён на игральных картах XVI в., выпущенных во Франции (колоду которых принято считать классическим образцом и сейчас), в виде червонного короля. У Генриха очень достойная компания, поскольку в виде других королей изображены: пиковой масти – Александр Македонский, трефовой масти – Гай Юлий Цезарь, бубновой масти – Карл Великий.

Вскоре в Англии, а затем в Швеции, началось изготовление тяжёлых корабельных пушек из чугуна, который был намного дешевле бронзы. Таким образом, во второй половине XVI в. сложилась традиция изготовления орудийных стволов, просуществовавшая до середины XIX в.: орудия для крепостной, осадной и корабельной артиллерии стали изготавливать из чугуна, а лёгкие полевые орудия отливать из бронзы.

---

<sup>1</sup> Питер Боуде дослужился до должности «генерального эксперта вооружений» Генриха VIII и оставался в ней до 1558 г. Умер в 1560 г.

Таким образом, благодаря реализации одной из наиболее масштабных военных программ позднего Средневековья Европа вступила в эпоху нового металла – чугуна.

В заключение упомянем о применении чугуна в российской артиллерии. Как уже говорилось, в начале XVI в. на Руси имелось собственное производство чугунных ядер, засвидетельствованное послом германского императора в Москве Герберштейном. В «Записках о московитских делах» Герберштейн писал, что в Москве «льют также железные (чугунные) ядра, какими пользуются и наши государи». Кроме Москвы, в XVI в. чугунные ядра отливались в Пскове. Позднее (в конце XVI в.) их производством занимались в Туле, Кашире, Серпухове и других городах.

Конкретных данных о применении чугуна для изготовления орудий источники не дают. Но из этого не следует, что чугун не использовался как артиллерийский металл. Имеются косвенные данные, позволяющие считать, что чугун при Иване IV применялся в промышленном производстве и, в частности, для отливки колоколов. Известно, например, что Иван IV послал «в Досифееву пустыню чугунный колокол». Кроме того, в описи наряда пограничных городов встречаются чугунные орудия. В Юрьеве, например, в 1588 г. находилось 5 чугунных пищалей, а в Лаюсе – «4 фальконета, отлиты из чугуна».

Литьё чугунных колоколов и орудий, по-видимому, производилось в Москве, Туле и Кашире. Достоверно известно, что чугунолитейные мастерские имелись в Юрьеве. Предпринимались попытки отливки из чугуна орудий больших размеров. Из описных книг следует, что в 1554–1555 гг. в Москве были отлиты чугунные пушки массой 1020 и 1200 пудов, но нигде не сообщается о дальнейшей судьбе этих орудий.

Значительное распространение в нашей стране чугунолитейное дело получило только в XVII в., с появлением железоделательных заводов мануфактурного типа.

### 7.4.3. Агрегаты для производства чугуна

На рубеже XIII–XIV вв. на крупных металлургических мануфактурах Европы для привода воздушных мехов стали постоянно использоваться водоналивные колёса (рис. 7.21). Это позволило увеличить интенсивность дутья до 5-6 м<sup>3</sup>/мин., а высоту печей до 6 м. Такое, первоначально только конструктивное изменение агрегата, привело к проявлению принципиально нового существа процесса – в печах стали получать новый сплав железа с углеродом – чугун.

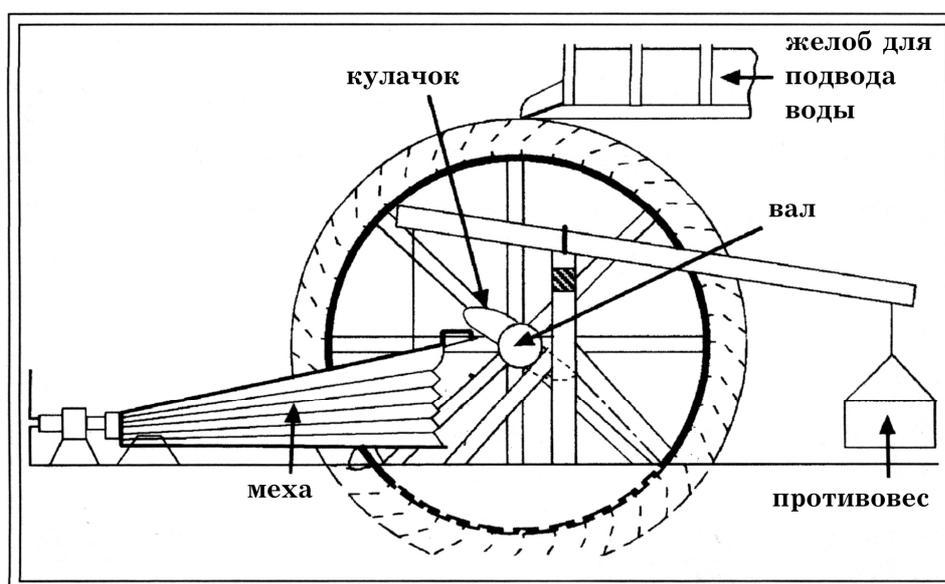


Рис. 7.21. Мехи с приводом от водяного колеса

Металлургические печи, в которых стало возможным выплавлять из руд не только кричное железо, но и чугун, получили название «домниц» или «блауофенов». Русское название происходит от слова «дмение», что означает «дутьё». По поводу происхождения немецкого существуют две версии: по одной из них в основе слова также лежит корень, связанный с потоком воздуха, по другой – название происходит от «железной лазури» (Eisenblau) – тугоплавкой руды, для переплавки которой впервые и были построены печи большой высоты.

Благодаря возможности производить в одном агрегате и губчатое железо, и жидкий чугун домницы в некоторых регионах Европы сохранились до конца XIX в. Наиболее трудоёмкой операцией при эксплуатации домниц являлось извлечение крицы, сопровождавшееся остановкой дутья и ремонтом кладки горна. Конструкция «открытая грудь» или «передний горн» позволила проникать в нижнюю часть печи, не разрушая огнеупорную кладку (рис. 7.22). Длина переднего горна равнялась толщине кладки, а ширина и высота соответствовали размерам крицы (масса которой достигала 400–500 кг). Перед подачей дутья передний горн заполняли кусками шлака, мелким углём и закрывали чугунной плитой. Чугун и шлак выпускали из печи 2–3 раза в сутки через отверстие («лётку») в пороге, закрываемое специальной глиной и песком.

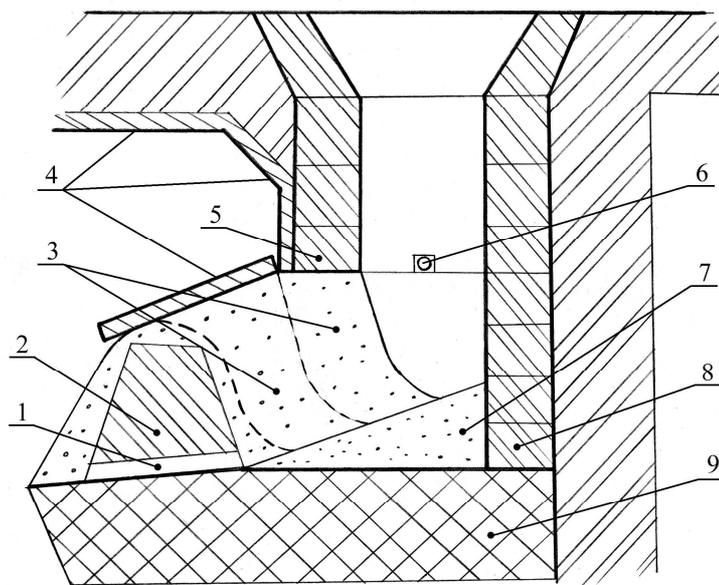


Рис. 7.22. Схема горна с «открытой грудью»

1 – канал для выпуска чугуна и шлака; 2 – порог; 3 – засыпка из доменного шлака и мелкого древесного угля; 4 – чугунные плиты; 5 – темпель; 6 – воздушная фурма; 7 – набойка из огнеупорной глины и древесного угля; 8 – «торцовый» камень; 9 – лещадь.

Первые доменные печи представляли собой домницы, переоборудованные для постоянного производства чугуна. Наиболее активно такие печи строились во второй половине XV в. в Италии, Нидерландах, Бельгии. На протяжении XV–XVI вв. конст-

рукция печи непрерывно совершенствовалась и к концу XVI – началу XVII вв. доменная печь приобрела вид, представленный на рис. 7.23. В Германии доменные печи долгое время не строили, предпочитая им блауофены.

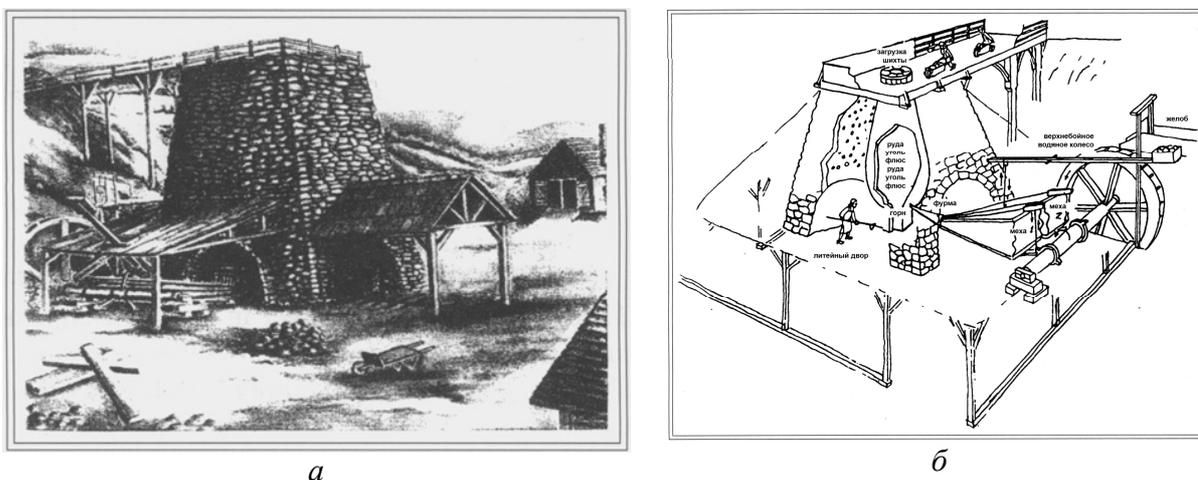


Рис. 7.23. Внешний вид (а) и конструкция (б) доменной печи  
конца XVI – начала XVII вв.

Выплавка чугуна в доменных печах росла медленно, поскольку конкурентоспособными оставались домницы и каталонские горны:

- затраты на строительство доменных печей существенно превосходили затраты на строительство других металлургических печей;
- в случае применения древесного угля низкого качества доменные печи быстро выходили из строя и требовали дорогостоящих ремонтов;
- доменные печи нуждались в наиболее мощном воздуходувном оборудовании.

Резкий скачок в развитии доменного производства и повсеместное вытеснение доменными печами других агрегатов, применявшихся для экстракции железа из руд, произошёл после усовершенствования дутьевых средств, сделавшего возможным существенное увеличение высоты и производительности печи (табл. 7.3). Это произошло в ходе Промышленной революции на рубеже XVIII–XIX вв.

## Развитие воздуходувной техники

Устройства для подачи дутья в металлургические агрегаты	Количество дутья, м <sup>3</sup> /мин.
Ручные меха	до 1
Клинчатые меха с водяным приводом	до 5
Водотрубная воздуходувка «тромпа» (изобретена Джанбатиста дела Порта в 1589 г.)	5-7
Клинчатые меха с приводом от водоналивного колеса	10-15
Поршневые деревянные воздуходувки	20-30
Поршневая воздуходувка с чугунными цилиндрами конструкции Дж. Сметона, 1760 г.	60-70

Вышеупомянутое обстоятельство нашло отражение в названиях агрегата: в немецком («Hochofen») и французском («Haut-fourneau») языках печь называется «высокой», а в английском («Blast furnace») и русском («доменная») – «дутьевой».

Английское («pig iron») и немецкое («ferkeleisen») названия металла, а также русское название слитка чугуна – «чушка», происходит от способа разливки металла в товарные слитки. Литейные формы («штыки») для чугуна располагались в непосредственной близости от главного желоба, в который из домницы или доменной печи выпускался расплавленный металл. Такое размещение главного желоба относительно форм было похоже на свинью, кормящую поросят. Русское название металла – «чугун» – считается прямым заимствованием из тюркских языков (входящих в алтайскую языковую группу).

## 7.5. Формирование двустадийной схемы «руда – чугуны – ковкое железо»

Технологические достижения английских литейщиков периода «малой промышленной революции» оказали определяющее влияние на всю металлургическую индустрию: вскоре чугунолитейное производство освоило технологию изготовления производства труб для водопроводов и канализации, решёток бытового (главным образом для каминов) и строительного назначения, а также для садово-парковой архитектуры. С развитием технологии ваграночной плавки из чугуна стали отливать бытовые предметы: сковороды, подсвечники и т.п. Таким образом, был сделан важный шаг в распространении глобального рециклинга изделий из железа: то что нельзя было «перековать», можно было «переплавить» в вагранках. Во многих городах Европы начала XVII в. возникали целые кварталы мастеров по переработке железного лома. Такой квартал, «Набережную железного лома», например, упоминает А. Дюма в романе «Три мушкетёра».

Выгоды промышленного производства из железной руды чугуна, обусловленные высокой производительностью процесса, экономией древесного угля и возможностью утилизации в печах любых железных отходов были очевидны уже в середине XVI в. Однако для широкого распространения доменной плавки в качестве основного мануфактурного способа производства железных изделий необходимо было разработать технологию передела чугуна в ковкий металл. Такая технология была создана во второй половине XVI в. в Бельгии и получила название «фришевание», т.е. «оздоровление» (или «очистка») чугуна. Фришевание быстро распространилось на предприятиях Англии, а затем Швеции и других в европейских странах.

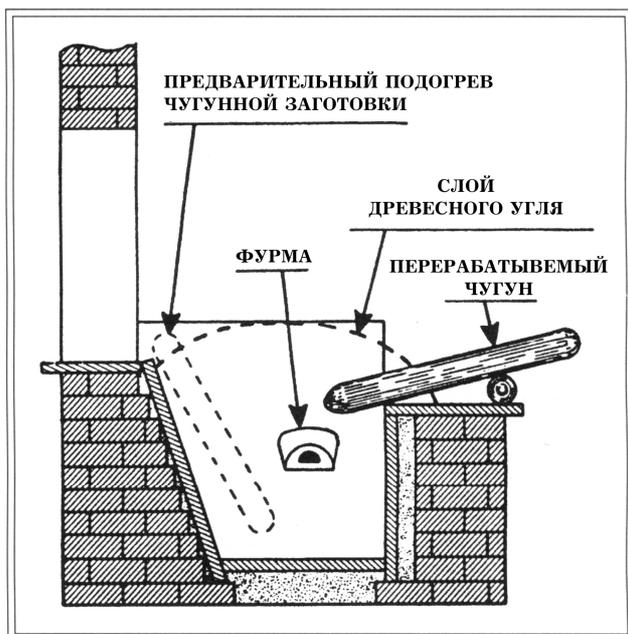


Рис. 7.24. Конструкция кирпичного горна для фришевания

которого служили окисленные примеси чугуна и зола древесного угля. Поэтому полученные крицы тщательно проковывали.

Фришевание осуществляли в «кричных» горнах. Причём передел (переплавку) чугунов с низким содержанием примесей проводили в один этап. Если же переделу подвергался металл с высоким содержанием примесных элементов, то первый горн, в котором получался высокоуглеродистый жидкий металл назывался «плавильным», а окончательное «оздоровление» чугуна проводили во втором «кричном» горне. Процесс фришевания прекращали после подъема поверхности тестообразного металла на уровень фурмы. После этого металл ломали собирали (накатывали) в одну-две крицы, которые затем извлекали из горна и проковывали. Масса крицы достигала 80–120 кг.

Полученный в процессе фришевания металл представлял собой ковкое железо с такими же свойствами, как и у железа, выплавленного в сыродутных горнах или домницах. Однако, в виду различия технологии получения, ковкое железо, выплавленное из чугуна, получило название «сварочного».

Сущность процесса фришевания (рис. 7.24) заключалась в окислении примесей чугуна в струе воздушного дутья в ходе плавления и стекания капель чугуна по древесному углю. При этом из чугуна последовательно удалялись: кремний, марганец, фосфор и углерод. По мере удаления из металла углерода он переходил в тестообразное состояние, и в результате на поду печи формировалась крица с небольшим количеством шлака, источником

С освоением процесса фришевания, который впоследствии был заменён пудлингованием чугуна, сложилась основная технологическая цепочка мануфактурного производства изделий из железа (рис. 7.25), которая просуществовала до второй половины XIX в.

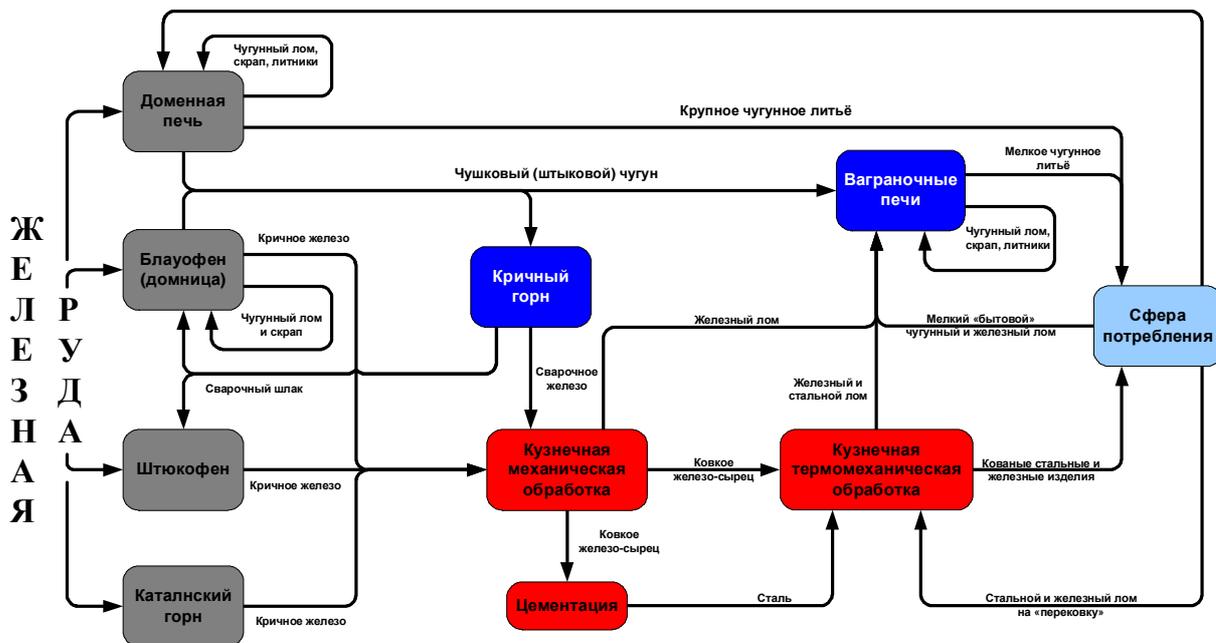


Рис. 7.25. Схема производства и рециклинга железных изделий в XVI–XVII вв.

## 7.6. Древесный уголь

До сих пор, рассматривая технологии извлечения и обработки металлов, мы лишь изредка упоминали основное металлургическое топливо Древнего Мира и Средневековья – древесный уголь. Вместе с тем, это такой же необходимый компонент металлургического производства, как и руда. Без древесного угля процесс извлечения металлов из руд был бы просто невозможен.

Неспециалисту может показаться, что для металлургических целей можно использовать продукт пиролиза любой древесины. Однако сложность применяемых дре-

ними мастерами процессов указывает на то, что выжиг древесного угля стал настоящим искусством на самой ранней стадии освоения технологии извлечения металлов.

Особенно важное значение качество древесного угля приобрело после появления сыродутных горнов. Проблема заключается в том, что при обработке железной руды древесный уголь выполняет функции не только источника тепла и восстановителя, но и обеспечивает газодинамические параметры процесса. Когда в нижней части горна происходит плавление железистого шлака, древесный уголь остаётся твёрдым кусковым материалом, что обеспечивает возможность свободного прохода продуктов горения через слой вязких тестообразных материалов, начинающих переходить в жидкое состояние.

Уже в эпоху Древнего Мира, когда производство древесного угля осуществлялось в ямах (практически таких же, которые применялись в наиболее древних процессах плавки руд), к выбору твёрдого топлива для сыродутного процесса подходили очень тщательно. С появлением же в Средневековой Европе агрегатов высотой сначала 3–4 м, а затем и более 5 м, требования к качеству древесного угля резко возросли.

На ведущее место вышла прочность материала, поскольку он должен был выдерживать массу железных руд и флюсов, тестообразных и жидких продуктов плавки, заполнявших весь объём агрегата высотой до 6 м.

После широкого распространения технологии доменной плавки к середине XVI в. древесный уголь превратился в самый дорогостоящий сырьевой материал, используемый при производстве первичного чёрного металла, и его расход стал определять экономическую эффективность всего производства в целом. Кроме того, качество древесного угля стало определяющим параметром длительности кампании печи (т.е. времени её безаварийной работы).

Именно в это время в ведущих металлургических странах – Англии, Германии, Франции – были созданы гильдии, объединявшие производителей древесного угля. Эти

организации просуществовали во многих западноевропейских странах вплоть до второй половины XIX в., когда резкое увеличение высоты доменных печей и изобретение высокопроизводительного способа выплавки литой стали (бессемеровского процесса) окончательно превратили каменноугольный кокс в основное твёрдое топливо металлургии железа.

#### 7.6.1. Технология углежжения

Рассмотрим технологию производства древесного угля в эпоху позднего Средневековья. В это время в Европе повсеместное распространение получил кучный способ выжигания угля, гораздо более производительный, чем архаичный ямный способ. Процесс начинался с выбора древесины. Деревья не должны были быть сучковатыми или изогнутыми, практически к ним применялись требования, аналогичные требованиям к так называемой «корабельной» древесине. Как отмечалось в руководстве по выжигу древесного угля конца XVIII в.: «Слишком молодое или старое дерево, черво червоточное и потерпевшее уже начало гниения, дают уголь дурной, хрупкий, в малом количестве и негодный для выделки железа».

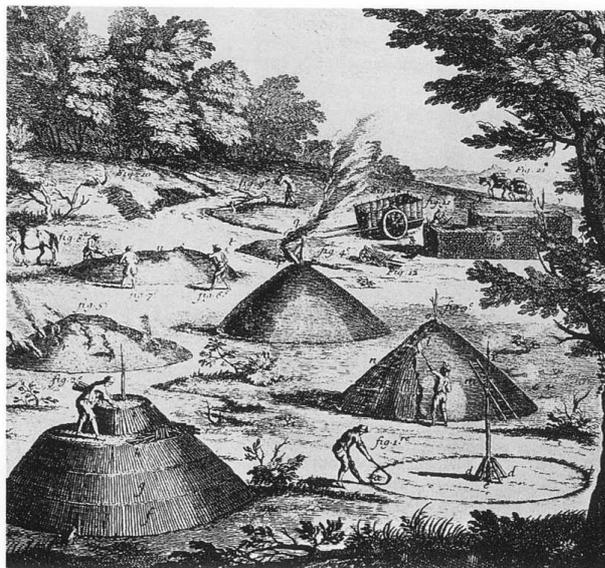


Рис. 7.26. Укладка куч для выжигания угля в эпоху позднего Средневековья

Поэтому нередко перед властями стоял вопрос: разрешить использовать строевые леса для судостроения или для производства металлургического древесного угля?

Древесные породы подразделялись углежогами на «твёрдые» (они же «тёмные» и «тяжёлые»), «мягкие» (они же «белые» и «лёгкие») и «смолистые» (табл. 7.4). Твёрдые породы давали самый прочный и плотный уголь, смолистые обеспечивали наименьшее содержание вредных примесей. Одновременное использование различных видов древесины считалось нежелательным.

Таблица 7.4

Классификация древесины для выжига металлургического древесного угля (XVIII в.)

<b>Вид древесины</b>	<b>Наиболее характерные породы дерева</b>	<b>Наилучший возраст для рубки, годы</b>
Твёрдая, тёмная, тяжёлая	Дуб Бук, граб Вяз, берест, ильм	50-60 100-120 30-40
Мягкая, белая, лёгкая	Берёза, каштан, липа, осина, ольха, тополь	20-25
Смолистая	Пихта, сосна Ель, лиственница	80-100 50-60

Заготовка леса производилась поздней осенью или зимой, т.е. в то время, когда древесина содержала наименьшее количество влаги. Рекомендовалась длина поленьев от 3 до 4 фунтов при толщине не более 6 дюймов.

Термической обработке древесины предшествовала длительная сушка в естественных условиях: «лес, срубленный зимою и надлежащим образом подверженный действию воздуха, может быть обугливаем с выгодой в течение лета следующего года, если только погода не была слишком дождливая».

В состав бригады угольщиков, как правило, входило 8–10 человек. Часто это были члены одной семьи. Мастер и помощник подготавливали ток – место для углежжения, покрывали кучу, наблюдали и регулировали процесс углежжения, разбирали («разламывали») кучу с готовым углём. Двое или трое настильщиков перевозили дрова

от места рубки и складывали в кучу. Четверо или более работников занимались плетением щитов из соломы и веток, которые использовались для укрепления «покрышки» кучи. Такая бригада одновременно обслуживала 8–12 куч диаметром в основании до 5 м.



Рис. 7.27. Укладка дров для выжигания древесного угля

Важнейшее значение для успеха углежжения имел выбор местности для тока. Она должна была обеспечивать: ровную поверхность земли, защиту от сильного ветра, близость источников воды (для «тушения» готового угля). Почвенный слой должен был быть сухим и не слишком плотным, «чтобы давать снизу доступ атмосферному воздуху».

Кладка кучи (рис. 7.27) начиналась с устройства центральной части – трубы. Она обычно изготавливалась из нескольких вертикальных шестов, воткнутых в землю и скреплённых тонкими деревянными распорками и перевязками. Труба служила для разжигания кучи и организации естественной тяги в неё воздуха.

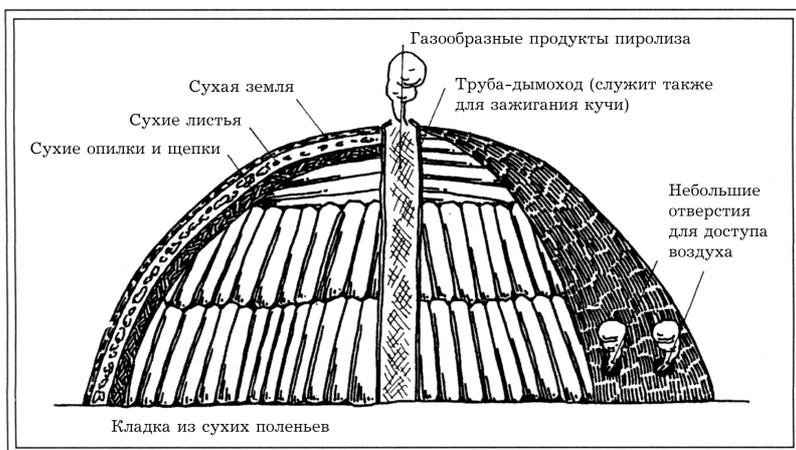


Рис. 7.28. Структура кучи для выжигания угля

Поленья укладывались концентрическими слоями от трубы к периферии, как можно плотнее и с небольшим наклоном, необходимым для поддержания, впоследствии, земляной покрышки кучи.

Всего устраивалось от трёх до пяти ярусов поленьев, причём в верхнем ярусе – «голове» кучи – они укладывались горизонтально. В остальных ярусах – вертикально (рис. 7.28).

При этом соблюдались следующие правила:

- поленья ставились сердцевинной к центру кучи;
- пустоты между поленьями заполнялись мелкими дровами или углём;
- поленья нижнего яруса укладывались толстым концом (комлем) вверх, а остальных ярусов – толстым концом вниз.

Выравнивание поверхности кучи осуществлялось заполнением мелкими дровами и головнями от предыдущих операций углежжения всех промежутков между поленьями. Затем у основания (подошвы) кучи на высоту 6–12 дюймов делали пояс, состоящий из мелких ветвей, укреплённых деревянными рогатками, воткнутыми в землю. Пояс являлся опорой для покрывки кучи, обеспечивал выход газов в начале процесса и приток воздуха впоследствии.

Покрывка кучи производилась в два этапа. Сначала из зелёного дёрна, мха, хвороста, листьев и т.п. укладывался слой высотой 3–4 дюйма. Затем формировали второй слой из смеси сухой земли и угольного порошка из старых токов высотой до 2 дюймов у основания и до 4 дюймов на голове кучи. Нижние яруса кучи подвергали лёгкой трамбовке, со стороны возможного ветра покрывку усиливали плетеными щитами и хвоей.

Зажигание кучи производили всегда на рассвете, потому что первые 16–18 ч. процесс требовал тщательного наблюдения. Для зажигания в трубу помещали последовательно: горящие угли, далее, до верху, качественные угли и, наконец, увлажнённый угольный мусор.

Пиролиз, или сухая перегонка дерева без доступа воздуха проводится при максимальной температуре процесса 600–650 °С. При этом сначала происходит сушка дерева



Рис. 7.29. Зажигание, горение и разгребание угольной кучи

(до 150 °С), затем выделение легковогоняемых смол (до 300 °С), наконец, выделение летучих веществ и обугливание древесины (300-500 °С). Вообще для обеспечения процесса обугливания теплом достаточно около 20 % (масс.) дров, но при кучном способе получения древесного угля большая их часть просто сгорала. Поэтому выход готового продукта в Средневековье составлял лишь 12–15 % от массы исходной древесины.

О ходе процесса обугливания судили по дыму, выходящему из кучи. В первые сутки куча «парила», выделяя пары желтовато-серых цветов, тяжёлые, стелящиеся по земле (рис. 7.29). В это время в куче образовывались пустоты вследствие неравномерного выгорания дров, и их необходимо было заполнять новыми дровами, головнями и углями, возобновляя каждый раз покрывку кучи (эту операцию часто называли «кормлением» кучи).

В последующие 3–4 дня усиливали покрывку кучи, уплотняя все возникающие в ней щели и периодически смачивая поверхность водой. Через 8–10 дней в подошве кучи устраивали небольшие отдушины. Пар, выходящий из них, постепенно становился всё более «лёгким» и голубоватым. Выжигание считалось законченным, когда из отдушины начинало выходить пламя.

Очень ответственной операцией была разборка кучи после окончания углежжения. Её производили через небольшие отверстия диаметром около одного фута. Уголь выгребали специальным крюком тонким слоем, и тут же быстро закладывали отверстие землёй для предотвращения загорания угля в куче.

Вынутый уголь «тушили» обливая водой или, реже, засыпая землёй. Отверстия устраивали каждый раз на новом месте, постепенно продвигаясь от подошвы к голове кучи. Дойдя до головы, начинали разрабатывать новый слой рядом с предыдущим.

Охлаждённый уголь подвергали тщательной сортировке. Крупный, размером более кулака, предназначался для доменных печей; средний, от кулака до грецкого ореха, использовался в кричных горнах; мелкий, от ореха до горошины для обжига руды и извёстки. Угольный порошок, головни и необугленное дерево использовались при формировании новых куч.

Вследствие частого контакта с землёй в ходе процесса углежжения и, особенно, разборки кучи, древесный уголь всегда содержал значительные количества земляного мусора, песка и т.п. Поэтому перед загрузкой в печь его часто отмывали в специальных чанах с водой. Операция отмывания древесного угля от грязи была обязательной при производстве чистового цветного металла, например, олова, серебра, свинца.

Химический состав древесного угля, даже полученного из разных сортов древесины, имел небольшие колебания. Содержание углерода составляло 86–89 % (масс.), золы – от 0,8 до 2,0 % (масс.) у мягких и смолистых пород и от 3,0 до 3,6 % (масс.) у твёрдых пород (остальное – водород и кислород).

Перевозка угля к потребителю осуществлялась в специальных плетёных коробах, вместимость которых не превышала 3 м<sup>3</sup>, для сокращения потерь от тряски. Хранили древесный уголь в хорошо проветриваемых ангарах в кучах высотой не более 6 м. Перед загрузкой в доменные печи рекомендовалось выдерживать уголь в таких ангарах 2–3 года. Считалось, что в этом случае он имеет большую прочность, чем свежеприготовленный, то есть «несёт больше руды».

### 7.6.2. Энергетический кризис в Европе

Затраты древесины на металлургические нужды в течение Средневековья непрерывно возрастали, но особенно ярко этот процесс проявил себя в конце XVI – начале XVII вв. Масштабы затрат на производство чугуна в это время может проиллюстрировать следующий пример.

Важнейшим родом войск позднего Средневековья в Европе являлся флот: не будем забывать о том, что мы рассматриваем эпоху Великих географических открытий и именно на море в это время выясняли между собой отношения наиболее могущественные державы того времени: Испания, Португалия, Франция, Англия, добившаяся независимости Голландия, быстро прогрессирующие Швеция и Дания. Мощными флотами располагали средиземноморские государства, прежде всего – Венецианская республика.

Основу флотов большинства европейских государств в это время составляли галионы – суда водоизмещением до 1000 т и более, длиной свыше 50 м, шириной 10–12 м. Для галионов характерно наличие двух батарейных палуб, на которых размещалось 50–80 орудий, уже в подавляющем большинстве чугунных, снабжённых 120–150 чугунными ядрами. Масса корабельных орудий зависела от их калибра и колебалась от 300 до 2500 кг, а масса ядер – от 1,2 до 10,2 кг.

Для получения 1 тонны древесного угля, пригодного для использования в доменных печах, требовалось около 2 т или 2,5 м<sup>3</sup> высококачественной древесины, т.е. 5–6 здоровых деревьев, находящихся в стадии наибольшего развития. Корневая система таких деревьев распространяется на площадь около 20 м<sup>3</sup>.

Расход древесного угля на производство одной тонны чугуна составлял в то время около 3 т, а с учётом большого количества брака в отливках достигал 4–5 т на тонну готовой литой продукции. Принимая среднюю массу артиллерийского орудия в 1 т, количество ядер для него – 150 штук, а общее количество орудий на галионе 60 единиц,

нетрудно подсчитать, что для снаряжения одного военного судна требовалось вырубить около 3500 деревьев с территории примерно 7 га.

Для экипировки только артиллерией Великой армады, сформированной королём Испании Филиппом II в 1588 г. для войны с Англией, на вооружении 75 военных судов которой находилось 2431 орудие (из них свыше 80 % были чугунными) и 124 тыс. ядер, было вырублено свыше 4 км<sup>2</sup> отборного строевого леса.

Конечно, Великая армада – явление исключительное, однако интенсивность военных действий на море была очень высока и без создания многочисленных флотов. Большое количество артиллерийских орудий устанавливалось в крепостях и фортах, в том числе на завоёванных заокеанских территориях. На вооружении гарнизонов французских и испанских крепостей нередко находилось свыше 100 орудий различного калибра, масса некоторых которых достигала 5–6 т. Осадные же орудия, изготовленные по «индивидуальным проектам» могли достигать массы свыше 10 т.

Таким образом, лесные массивы Западной Европы, причём с наиболее качественной древесиной, исчезали во второй половине XVI века с интенсивностью в несколько десятков квадратных километров ежегодно. Существенный вклад в этот процесс помимо военно-металлургической вносила и стекольная промышленность.

Своеобразная революция в стекловарении произошла после изобретения французом Кокереем в первой половине XIV в. так называемого «лунного» стекла. Его получали быстрым вращением полушария, получавшегося после разрезания выдутого ранее шара. Формировавшийся в результате вращения круг служил заготовкой для изготовления оконного стекла.

Постепенное развитие этой технологии привело к тому, что во второй половине XVI в. оконное стекло перестало быть дорогостоящим уникальным материалом и стало доступным средним слоям общества позднего Средневековья.

Вырубка угодий с высококачественной древесиной, необходимой для выплавки чугуна и варки стекла стала столь значительной, что вопрос о сохранении строевых лесов стал регулярно рассматриваться английским парламентом. Например, на одном из его заседаний лорд Эвелин в 1581 г. выступил с речью, названной им «О всепожирающих железных и стекольных заводах». В ней он упоминал некоего углежога из города Дархема, срубившего к тому времени *«...уже более 20 тысяч дубов... Если он (углежог) ещё немного проживёт (отмечал лорд), то может оказаться, что во всей стране скоро не найдётся и пары стволов на ремонт даже одной церкви»*.

В результате активной деятельности парламента в 1584 г. королева Елизавета I вынуждена была принять специальный указ, в котором, в частности говорилось: «Усматривая, что по причине множества железных и стекольных заводов строевые леса претерпевают страшные повреждения и в самое короткое время могут быть окончательно истреблены. Мы повелеваем, чтобы с праздника Пасхи не было воздвигнуто ни одного горна, ни одной кузницы, ни одного завода для выделки стекла и железа». Для уже существующих предприятий вводилась система патентов (привилегий) выдаваемых монархом на право вырубки конкретных лесов. За рубку корабельного и строевого леса и обугливание деревьев без разрешения устанавливался очень высокий для того времени штраф – 40 шиллингов.

Однако даже такие строгие меры не могли уже спасти ситуацию. Слишком притягательной оказалась возможность заработать на экспорте чугунных артиллерийских орудий и оконного стекла в страны материковой Европы. Дело закончилось принятием в 1615 г. «Закона о запрете использования дров» и переходе к использованию в промышленности и быту каменного угля. В скором времени аналогичные законы были приняты во Франции, Голландии, многих германских государствах.

Таким образом, быстрое развитие технологии и масштабов производств литейного чугуна всего лишь за немногим более 50-летний период привело к одному из самых жестоких энергетических и экологических кризисов в истории Западной Европы.

Уникальность функций древесного угля, выполняемых им в доменной плавке, предопределило то обстоятельство, что замена этому замечательному материалу была найдена лишь в XVIII в., когда был изобретён процесс коксования каменного угля. В стекольной промышленности выход был найден гораздо раньше: уже в 1618 г. английский изобретатель Теллуэл разработал принципиально новую конструкцию печи, использующей в качестве твёрдого топлива уголь вместо дров.

Энергетический кризис второй половины XVI в. имел ещё одну сторону: старые металлургические регионы Европы вынуждены были на долгое время перейти на использование импортных материалов: древесного угля, чугуна, железа-сырца. Англия, Франция, Германия в течение более чем ста лет развивали, в основном, индустрию металлообработки. Большое развитие в этих странах получили также технологии переработки железного металлолома, во Франции для него даже был придуман специальный термин: «ferraille».

Что же касается производства первичного чёрного металла, то в этой отрасли на ведущее место выдвинулись новые страны, богатые ресурсами древесины, железными рудами и проводившие активную внешнеторговую политику. Лидерами в металлургии железа в XVII и XVIII вв. стали сначала Швеция, а затем Россия.

## Глава 8. НАЧАЛО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ НАУКИ

К концу Средневековья достигнутый уровень интеграции науки и металлургических знаний позволил создать первые металлургические энциклопедии. Книги Бирингуччо и Агриколы положили начало металлургии как самостоятельной отрасли науки и послужили основой для формирования системы металлургического образования.

### 8.1. Жизнь учёного во времена Ренессанаса



Рис. 8.1. Ваноччо Бирингуччо

Бирингуччо (рис. 8.1) родился в 1480 г. в небольшом итальянском городе Сиене, основанном римлянами в I в. до н. э. В XIII–XIV вв. Сиена являлась крупным центром торговли, банковско-ростовщического дела и ремесленного производства, основу которого составляло сукноделие. В XIII в. в городе был основан университет. В это же время сложилась знаменитая сиенская школа живописи, мастера которой внесли существенный вклад в искусство эпохи Возрождения.

Дата рождения Бирингуччо неизвестна. В церковном архиве Сиены сохранилась запись о том, что он был крещен 20 октября 1480 г. и наречен сложным именем Ваноччо Винченцо Аустиньо Лука. Его отец был в Сиене известным человеком. Он занимался архитектурой, строительством и являлся управителем улиц Сиены.

Город пользовался автономией. Во главе городского правления стояло богатое семейство Петруччи, с которым семья Ваноччо неизменно поддерживала тесные отношения. Благодаря этому Бирингуччо пользовался покровительством городских властей и уже в молодые годы имел возможность совершить длительное путешествие по промышленным центрам Италии и Германии. Он познакомился с добычей и обработкой руд различных металлов, с производством железа, меди и многих химических веществ.

По возвращении из путешествия Бирингуччо был назначен управителем рудников и железоделательного завода, а затем ему было поручено руководство товариществом, созданным для переработки серебряных руд.

В 1512 г., после смерти правителя Сиены Пандольфо Петруччи, власть в городе переходит к его сыновьям Боргезе и Фабио, с которыми отношения у Ванноччо были еще более близкими, чем с их отцом. Поэтому в 1513 г. Бирингуччо получает руководящий пост в городском арсенале, а вслед за этим назначается управителем таможни. Однако благополучие Бирингуччо продолжалось недолго. В 1515 г. власть в городе захватывают противники семьи Петруччи, и Бирингуччо вынужден восемь лет провести в изгнании. Он живет в Риме, Неаполе, посещает Сицилию.

После восстановления в 1523 г. в Сиене власти Фабио Петруччи, Бирингуччо вновь возглавляет городской арсенал и, кроме того, получает монопольное право на производство селитры во всей сиенской области. Однако спустя три года он снова становится изгнанником. Бирингуччо совершает свое второе путешествие по городам Германии, а затем работает на металлургическом заводе во Флоренции. Здесь в 1529 г. он руководит отливкой огромного бронзового орудия, масса которого превышала 6 т, а длина ствола достигала 6,7 м.

Наконец, в 1530 г. когда между враждующими группировками Сиены был заключен мир, Бирингуччо вновь возвращается в родной город и становится во главе строительной и литейной мастерских при кафедральном соборе. В тридцатых годах XVI в. он возглавляет большие работы по литью колоколов, пушек и строительству крепостных сооружений не только для Сиены, но и для Венецианской республики, Пармы и других государств Северной Италии, В 1538 г. римский папа приглашает Ванноччо на службу в Ватикан, где ему поручается руководство литейными мастерскими. Умер Бирингуччо в Риме, по-видимому, в начале 1539 г.; такой вывод позволяет сделать сохранившийся документ, касающийся наследства ученого, датированный апрелем 1539 г.



Рис. 8.2. Георг Бауэр  
(Агрикола)

В отличие от Бирингуччо, день рождения Георга Бауэра (рис. 8.2) известен точно. Он появился на свет 24 марта 1494 г. в саксонском городке Глаухау, расположенном на реке Мульде в 10 км от Цвиккау. Впоследствии, следуя традиции гуманистов эпохи Возрождения, он свою немецкую фамилию Бауер (Bauer – земледelec) перевел на латинский язык и в историю науки и техники вошел под именем Агриколы.

О семье и первых годах жизни Агриколы сохранилось мало сведений. По-видимому, в Глаухау он учился в церковной школе. Затем, в 1509 г., его отдали в латинскую школу в Цвиккау, окончив которую, он в 1514 г. отправился в Лейпциг для получения дальнейшего образования.

Расположенный на пересечении важнейших торговых путей того времени, Лейпциг в XIII–XV вв. являлся одним из крупнейших торговых центров Европы. Росту города и развитию в нем промышленности способствовали ежегодные ярмарки, которые с XV в. проводились два раза в год. Лейпциг славился также своим университетом, основанным в 1409 г.

Агрикола поступил в университет, в котором по традиции того времени имелись теологический, философский, юридический и медицинский факультеты. В средневековой Западной Европе латинский язык являлся официальным языком международных сношений, юридических актов, и, главное, языком науки. Известно, что Агрикола особое внимание обращал на занятия именно по филологии, хотя его также интересовали теология и философия. Вскоре его способности привлекли внимание известного профессора П. Моселлануса, с которым Агриколу впоследствии связывали узы тесной дружбы.

Окончив через три с половиной года университет и получив ученую степень бакалавра, Агрикола возвратился на родину, где стал преподавателем греческого и древнееврейского языков в городской школе Цвиккау. Здесь он написал свой первый научный труд – «Книжечку о первом и простом обучении грамматике». В 1518 г. его избрали ректором только что открывшейся солдатской школы.

Агрикола не только занимался научной и педагогической работой, но и принимал активное участие в политической жизни города. В то время в Цвиккау жил вождь и идеолог крестьянско-плебейского лагеря реформации Томас Мюнцер. Страстная натура и революционная деятельность Мюнцера привлекали двадцатичетырехлетнего Агриколу. Они быстро сдружились. Однако в дальнейшем пути Мюнцера и Агриколы разошлись. Мюнцер, стремясь создать центр общегерманского реформационного движения, возглавил революционный переворот в Мюльхаузене. В неравной борьбе он потерпел поражение и 27 мая 1525 г. был казнен. Агрикола же, по приглашению своего учителя и друга Моселлануса, в 1522 г. возвратился в Лейпцигский университет, где работал преподавателем и усиленно изучал медицину. После смерти в 1524 г. профессора Моселлануса Агрикола покидает университет и отправляется продолжать обучение в Италии.

В Италии Агрикола имел возможность встречаться со многими выдающимися деятелями науки и искусства. Сначала он занимается в университете в Болонье, а затем в университете Падуи, которые были ведущими центрами не только итальянской, но и европейской науки. Кроме того, он посещает Венецию, Рим и Флоренцию.

Необходимо отметить, что во времена Ренессанса североитальянские университеты в силу ряда причин оказались в меньшей зависимости от духовенства, чем университеты других европейских стран. В некоторых университетах не было даже богословских факультетов, в других эти факультеты не играли такой существенной роли, как, например, в Парижском университете. По существу, североитальянские университеты были в то время очагами передовой науки. Например, в Болонском университете уже в

XIV в. было начато преподавание анатомии как самостоятельной науки. Незадолго до Агриколы здесь учились великий польский ученый Николай Коперник (1473–1543 гг.), а затем знаменитый немецкий врач и химик Парацельс (1493–1541 гг.). В Болонском университете Агрикола с успехом читал лекции по философии; здесь же ему были присвоены степени доктора философии и доктора медицины.

Однако не только медицина привлекала Агриколу в Италии. Здесь были собраны многочисленные старинные рукописи греческих и римских античных авторов, которых он полюбил еще будучи школьником в Цвиккау и студентом в Лейпцигском университете. В крупнейших библиотеках он изучал в подлиннике произведения Аристотеля, Теофраста, Витрувия, Страбона, Плиния и многих других. Особенно много Агрикола занимался в библиотеках Венеции. Некоторое время он работал у известного издателя трудов античных авторов – Мануция. Впоследствии, в своих трудах он широко использовал многое из классического наследия античности. Например, в своем труде «Пять книг о мерах и весах» Агрикола ссылается на сочинения 45 античных авторов.

Его привлекали также и труды ученых Средней Азии и арабских стран. Он читал произведения великих ученых и философов Ибн-Сины (Авиценны) и Джабира ибн-Хайяна (Гебера).

Одновременно с изучением медицины, философии и других наук внимание Агриколы привлекало состояние горных и химических производств. Видимо, еще в Италии его начинает интересовать горное дело и особенно геология и минералогия. Последнюю он стал изучать под влиянием трудов античных врачей, которые многие минералы использовали в качестве лечебных средств.

Вернувшись в 1526 г. на родину, Агрикола сначала побывал в Цвиккау, а затем принял приглашение занять должность городского врача в Хемнице. Однако стремление более близко познакомиться с профессиональными заболеваниями горнорабочих и на практике применить свои познания в медицине заставило его искать новое место,

непосредственно в горном районе. Агрикола знал, что греки и римляне в древности пользовались многими минералами и металлами как целебными средствами. Желание возродить эти лекарства, как он говорит в одном из своих трудов, явилось «главной причиной, почему он отправился в места, богатые металлами».

По совету своих друзей, Агрикола переехал в г. Яхимов, где в 1527 г. получил должность городского врача. Это был один из крупнейших промышленных центров средневековой Европы. Расположенный на холмах и долинах Чешских Рудных гор, недалеко от границы с Саксонией, Яхимовский горный район славился богатыми залежами многих полезных ископаемых.

Поселившись в Яхимове, Агрикола занимался не только врачебной практикой, но и изучал геологию и минералогию. Широкая образованность и большая трудоспособность позволили ему быстро овладеть основами горного дела и металлургии. Первое время ему помогали его новые яхимовские друзья: городской писец Бартоломей Бах, горняк Лаврентий Берманн и учитель городской школы Платеанус.

Яхимовский горный район был исключительно удачным местом для изучения всего комплекса горно-геологических и металлургических производств. В самом Яхимове и в близлежащих от него районах залежали жилы с богатым содержанием различных руд и минералов. В яхимовских рудниках были обнаружены медь, мышьяк, свинец, но особенно много добывалось в XVI в. серебра, которое в Яхимове имелось как в россыпях, так и в рудах. В Яхимове, Агрикола мог наблюдать все процессы поиска и разведки руд, добычи и транспортировки полезных ископаемых, обогащения и пробирного искусства, а также выплавки металлов.

Свою первую книгу по горному делу, «Берманнус, или о горном деле и металлургии», Агрикола издал в 1530 г. в Базеле. В этом труде он в форме диалога между горняком Берманном, городским врачом Яхимова Яном Наве и городским врачом Аннаберга доктором Николаем Анконом изложил некоторые вопросы геологии и минералогии и

отчасти горного дела. Он описал историю рудников некоторых известных тогда горно-промышленных городов – Фрейберга, Аннаберга, Яхимова и других. Кроме того, в книге были затронуты вопросы, связанные с геологическими представлениями того времени (происхождение жил, поисковые признаки золотых, серебряных, медных и железных руд и других полезных ископаемых). Книга Агриколы получила высокую оценку Эразма Роттердамского.

В Яхимове у Агриколы зародилась идея создать капитальную работу, посвященную всем вопросам геологии, горного дела и металлургии. Он усиленно собирал материал, рассчитывая написать серьезное научное руководство. В связи с этим Агрикола, отказавшись в 1530 г. от должности городского врача, предпринимал частые поездки в различные горные районы (Тюрингию, Моравию, Силезию и др.). Созданию своего основного труда «О горном деле и металлургии в двенадцати книгах» Агрикола посвятил 20 лет.

Однако его работа вряд ли увенчалась бы успехом, если бы он продолжал работать самостоятельно, без покровительства важной, влиятельной персоны. В позднем Средневековье Германия представляла собой страну, раздробленную на мелкие княжества. В среде их владетелей было модно приглашать к своему двору виднейших ученых. К будущему герцогу Саксонии Морицу в качестве историографа в 1533 г. и был приглашен Агрикола, получивший к этому времени известность своими трудами. Агрикола, принимая это предложение, надеялся в более спокойной обстановке закончить начатые труды, систематизировать и обобщить собранный материал. Действительно, последние 22 года его жизни, проведенные в Хемнице, были наиболее плодотворными. За это время он написал восемь крупных научных работ и два политических трактата о войне с турками.

В 1533 г. в Базеле была издана объемистая работа Агриколы «Пять книг о мерах и весах», в которой он подробно описал единицы мер и весов, применявшихся у греков,

римлян и других народов. Эта книга имела большое значение, так как единой системы измерений в то время не существовало, и работа Агриколы давала возможность правильно представлять соотношения между мерами и весами различных стран, а также сравнивать их с древними.

В 1546 г. также в Базеле был опубликован сборник, в который вошли труды Агриколы: «О происхождении и причинах того, что находится под землей», «О природе того, что вытекает из земли», «О природе ископаемых», «О древних и новых металлах» и «Берманнус, или о горном деле и металлургии».

В городском архиве Хемница хранится документ, из которого следует, что в том же 1546 г. доктор медицины и философии Георгий Агрикола был избран членом городского совета, почетным гражданином и бургомистром города и в том же году был избран членом городского совета и бургомистром города. На должность бургомистра он избирался также в 1547, 1551 и 1553 гг.

В 1547 г. во время шмалькальденской войны герцог Мориц назначил Агриколу членом главного штаба. В связи с этим ему приходилось неоднократно участвовать в дипломатических переговорах. Кроме того, во время осады Хемница он руководил обороной города.

Служба Агриколы, с одной стороны, герцогу, а с другой – гражданам города, делала положение учёного в городе в некотором роде двусмысленным и довольно шатким. К этому нужно добавить, что Агрикола продолжал оставаться католиком и после введения в 1539 г. в Хемнице реформации, когда население города стало в основном протестантским. Вследствие этого в 1553 г. Агрикола был лишен всех занимаемых им должностей и оказался в нищете. 21 ноября 1555 г., во время горячего спора с протестантами, он умер от разрыва сердца. Протестантская церковь города долго не разрешала предать тело Агриколы земле. Только через некоторое время его друг Прлукк. като-

лический епископ Наумбург-Цейценского епископства, тайно вывез гроб с телом Агриколы в г. Цейц, где в одной из городских церквей он был похоронен.

## 8.2. Научные труды Бирингуччо и Агриколы

До конца XV в. единственной широко известной и доступной книгой о процессах металлургии был латинский манускрипт «*Schedulum diversae artiae*», написанный около 1000 г. н.э. Теофилом Монахом (Теофилусом Монком). В ней рассказывалось о том, как, используя силу работников монастырей, выплавлять различные металлы и сплавы, и «направить работу искусства во славу церкви».

Но в начале XVI в. рукописи и небольшие издания о горно-металлургическом производстве стали появляться в Европе практически повсеместно. Развитие ремесла и отсутствие специальных технических книг вызывали необходимость в создании рукописных пособий, благодаря которым передавался из поколения в поколение опыт производства.

Одним из примеров вышеупомянутого технического пособия является рукопись чешского мастера Лаврентия Кржички из Битишки. Она написана по-чешски и содержит в себе практические советы и данные для колокольных мастеров, литейщиков пушек, мастеров по производству металлической посуды и насосов. Эта рукопись очень содержательна и, кроме различных описаний, снабжена многочисленными хорошо выполненными чертежами. В ней, в частности, дано описание конструкций плавильных печей, приводятся составы, употреблявшиеся для отливки, сообщаются способы приготовления глины для форм и рецепты производства сплавов.

В 1505 г. была издана «Обстоятельная и полезная книжица о том, как искать и находить руды, о всяческих металлах, с сообразными изображениями гор, добропоказанными с приложением названий гор, преполезная начинающим рудокопам» («Горная книжка»). Автором этой книги был городской врач и бургомистр г. Фрейберга У. Р.

Кальбе. Книга написана в форме диалога между рудокопом Данилом и его молодым помощником. В этой небольшой книжке можно встретить самые разнообразные представления, заимствованные у Аристотеля, алхимиков и астрологов.

Известно, что в 1523 г. в Яхимове была широко распространена рукопись народного поэта Ганса Рудхарта, содержащая сведения о методах разработки месторождений полезных ископаемых. Можно предположить, что большое количество записных книжек велись квалифицированными металлургами. Некоторые из них сохранились до настоящего времени в музеях техники и в частных коллекциях.

Таким образом, на вышеописанном общем фоне Бирингуччо предстает в качестве «первого землемера металлургических процессов». Его книга «Пиротехния» явилась, по существу, первой производственно-технической энциклопедией эпохи Возрождения. Она посвящена горному делу, получению и обработке черных и цветных металлов, описанию производства многих химических веществ, орудий труда и предметов домашнего обихода.



Рис. 8.3. Титульный лист «первой производственно-технической энциклопедией эпохи Возрождения»

Труд «Пиротехния» (рис. 8.3) содержит 10 книг (глав), включающих 168 октав текста и 84 вырезанных на дереве иллюстрации. На первых страницах своей книги Бирингуччо излагает общие взгляды на процессы образования в земной коре различных металлических руд и минералов, включая соли, некоторые из которых упоминаются им впервые.

В первой главе приводятся сведения о разведке месторождений руд золота, серебра, меди, свинца и железа и свойствах чистых металлов и сплавов. Бирингуччо описывает существовавшие в то время способы добычи золота путем промывки песка, содержащего этот благородный металл, а также технологию амальгамации, при которой ме-

талл удаляется из руды при помощи ртути, образуя с ней сплав – амальгаму. Особенно подробно описаны амальгамация серебра, а также разные способы выделения золота и серебра из сплавов, содержащих оба металла.

Большое место в труде Бирингуччо отведено описанию месторождений железных руд, процессам получения железа и стали. В книге содержатся подробные сведения о плавильных печах, в том числе о печах шахтного типа, снабженных большими воздушными мехами.

Вторая глава посвящена описанию производства ртути, серы, сурьмы, квасцов, купороса, хлористого натрия, каменной соли и других полезных ископаемых. Значительная часть главы посвящена технологии производства широко распространенных в то время материалов – растительных и минеральных красок, угля, кислот, спиртов, железного и медного купоросов, изделий из стекла и керамики.

Процессы обогащения полезных ископаемых описаны в третьей книге, в которой автор коснулся вопросов опробования руд. В этой связи характерны следующие высказывания Ванноччо Бирингуччо в отношении медных руд: «Так как простым глазом невозможно проникнуть в глубь руды (кристалла), необходимо иметь познания в опробовании руды. Для этого необходимо добытую руду в открытом виде рассмотреть много раз с большой тщательностью. Если на сером фоне породы с небольшими зелеными прожилками, будут заметны фиолетовый и желтый цвета – это обещает выгодные результаты и указывает на значительные количества меди».

Интересны взгляды Бирингуччо относительно метода подготовки руд к плавке. Автор указывает, что опытные специалисты умеют определять, как следует сортировать руду, как отличать хорошую руду от плохой, освобождать руду от земли (пустой породы) путем дробления. И далее Бирингуччо заключает: «В конечном счете, по приговору глаза и применяя обжиг и промывку руды в несколько приемов – устанавливают наличие полезных компонентов».

В четвёртой книге рассмотрены аффинаж золота и приготовление азотной кислоты, в пятой – получение лигатур золота, серебра и олова. Бирингуччо сделал, возможно, первую попытку дать определение сплаву, как «смеси металлов, находящихся в дружеском сотрудничестве». В работе Бирингуччо большое внимание уделяется описанию методов анализа металлических сплавов, который в то время имел особенно большое значение в монетном деле. Подробно описывается производство металлических зеркал и зажигательных стёкол.

В связи с тем, что во времена Бирингуччо особенно большое значение приобрело литейное дело и, прежде всего, литье пушек и колоколов, все вопросы, связанные с ним, описаны в шестой книге. В описании некоторых операций, выполняемых металлургами, Бирингуччо превзошел других, особенно в изготовлении оружия и колоколов. Их производство он изобразил, используя богатые знания, которые, очевидно, были накоплены им с личным опытом. Раздел книги, посвященный колоколостроению, представляет особенный интерес. Не только в технике описания, но и в художественном оформлении колоколов, с наглядным изображением весов, на которых можно было взвешивать колокола массой от 10 до 10000 кг.

В седьмой книге даны подробные описания конструкций различных размеров плавильных печей, восьмая – содержит описание способов формовки и отливки мелких предметов.

В девятой главе книги Бирингуччо рассказывается о ковке и термической обработке металлов, сообщается о секретах закалки и отпуска стали, описываются жидкости, используемые для закалки – вода, масло, влажные травы, в которые погружался нагретый металл.

Мастера и ремесленники эпохи Возрождения, обрабатывая сталь, внимательно следили за цветом металла в процессе его обработки. В «Пиротехнии» сообщается о «серебряном» нагреве, когда сталь раскаляется добела, о «золотом» – соответствующем

желтому цвету металла, сине-пурпурном цвете, когда можно было заканчивать закалку, и, наконец, пепельно-сером цвете холодной стали. Если вы хотите иметь твердую сталь, – утверждает автор «Пиротехнии», – нагревайте ее хорошо и быстро охлаждайте в холодной воде.

Последняя, десятая глава относится непосредственно к пиротехнике – производству и применению пороха и других взрывчатых и зажигательных составов и снаряжаемых ими изделий. Начинается глава с описания производства селитры – основной составляющей части черного пороха и других пиротехнических веществ. Далее рассказывается о применении взрывчатых веществ в военном деле – для стрельбы из артиллерийских орудий, изготовления мин, а также устройства праздничных фейерверков.

Бирингуччо привел подробное описание производства огнестрельного и пиротехнического вооружения, которое было актуальным около двух столетий. Множество видов вооружения описано в «Пиротехнии» с подробными инструкциями по применению. Во всех подробностях приведена отливка пуль, представлено руководство по изготовлению бомб.

Бирингуччо не был первооткрывателем ни одного метода, описанного им в книге, но он был первым, кто описал все детали искусства работы с металлом, так что «Пиротехника» представляет собой важнейший источник знаний для студентов практически во всех отраслях металлургии. Замечательная работа Бирингуччо получила широкую известность в XVI и XVII вв. В то время она выдержала 5 изданий на итальянском и 3 издания на французском языке.

Вслед за Ванноччо Бирингуччо в 1544 г. появился обширный труд «Космография» немецкого ученого Себастиана Мюнстера (1489–1552 гг.). В 1503 г. он окончил общеобразовательный факультет Гейдельбергского университета, а с 1524 г. преподавал в этом же университете в качестве профессора математики, географии и древнееврейского языка. Умер он в Базеле во время эпидемии чумы.

Над основным своим трудом «Космография» Мюнстер работал 18 лет. Этот труд в течение ста лет выдержал более 45 изданий на немецком, латинском, французском, итальянском, английском и чешском языках. Среди прочих сведений автор приводит много данных по горному делу, в том числе и по обогащению полезных ископаемых.

Не являясь сам специалистом в области горного дела, Мюнстер опирался в основном на труды античных авторов и своих современников, в том числе на ранние сочинения Агриколы, относящиеся к 1530–1546 гг. Он сам писал, что: «все то, что касается горного дела, я взял из книг глубоко сведущего и широко образованного человека, Георгия Агриколы, который ныне еще жив и пребывает в Хемнице...».

Однако, помимо трудов Агриколы, Мюнстер использовал материалы, Агриколе не известные и представляющие интерес как наиболее ранние сведения по горному делу. Известно, например, что по многим вопросам горного дела он консультировался с Иоганном Хубинзаком – ландрихтером Либерталя (Эльзас).

Книга Мюнстера знакомит читателя со значительными достижениями в горном деле к началу XVI в., в основном, на примере Германии. В этот период стали широко внедряться рудоподъемные, водоотливные, вентиляционные и другие машины, работающие, в основном, от водяного двигателя. Они позволили существенно расширить возможности добычи руды путем перехода на эксплуатацию более глубоких горизонтов.

Монография Мюнстера содержит сведения по обогатительным процессам: дроблению – ручному и при помощи пестов, приводимых в движение от наливного колеса; ручной рудоразборке; мокрому обогащению (гравитационному), осуществляемому промывкой руды в корыте и в текущей по наклонной плоскости воде.

Современником и последователем Ванноччо Бирингуччо был выдающийся учёный Георгий Агрикола, подробно знакомившийся с книгой «Пиротехния». Известно, что эту книгу Агриколе преподнес венецианский патриций Франческо Бадаэро, состо-

явший послом Венеции при короле Фердинанде. Характеризуя данный труд, Агрикола писал: «...Ванноччо Бирингуччо из Сиены, человек сведущий во многих вещах и красноречивый, разобрал на итальянском народном наречии вопрос о выплавке, отделении и паянии металлов. Однако он лишь вскользь коснулся способов выплавки некоторых руд. Более ясно он изложил способы получения некоторых сплавов: читая у него о них, я вспоминал, как я наблюдал когда-то в Италии их изготовление. Всех остальных предметов, о которых я пишу, он не коснулся вовсе или если и коснулся, то слегка». Таким образом, книги Бирингуччо и Агриколы по содержанию как бы дополняли друг друга.

Полное и пространное, по обычаю тех времен, название книги Агриколы может служить и краткой аннотацией содержания: «Георгия Агриколы врача в Хемнице и известного философа о горном деле и металлургии двенадцать книг, в которых обязанности, инструменты, машины и все вообще относящееся к горному делу не только самым достоверным способом описывается, но и столь наглядно показывается при помощи размещенных в соответствующих местах изображений, с присовокуплением их латинских и немецких наименований, что они не могли бы быть переданы с большей ясностью».

В предисловии книги автор отметил: «Я разрешил себе благоразумно обойти молчанием все то, что я сам не видел и не читал или не узнал от людей, заслуживающих доверие. Мною, таким образом, указано лишь то, что я сам увидел и что, прочитав или услышав, сам взвесил».

Главный труд своей жизни Агрикола полностью подготовил к печати в декабре 1550 г. в Хемнице, но он был издан только в 1556 г. через несколько месяцев после смерти автора. Книга была издана на латинском языке в Базеле в известной в то время типографии Фробона и снабжена 275 прекрасными гравюрами на дереве, для изготовления которых Агрикола привлек лучших художников. В качестве приложения автор дал словарь терминов и свою работу «О подземных живых существах», изданную им

ранее, в 1549 г. и не имеющую прямого отношения к вопросам, рассматриваемым в самом труде «О горном деле и металлургии».

Значение этого труда Агриколы для развития геологии, горного дела и металлургии трудно переоценить. Достаточно сказать, что сразу после выхода в свет первого латинского издания профессор Бехиус перевел этот труд на немецкий язык. Перевод был издан в 1557 г. в Базеле. Эта своеобразная горно-металлургическая энциклопедия на протяжении XVI–XVIII вв. переиздавалась 9 раз. Она служила прекрасным практическим руководством специалистам горного дела и металлургам всей Европы.

Труд Агриколы включает 12 разделов (книг). В первых шести содержатся сведения по минералогии и горному делу, приводится оригинальная классификация минералов, излагаются основы оценки и способа разработки всех известных в то время месторождений руд металлов.

Кроме того, в «Книге первой» трактата «О горном деле и металлургии» Агрикола рассуждает о значении для человечества добычи железных ископаемых и выплавки металлов. «С устранением металлов из обихода, – заключает Агрикола, – была бы уничтожена всякая возможность ... ведения цивилизованного образа жизни».

Автор даёт характеристику необходимых качеств для профессии металлурга: «Многие придерживаются такого мнения о горном деле, что оно якобы является делом случайным и грязным, и притом занятием такого рода, которое требует не столько искусства, сколько физического труда... Горняку нельзя быть несведущим и во многих других искусствах и науках». Агрикола перечисляет науки, знание которых необходимо для занятия горно-металлургическим производством. Среди них философия («дабы он мог знать происхождение и природу подземного мира»), медицина, астрономия, наука чисел и измерений, архитектура, рисование и вопросы права.

Седьмой раздел посвящён пробирному анализу, включение которого в виде введения к систематическому изложению металлургии стало весьма продуманным и прогрессивным шагом.

Значение пробирного искусства для металлургии XVI в. было особенно велико. Ввиду отсутствия научных основ количественного химического анализа единственная возможность установления содержания металлов состояла в лабораторном копировании металлургических операций, выполняемых при выплавке металлов из руд.

В восьмом разделе излагаются способы обогащения и подготовки руд к металлургической переработке. В девятом – способы выплавки черновых металлов. Десятый раздел посвящён методам разделения и рафинирования металлов. В одиннадцатом описывается металлургическое оборудование. В двенадцатом разделе изложены методы производства солей, соды, серы, битума, селитры, купороса, квасцов и производства стекла.

Труды Агриколы получили признание современников. Эразм Роттердамский высоко оценил уже его первый труд и еще в 1531 г. предсказывал, что Агрикола «в ближайшем будущем будет на первом месте среди великих ученых». Главный труд Агриколы подал важные мысли философу Бэкону, всюду подчеркивавшему практико-техническую пользу науки. Его книга была в личной библиотеке Ньютона. Ею пользовался М.В. Ломоносов, который называл Агриколу человеком «в рудных делах преискусным». Гёте писал об Агриколе как о естествоиспытателе: «Он разгадывал тайны гор, владел искусством горного дела, открывал важные полезные ископаемые, изучал, обрабатывал и очищал их, делал их полезными для человеческих нужд. До сих пор мы восхищаемся его произведениями, где сконцентрированы все старые и новые сведения по горному делу и металлургии. Эти произведения оставлены нам как чудесный подарок».

Особо следует отметить, что книга Агриколы, помимо прочих достоинств, превосходно оформлена. Автор имел возможность пригласить для работы лучших худож-

ников, которые нарисовали инструменты, механизмы, печи, сосуды, желоба, «дабы понимание незнакомых вещей, обозначенных словесно, не представляло затруднения ни для современников, ни для потомков». И теперь редкая книга, затрагивающая вопросы истории горного дела и металлургии, выходит без этих рисунков.

Итак, книга Бирингуччо была опубликована в 1540 г. и она была первой напечатанной книгой, описывающей целые отрасли металлургии. Её автор был первым специалистом, описавшим достаточно большое количество веществ и обсудившим важнейшие металлургические процессы.

Естественно, что «Пиротехния» должна была бы сравниваться с широко известной книгой Георгия Агриколы «*De re metallika*», опубликованной шестнадцатью годами позже. Что же является причиной большей популярности и известности работы Агриколы? Современные исследователи истории техники дают следующее объяснение. Она была написана на латинском языке и стала известна ученым повсеместно. Довольно быстро она была переведена на немецкий и итальянский языки – главные технические языки позднего Средневековья. «Пиротехния» была написана на простом итальянском наречии и, хотя её можно было найти на книжных полках многих великих естествоиспытателей, она не ассоциируется с «*De re metallika*». Единственный перевод того времени был сделан на французский язык в 1558 г., немецкий перевод появился в 1925 г., а английский – только в 1943 г.

Вместе с тем, по мнению большинства исследователей истории технической литературы, в плане ясности и специфичности деталей практика Бирингуччо имеет преимущество перед начитанностью и эрудированностью Агриколы, в книге которого была предпринята попытка следовать устаревшей терминологии классических авторов. Бирингуччо же писал живым языком, который, с точки зрения технолога-практика, являлся более ясным и точным.

## **Приложение 1. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

### **Практическое занятие № 1. «Производство тигельной стали из железных руд»**

#### **1.1. Историческая справка**

Способы производства железа (стали) из руд в «волчьих ямах» и в тиглях, помещённых в специальные горны (подобные горнам, применявшимся для изготовления керамических изделий), стали первыми в истории человеческой цивилизации. По-видимому, оба способа являются металлургическими приёмами, унаследованными от освоенного ранее производства меди и бронзы с существенными усовершенствованиями, связанными с природными отличиями руд металлов и их поведением в ходе плавки.

Наиболее важными из вышеупомянутых усовершенствований стали:

- создание восстановительной атмосферы в металлургическом агрегате с помощью помещения в него избыточного количества древесного угля;
- совершенствование конструкции горна, использование высокоогнеупорных материалов, применение воздуходувных средств или создание естественного притока воздуха, что в совокупности позволило достигнуть температурного уровня, более высокого, чем при производстве меди и бронзы (не менее 1200 °С против 600–1000 °С при производстве меди и бронзы).

Судьба способов оказалась различной: примитивная «волчья яма» относительно быстро уступила место «сыродутному» горну, тигельный же процесс выплавки железа из руд получил дальнейшее развитие, прежде всего в странах азиатского континента, поскольку позволял, хотя и в небольших количествах, получать сталь высочайшего (даже по современным стандартам) качества.

В некоторых регионах Азии тигельный способ производства железа (стали) из руд просуществовал до конца XIX в., а в кустарном металлургическом производстве применяется до сих пор. Расцвет производства тигельной стали высочайшего качества – так называемых вуца (вутца), дамаска или булата, приходится на V–XIII в.

В данном практическом занятии будет разобран процесс тигельной плавки железной руды, воспроизведённый методами «практической археологии» для условий Северной Ферганы IX–XII вв.

## 1.2. Археологические исследования

При раскопках городища Ахсикет в Северной Фергане были обнаружены предметы и материалы, применявшиеся в производстве стали в IX–XIII вв. Найдены остатки горна, фрагменты тиглей с остатками шлака и невозстановленными спёками, склады древесного угля и доломита, свалка шлаков и полубогоревших растений. Исследования археологических материалов, в том числе методами металлографии и «практической археологии», позволили установить детали древнего способа производства стали.

Конструкция тиглей и технология плавки подробно рассмотрены в разделе 3.1.1. Напомним, что диаметр тигля  $d_{\text{тигль}} = 0,1 \text{ м} = 1 \text{ дм}$ , а высота  $H_{\text{тигль}} = 1,2 \text{ м} = 12 \text{ дм}$ .

## 1.3. Исходные данные и допущения

В состав шихты входят железная руда, древесный уголь и доломит.

Железная руда представляет собой минерал гематит и состоит из  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$  и  $\text{V}_2\text{O}_5$ . Насыпная масса руды  $\rho_{\text{руды}} = 1,75 \text{ т/м}^3$  (или  $\text{кг/дм}^3$ ). Древесный уголь имеет насыпную массу  $\rho_{\text{угля}} = 0,2 \text{ т/м}^3$ . Наличием в нём золы пренебрегаем (т.е. считаем, что он полностью состоит из углерода). Отношение объёмов железной руды и древес-

ного угля составляет 1:2,5. В состав доломита входят CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и CO<sub>2</sub> (в составе карбонатов). Содержание CO<sub>2</sub> в доломите составляет 45 %.

Химические составы спёка, сформировавшегося на начальном этапе процесса, и конечного шлака плавки представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Химический состав спёка и конечного шлака

(данные археологических исследований, % (масс.))

Материал	Основные компоненты							
	SiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	C
Спёк	12,6	0,4	3,8	1,6	58,5	3,0	2,2	17,9
Конечный шлак	18,6	0,6	5,7	2,4	67,6	4,5	2,6	–

Насыпная масса спёка  $\rho_{\text{спёка}} = 2,55 \text{ т/м}^3$ . Спёк занимал примерно 90 % объёма тигля.

В состав стали помимо железа, ванадия, кремния входят также, % (масс.): С – 1,4; S – 0,05 и P – 0,05; присутствие которых в шихтовых материалах мы не учитываем.

#### 1.4. Задача расчёта

Определить массу компонентов исходной шихты, т.е. железной руды, древесного угля и доломита; массу шлака; массу и химический состав стали.

#### 1.5. Решение

Объём тигля, если считать его цилиндром, составляет

$$V_{\text{тигля}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{тигля}}^2}{4} \cdot H_{\text{тигля}} = \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} \cdot 12 = 9,42 \text{ дм}^3.$$

$$\text{Тогда объём спёка } V_{\text{спёка}} = V_{\text{тигля}} \cdot \frac{90\%}{100\%} = 8,48 \text{ дм}^3,$$

$$\text{а его масса } M_{\text{спёка}} = V_{\text{спёка}} \cdot \rho_{\text{спёка}} = 8,48 \cdot 2,55 = 21,6 \text{ кг.}$$

Массу шлака определяем исходя из баланса одного из оксидов, полностью переходящих в него в ходе плавки (CaO, MgO или Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). В этом случае массовое количество оксида в спёке и в шлаке будет одинаковым, что позволит определить массу шлака:

$$M_{\text{CaO}}^{\text{спёка}} = \frac{M_{\text{спёка}} \cdot \% \text{CaO}_{\text{спёка}}}{100\%} = \frac{21,6 \cdot 3,8}{100} = 0,821 \text{ кг}$$

$$M_{\text{шлака}} = M_{\text{CaO}}^{\text{спёка}} \cdot \frac{100\%}{\% \text{CaO}_{\text{шлака}}} = 0,821 \cdot \frac{100\%}{5,7} = 14,4 \text{ кг}$$

Массы элементов, входящих в состав тигельной стали, также определяются на основе их балансов.

Баланс железа:

$$M_{\text{Fe}}^{\text{спёка}} = M_{\text{спёка}} \cdot \frac{\% \text{FeO}_{\text{спёка}}}{100\%} \cdot \frac{\mu_{\text{Fe}}}{\mu_{\text{FeO}}} = 21,6 \cdot \frac{58,5}{100} \cdot \frac{56}{72} = 9,83 \text{ кг}$$

$$M_{\text{Fe}}^{\text{шлака}} = M_{\text{шлака}} \cdot \frac{\% \text{FeO}_{\text{шлака}}}{100\%} \cdot \frac{\mu_{\text{Fe}}}{\mu_{\text{FeO}}} = 14,4 \cdot \frac{67,6}{100} \cdot \frac{56}{72} = 7,57 \text{ кг}$$

$$M_{\text{Fe}}^{\text{металла}} = M_{\text{Fe}}^{\text{спёка}} - M_{\text{Fe}}^{\text{шлака}} = 9,83 - 7,57 = 2,26 \text{ кг}$$

Баланс кремния:

$$M_{\text{SiO}_2}^{\text{спёка}} = M_{\text{спёка}} \cdot \frac{\% \text{SiO}_2^{\text{спёка}}}{100\%} = 21,6 \cdot \frac{12,6}{100} = 2,72 \text{ кг}$$

$$M_{\text{SiO}_2}^{\text{шлака}} = M_{\text{шлака}} \cdot \frac{\% \text{SiO}_2^{\text{шлака}}}{100\%} = 14,4 \cdot \frac{18,6}{100} = 2,68 \text{ кг}$$

$$M_{\text{SiO}_2}^{\text{металла}} = (M_{\text{SiO}_2}^{\text{спёка}} - M_{\text{SiO}_2}^{\text{шлака}}) \cdot \frac{\mu_{\text{Si}}}{\mu_{\text{SiO}_2}} = (2,72 - 2,68) \cdot \frac{28}{60} = 0,02 \text{ кг}$$

Баланс ванадия:

$$M_{\text{V}_2\text{O}_5}^{\text{спёка}} = M_{\text{спёка}} \cdot \frac{\% \text{V}_2\text{O}_5^{\text{спёка}}}{100\%} = 21,6 \cdot \frac{2,2}{100} = 0,48 \text{ кг}$$

$$M_{\text{V}_2\text{O}_5}^{\text{шлака}} = M_{\text{шлака}} \cdot \frac{\% \text{V}_2\text{O}_5^{\text{шлака}}}{100\%} = 14,4 \cdot \frac{2,6}{100} = 0,37 \text{ кг}$$

$$M_V^{\text{металла}} = (M_{V_2O_5}^{\text{спёка}} - M_{V_2O_5}^{\text{шлака}}) \cdot \frac{2 \cdot \mu_V}{\mu_{V_2O_5}} = (0,48 - 0,37) \cdot \frac{102}{182} = 0,06 \text{ кг}$$

Суммарное содержание железа, кремния и ванадия в стали составляет

$$100\% - \%C_{\text{сплава}} - \%S_{\text{сплава}} - \%P_{\text{сплава}} = 100 - 1,4 - 0,05 - 0,05 = 98,5\%$$

а их суммарная масса –  $2,26 + 0,02 + 0,06 = 2,34$  кг.

Тогда полная масса стали:

$$M_{\text{крицы}} = \frac{\Sigma M_{\text{Fe, Si, V}}}{\Sigma \%_{\text{Fe, Si, V}}} \cdot 100 = \frac{2,34}{98,5} \cdot 100 = 2,376 \text{ кг}$$

Химический состав крицы представлен в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Состав крицы

Элемент	Fe	V	Si	C	P	S	Сумма
Масса	2,26	0,06	0,02	0,034	0,001	0,001	2,376
% (масс.)	95,1	2,5	0,9	1,4	0,05	0,05	100

Из руды в спёк переходят оксиды FeO, MnO, SiO<sub>2</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Кроме того, оксид железа Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, переходя в спёк, восстанавливается по реакции Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + C = 2FeO + CO↑. С учётом этого можно определить расход железной руды:

$$M_{\text{руды}} = M_{\text{спёка}} \cdot \left[ \frac{\% \text{FeO}_{\text{спёка}} + \% \text{MnO}_{\text{спёка}} + \% \text{SiO}_{2\text{спёка}} + \% \text{V}_2\text{O}_{5\text{спёка}}}{100\%} + \frac{\% \text{FeO}_{\text{спёка}}}{100\%} \cdot \frac{\mu_{\text{O}}}{2 \cdot \mu_{\text{Fe}} + 2 \cdot \mu_{\text{O}}} \right] =$$

$$= 21,6 \cdot \left[ \frac{58,5 + 0,4 + 12,6 + 2,2}{100} + \frac{58,5}{100} \cdot \frac{16}{2 \cdot 56 + 2 \cdot 16} \right] = 17,32 \text{ кг}$$

Расход древесного угля определяется исходя из его соотношения его объёма с объёмом руды:

$$\frac{V_{\text{угля}}}{V_{\text{руды}}} = \frac{2,5}{1,0}$$

$$\text{Тогда } \frac{M_{\text{угля}}}{M_{\text{руды}}} = \frac{V_{\text{угля}} \cdot \rho_{\text{угля}}}{V_{\text{руды}} \cdot \rho_{\text{руды}}} = \frac{2,5 \cdot 0,2}{1,0 \cdot 1,75} = \frac{0,5}{1,75}, \text{ откуда } M_{\text{угля}} = 17,32 \cdot \frac{0,5}{1,75} = 4,95 \text{ кг.}$$

Поскольку по условию единственным источником оксидов CaO, MgO и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в спёке является доломит, можно определить его расход:

$$M_{\text{доломита}} = M_{\text{спёка}} \cdot \frac{\% \text{CaO}_{\text{спёка}} + \% \text{MgO}_{\text{спёка}} + \% \text{Al}_2\text{O}_{3\text{спёка}}}{100\%} \cdot \frac{100\%}{100\% - \% \text{CO}_{2\text{дол.}}} =$$

$$= 21,6 \cdot \frac{3,8 + 1,6 + 3,0}{100} \cdot \frac{100}{100 - 45} = 3,30 \text{ кг}$$

Общий расход шихты, таким образом, составит:

$$M_{\text{шихты}} = 3,30 + 17,32 + 4,95 = 25,57 \text{ кг}$$

## 1.6. Проверка

Проверка правильности расчёта производится определением количества углерода, затраченного на реакцию  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{C} = 2\text{FeO} + \text{CO}\uparrow$ , и кислорода, отнятого у оксида железа в ходе протекания этой реакции. В том случае, если расчёт проведён верно, количества углерода и кислорода должны быть равны:

- затрачено углерода:

$$\left[ M_{\text{угля}} - M_{\text{спёка}} \cdot \frac{\% \text{C}_{\text{спёка}}}{100\%} \right] \cdot \frac{1000}{\mu_{\text{C}}} = \left[ 4,95 - 21,6 \cdot \frac{17,9}{100} \right] \cdot \frac{1000}{12} = 90,33 \text{ моль}$$

- отнято кислорода:  $M_{\text{спёка}} \cdot \frac{\% \text{FeO}_{\text{спёка}}}{100\%} \cdot \frac{1000}{2 \cdot \mu_{\text{FeO}}} = 21,6 \cdot \frac{58,5}{100} \cdot \frac{1000}{144} = 87,75 \text{ моль.}$

Завышенное, по сравнению с кислородом, количество затраченного углерода объясняется тем, что помимо оксида железа в небольших количествах восстанавливаются оксиды других элементов, находящиеся в составе руды.

## Практическое занятие № 2 «Производство кричного железа в сыродутных горнах»

### 2.1. Историческая справка

Сыродутный горн стал первым металлургическим агрегатом, специально предназначенным для производства из руд железа. По данным последних археологических исследований, первые сыродутные горны появились в начале II тыс. до н.э., однако широкое, практически повсеместное распространение, они получили в «латенском» периоде железного века, т.е. в V–I вв. до н.э.

Название горна «сыродутный» (сырое дутье) подчеркивает, что подача в него воздуха, необходимого для горения углерода древесного угля, осуществлялась без использования специального оборудования. Существовало два основных способа подачи воздуха в горн:

- с помощью создания естественной тяги в рабочем пространстве агрегата за счет расположения его со стороны основного направления ветра, как правило, у возвышенных форм рельефа местности;
- с помощью использования простейших ручных дутьевых средств, которыми служили меха, а в более поздние времена – деревянные однодувные цилиндры;

В обоих случаях интенсивность подачи воздушного дутья в горн не превышала 1,5–2,0 м<sup>3</sup>/мин.

Другое название сыродутного горна, используемое в специальной литературе – «низкий горн» – указывает на то, что его высота не превышала человеческого роста, т.е. 1–1,5 м, и он легко обслуживался, таким образом, мастерами металлургами вручную.

Температура нагрева материалов в сыродутных горнах не превышала 1100–1300 °С, что является недостаточным для плавления получавшегося в результате процесса, низкоуглеродистого железа. Поэтому продуктом «плавки» была крица, пред-

ставлявшая собой пористый (похожий на губку) материал – спек неравномерного по химическому составу железа со шлаком. Шлак представлял собой железистый расплав, главной составляющей которого являлся минерал фаялит:  $2 \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$  или  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ . Таким образом, при сыродутном процессе имели место высокие потери железа (прежде всего со шлаком), которые могли достигать 80 % (отн.).

Тем не менее, сыродутный горн, во многих регионах Азии и Африки просуществовал до конца XIX в., а у народов некоторых отдаленных регионов (например, на островах Индийского и Тихого океанов и Заполярья) встречается до сих пор. В данном практическом занятии будет разобран сыродутный процесс плавки железной руды для условий о. Борнео середины XIX в., описанный очевидцем.

## **2.1. Описания исследователей**

Использование сыродутных горнов в XIX в. в кустарном производстве железа у азиатских и африканских народов, позволило многим исследователям того времени воочию наблюдать процесс переработки железной руды и подробно описать его. Известны описания сыродутного процесса в различных районах Индии, Бирмы, Мадагаскара, внутренней Африки. В основу данного практического занятия положены материалы, составленные доктором К.А. Швайнером после посещения им острова Борнео в 1843–1847 гг.

## **2.2. Конструкция сыродутного горна**

Сыродутный горн строился из глины и снаружи скреплялся бамбуковыми обручами (рис. 2.1). Внутреннее пространство печи представляло собой два усеченных конуса с общим большим основанием (хотя нередко использовались другие конфигурации: усеченные пирамиды, цилиндры, а иногда просто прямоугольные шахты). Горн снабжался двумя или тремя глиняными фурмами с диаметром, постепенно сужающимся

ся в направлении внутреннего пространства печи, от 60 до 25 мм. Для выхода шлака внизу печи оставляли отверстие, перед которым вырывали углубление для скапливающегося шлака.

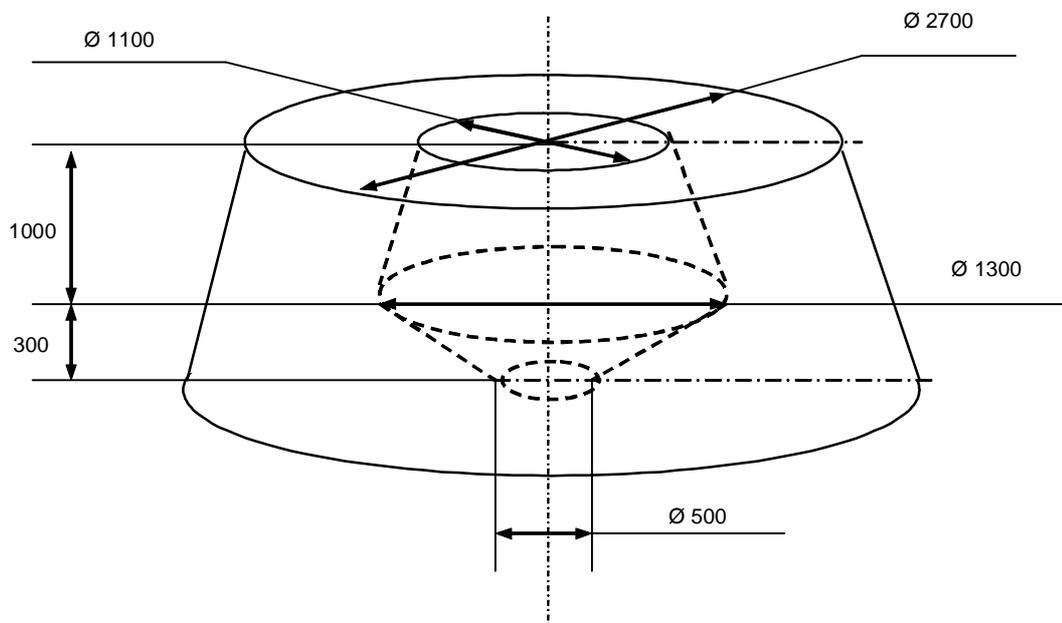


Рис. 2.1. Конструкция сыродутного горна о. Борнео в середине XIX в.

(по описанию проф. Швайнера)

### 2.3. Конструкция дутьевых приборов

#### *Меха*

Меха изготавливались из шкур коз или ланей, как правило, молодых особей женского пола. Шкура снималась таким образом, что надрезалась лишь задняя ее часть.

Отверстия, соответствующие ногам, зашивали, а в отверстие шеи вшивалось бамбуковое сопло. Хвост разрезался вдоль, и только углы этой прорези сшивались таким образом, чтобы появлялась щель, служащая для притока воздуха в мех. С наружной стороны к краям этой щели плотно прикрепляли бамбуковые трости, при помощи которых ее удобно было раскрывать и закрывать. Щель выполняла, таким образом,

роль клапана. Кожа натиралась маслом или кислым молоком, что придавало ей необходимую мягкость.

К печи приспособлялось обычно два меха, управляемые одним рабочим. В руках у рабочего находился ремень, пришитый к верхней части меха. Опуская нижний край прорезанной щели и открывая ее, рабочий наполнял мех воздухом. Затем он сжимал края щели и всей тяжестью налегал на мех, направляя скопившийся там воздух в печь. Действуя попеременно то одним, то другим мехом, рабочий достигал довольно ровного потока воздуха.

#### *Однодувные деревянные цилиндры*

Цилиндром служил выдолбленный в середине пень высотой до 1,5 м и внешним диаметром около 900 мм. В боковой поверхности цилиндра находился открывающийся внутрь клапан. Ход поршня достигал 1,2 м, передвигался он вручную, при помощи бамбуковой палки или длинной штанги, которая одним концом крепилась к балке крыши, находящейся над печью, а другим к противовесу.

## **2.4. Технология плавки**

Перед загрузкой в горн железную руду укладывали в кучи с дровами, разводили костры и в течении суток прокаливали. Затем ее измельчали до крупности ореха и перемешивали с древесным углем, составляя шихту.

Сыродутный горн просушивали и прогревали, разводя внутри него на продолжительное время костер. Затем горн наполняли на две трети древесным углем, и лишь после этого укладывали смесь руды и угля (шихту) таким образом, чтобы над верхней частью горна (колошником) образовалось коническое возвышение. Подача в горн дутья приводила к разжиганию угля, углерод которого в условиях недостатка кислорода го-

рел до оксида углерода по реакции:  $C + \frac{1}{2} O_2 = CO$ . Таким образом, в печи создавалась восстановительная среда, способствовавшая восстановлению железа из оксидов.

В результате процесса, продолжавшегося около суток, образовывалась крица массой 25–40 кг, которую вытаскивали из горна деревянными клещами и затем проковывали.

## 2.5. Исходные данные и допущения

Шихта состоит из глинистого бурого железняка и древесного угля, взятых в соотношении 1 к 10 по объему. Химический состав бурого железняка представлен в табл. 2.1. Его насыпная масса  $\rho_{\text{руды}} = 1,5 \text{ т/м}^3$  (или  $\text{кг/дм}^3$ ). Химический состав древесного угля представлен в табл. 2.2. Насыпная масса древесного угля  $\rho_{\text{угля}} = 0,2 \text{ т/м}^3$ . Химический состав получаемой железной крицы приведен в табл. 2.3.

Таблица 2.1

Химический состав бурого железняка, % (масс.)

<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>CaO</b>	<b>MgO</b>	<b>MnO</b>	<b>Влага</b>
63,0	15,0	1,0	2,8	0,5	6,7	11,0

Таблица 2.2

Химический состав древесного угля, % (масс.)

<b>С</b>	<b>Н</b>	<b>О</b>	<b>Зола</b>
87,0	2,5	9,0	1,5

Таблица 2.3

Химический состав получаемой крицы, % (масс.)

<b>Fe<sub>мет.</sub></b>	<b>Mn</b>	<b>С<sub>связанный</sub></b>	<b>Уголь остаточный</b>	<b>Шлак</b>
84,0	0,5	0,5	5,0	10,0

Предполагаем, что углерод окисляется до монооксида (CO), а шлак состоит из минерала фаялита  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  ( $2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$ ) с примесями  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  и  $\text{MnO}$ . Принимаем также, что водород, находящийся в составе древесного угля не принимает участия в процессах восстановления.

Продолжительность процесса – 24 часа.

## 2.6. Задача расчета

Определить массу крицы и шлака, общее количество и расход подаваемого в сыродутный горн воздушного дутья и количество образовавшихся газообразных продуктов плавки.

## 2.7. Решение

Объем внутреннего пространства горна, представляющего собой два усечённых конуса с общим основанием, составляет:

$$V_{\text{горна}} = \left( \frac{1,3\text{ м} + 1,1\text{ м}}{2} \right)^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 1\text{ м} + \left( \frac{1,3\text{ м} + 0,5\text{ м}}{2} \right)^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,3\text{ м} = 1,32 \text{ м}^3.$$

Тогда масса руды  $M_{\text{руды}} = V_{\text{горна}} \cdot \frac{1}{1+10} \cdot \rho_{\text{руды}} = 1,32 \cdot \frac{1}{11} \cdot 1,5 = 0,18 \text{ т}$  (или 180 кг), а масса

древесного угля  $M_{\text{угля}} = V_{\text{горна}} \cdot \frac{10}{1+10} \cdot \rho_{\text{угля}} = 1,32 \cdot \frac{10}{11} \cdot 0,2 = 0,24 \text{ т}$  (или 240 кг).

Массу железа, перешедшего из руды в крицу, определим по балансу железа:

- масса железа в руде  $M_{\text{руды}}^{\text{Fe}} = M_{\text{руды}} \cdot \frac{\% \text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{руды}}}{100\%} \cdot \frac{2\mu_{\text{Fe}}}{\mu_{\text{Fe}_2\text{O}_3}} = 180 \cdot \frac{63}{100} \cdot \frac{112}{160} = 79,38 \text{ кг};$

- масса железа в шлаке (при условии, что весь  $\text{SiO}_2$  из руды переходит в шлак и находится в составе фаялита –  $2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$ )

$$M_{\text{шлака}}^{\text{Fe}} = M_{\text{руды}} \cdot \frac{\% \text{SiO}_2^{\text{руды}}}{100\%} \cdot \frac{2\mu_{\text{FeO}}}{\mu_{\text{SiO}_2}} \cdot \frac{\mu_{\text{Fe}}}{\mu_{\text{FeO}}} = 180 \cdot \frac{15}{100} \cdot \frac{144}{60} \cdot \frac{56}{72} = 50,4 \text{ кг};$$

- масса железа крицы составляет  $M_{\text{крицы}}^{\text{Fe}} = M_{\text{руды}}^{\text{Fe}} - M_{\text{шлака}}^{\text{Fe}} = 79,38 - 50,40 = 28,98 \text{ кг}$ .

$$\text{Тогда масса крицы составит } M_{\text{крицы}} = M_{\text{крицы}}^{\text{Fe}} \cdot \frac{100\%}{\% \text{Fe}_{\text{крицы}}} = 28,98 \cdot \frac{100}{84} = 34,50 \text{ кг}.$$

Далее определяем массу шлака. Источниками шлака в сыродутном процессе являются монооксид железа ( $\text{FeO}$ ), оксиды пустой породы руды и оксиды, содержащиеся в золе древесного угля. При этом необходимо учесть, что часть монооксида марганца ( $\text{MnO}$ ), содержащегося в руде, в ходе процесса восстанавливается до металла и переходит в крицу, а также то, что часть шлака физически находится в составе крицы.

Тогда:

- масса монооксида железа в шлаке  $M_{\text{шлака}}^{\text{FeO}} = M_{\text{шлака}}^{\text{Fe}} \cdot \frac{\mu_{\text{FeO}}}{\mu_{\text{Fe}}} = 50,4 \cdot \frac{72}{56} = 64,8 \text{ кг};$

- масса оксидов пустой породы руды в шлаке

$$M_{\text{шлака}}^{\text{ППруды}} = M_{\text{руды}} \cdot \frac{\% \text{SiO}_2^{\text{руды}} + \% \text{Al}_2\text{O}_3^{\text{руды}} + \% \text{CaO}^{\text{руды}} + \% \text{MgO}^{\text{руды}}}{100\%} =$$

$$= 180 \cdot \frac{15 + 1 + 2,8 + 0,5}{100} = 34,74 \text{ кг};$$

- масса монооксида марганца, перешедшего в шлак из руды

$$M_{\text{шлака}}^{\text{MnO}} = M_{\text{руды}} \cdot \frac{\% \text{MnO}^{\text{руды}}}{100\%} - M_{\text{крицы}} \cdot \frac{\% \text{Mn}^{\text{крицы}}}{100} \cdot \frac{\mu_{\text{MnO}}}{\mu_{\text{Mn}}} =$$

$$= 180 \cdot \frac{6,7}{100} - 34,5 \cdot \frac{0,5}{100} \cdot \frac{72}{55} = 11,83 \text{ кг};$$

- масса золы угля, перешедшей в шлак

$$M_{\text{шлака}}^{\text{зола}} = (M_{\text{угля}} - M_{\text{крицы}} \cdot \% \text{Угля}^{\text{крицы}}) \cdot \frac{\% \text{Золы}^{\text{угля}}}{100\%} =$$

$$= \left( 240 - 34,5 \cdot \frac{5}{100} \right) \cdot \frac{1,5}{100} = 3,57 \text{ кг};$$

Тогда общая масса образовавшегося шлака составит

$$M_{\text{шлака}}^{\Sigma} = M_{\text{шлака}}^{\text{FeO}} + M_{\text{шлака}}^{\text{ППруды}} + M_{\text{шлака}}^{\text{MnO}} + M_{\text{шлака}}^{\text{зола}} = 64,8 + 34,74 + 11,83 + 3,57 = 114,94 \text{ кг},$$

а за вычетом шлака, вошедшего в состав крицы –

$$M_{\text{шлака}} = M_{\text{шлака}}^{\Sigma} - M_{\text{крицы}} \cdot \frac{\% \text{Шлака}_{\text{крицы}}}{100\%} = 114,94 - 34,5 \cdot \frac{10}{100} = 111,49 \text{ кг}.$$

Для определения расхода воздуха, а также состава образующихся газообразных продуктов плавки необходимо составить балансы кислорода и углерода.

Баланс кислорода:

- необходимо для неполного сгорания углерода древесного угля

$$M_{\text{горения угля}}^{\text{O}} = \left( M_{\text{угля}} \cdot \frac{\% \text{C}_{\text{угля}}}{100\%} - M_{\text{крицы}} \cdot \frac{\% \text{Угля}_{\text{крицы}} \cdot \frac{\% \text{C}_{\text{угля}}}{100\%} + \% \text{C}_{\text{крицы}}}{100\%} \right) \cdot \frac{\mu_{\text{O}}}{\mu_{\text{C}}} =$$

$$= \left( 240 \cdot \frac{87}{100} - 34,5 \cdot \frac{5 \cdot \frac{87}{100} + 0,5}{100} \right) \cdot \frac{16}{12} = 276,17 \text{ кг};$$

- из руды поступает кислорода:

при восстановлении  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  до  $\text{FeO}$

$$M_{\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{FeO}}^{\text{O}} = M_{\text{руды}} \cdot \frac{\% \text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{руды}}}{100\%} \cdot \frac{\mu_{\text{O}}}{\mu_{\text{Fe}_2\text{O}_3}} =$$

$$= 180 \cdot \frac{63}{100} \cdot \frac{16}{160} = 11,34 \text{ кг};$$

при восстановлении  $\text{FeO}$  до  $\text{Fe}$

$$M_{\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}}^{\text{O}} = M_{\text{крицы}} \cdot \frac{\% \text{Fe}_{\text{крицы}}}{100\%} \cdot \frac{\mu_{\text{O}}}{\mu_{\text{Fe}}} =$$

$$= 34,5 \cdot \frac{84}{100} \cdot \frac{16}{56} = 8,28 \text{ кг};$$

при восстановлении  $\text{MnO}$  до  $\text{Mn}$

$$M_{\text{MnO} \rightarrow \text{Mn}}^{\text{O}} = M_{\text{крицы}} \cdot \frac{\% \text{Mn}^{\text{руды}}}{100\%} \cdot \frac{\mu_{\text{O}}}{\mu_{\text{Mn}}} =$$

$$= 34,5 \cdot \frac{0,5}{100} \cdot \frac{16}{55} = 0,05 \text{ кг};$$

Таким образом, всего из руды поступает кислорода

$$M_{\text{O}}^{\text{руды}} = M_{\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{FeO}}^{\text{O}} + M_{\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}}^{\text{O}} + M_{\text{MnO} \rightarrow \text{Mn}}^{\text{O}} = 11,34 + 8,28 + 0,05 = 19,67 \text{ кг};$$

- из древесного угля поступает кислорода:

$$M_{\text{O}}^{\text{угля}} = \left( M_{\text{угля}} - M_{\text{крицы}} \cdot \frac{\% \text{Угля}^{\text{крицы}}}{100\%} \right) \cdot \frac{\% \text{O}^{\text{угля}}}{100\%} = \left( 240 - 34,5 \cdot \frac{5}{100} \right) \cdot \frac{9}{100} = 21,44 \text{ кг}.$$

Тогда с воздушным дутьем необходимо подать кислорода:

$$M_{\text{O}}^{\text{дутья}} = M_{\text{горения}}^{\text{O}} - M_{\text{O}}^{\text{руды}} - M_{\text{O}}^{\text{угля}} = 176,17 - 19,67 - 21,44 = 235,06 \text{ кг}.$$

Тогда объём подаваемого в горн воздуха, при нормальных условиях и содержания в нём кислорода 21 % (объемн.) составит

$$V_{\text{дутья}} = M_{\text{O}}^{\text{дутья}} \cdot \frac{V_{\mu}}{\mu_{\text{O}}} \cdot \frac{100\%}{\% \text{O}_2^{\text{возд.}}} = 235,06 \cdot \frac{22,4}{16} \cdot \frac{100}{21} = 1567,07 \text{ м}^3.$$

Учитывая, что продолжительность плавки составляла 24 ч., минимальный расход дутья составляет  $Q_{\text{дутья}}^{\text{min}} = \frac{V_{\text{дутья}}}{24 \cdot 60} = \frac{1567,07}{24 \cdot 60} = 1,09 \text{ м}^3 / \text{мин}.$

В ходе плавки образуются газообразные продукты в следующих количествах:

$$\text{CO: } V_{\text{CO}} = M_{\text{горения}}^{\text{O}} \cdot \frac{V_{\mu}}{\mu_{\text{O}}} = 276,17 \cdot \frac{22,4}{16} = 386,64 \text{ м}^3$$

$$M_{\text{CO}} = V_{\text{CO}} \cdot \frac{\mu_{\text{CO}}}{V_{\mu}} = 386,64 \cdot \frac{28}{22,4} = 483,3 \text{ кг}$$

$$\text{H}_2: M_{\text{H}_2} = \left( M_{\text{угля}} - M_{\text{крицы}} \cdot \frac{\% \text{Угля}^{\text{крицы}}}{100\%} \right) \cdot \frac{\% \text{H}^{\text{угля}}}{100\%} = \left( 240 - 34,5 \cdot \frac{5}{100} \right) \cdot \frac{2,5}{100} = 5,96 \text{ кг}$$

$$V_{\text{H}_2} = V_{\text{H}_2} \cdot \frac{V_{\mu}}{\mu_{\text{H}_2}} = 5,96 \cdot \frac{22,4}{2} = 66,72 \text{ м}^3$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = M_{\text{руды}} \cdot \frac{\% \text{Влаги}^{\text{руды}}}{100\%} = 180 \cdot \frac{11}{100} = 19,8 \text{ кг}$$

H<sub>2</sub>O:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \frac{V_{\mu}}{\mu_{\text{H}_2\text{O}}} = 19,8 \cdot \frac{22,4}{18} = 24,64 \text{ м}^3$$

N<sub>2</sub>:

$$V_{\text{N}_2} = V_{\text{дутья}} \cdot \frac{\% \text{N}_2^{\text{дутья}}}{100\%} = 1567,07 \cdot \frac{79}{100} = 1237,99 \text{ м}^3$$

$$M_{\text{N}_2} = V_{\text{N}_2} \cdot \frac{\mu_{\text{N}_2}}{V_{\mu}} = 1237,99 \cdot \frac{28}{22,4} = 1547,48 \text{ кг}$$

Таким образом, общий объём отходящих газов составит  $V_{\text{газов}} = 386,64 + 66,72 + 24,64 + 1237,99 = 1716 \text{ м}^3$ , а их масса –  $M_{\text{газов}} = 483,3 + 5,96 + 19,8 + 1547,48 = 2056,54 \text{ кг}$ .

## 2.8. Проверка

Для проверки правильности расчёта составим материальный баланс.

Приходная часть:

- руда – 180 кг;
- древесный уголь – 240 кг;
- воздушное дутьё –  $M_{\text{O}}^{\text{дутья}} + M_{\text{N}_2} = 235,06 + 1547,48 = 1782,54 \text{ кг}$ .

Итого приходная часть – 2202,54 кг.

Расходная часть:

- крица – 34,50 кг;
- шлак – 111,49 кг;
- отходящие газы – 2056,54 кг.

Итого расходная часть – 2202,53 кг.

Таким образом, поскольку приходная часть равна расходной, следовательно расчёт выполнен верно.

## Практическое занятие № 3 «Определение параметров процессов переработки железных руд в Средние века (IX–XVI в.)»

### 3.1. Исторические ситуации

Развитие металлургического производства в средневековой Европе происходило по пути постепенного повышения мощности рудоплавильных агрегатов за счет увеличения их размеров и повышения интенсивности подачи в них дутья. При этом конструктивные решения в конкретных случаях отличались большим разнообразием и часто основывались на национальных традициях и предпочтениях. Известны, например, такие способы производства первичного металла как: каталонская и корсиканская кузницы, плавки в осмундских печах, штюкофенах, позднее – в блауфенах и домницах различных видов. При этом, наряду с высокопроизводительными промышленными агрегатами использовавшимися в цеховых мастерских, продолжали широко применяться сыродутные горны. Металлургическое производство большинства стран Европы вплоть до конца Средних Вв. продолжало базироваться на кустарном извлечении железа из руд сыродутным способом.

Хорошо налаженная система цеховой отчетности и учета торговых операций позволяет нам при изучении данной темы рассмотреть производственную деятельность конкретных исторических персонажей. Ниже приводятся 15 исторических ситуаций взятых из различных литературных источников.

1. К церемонии возведения в императорское достоинство Карла V (Великого) в 800 г. монахи епископства Лорх (первой известной металлургической мануфактуры Европы) изготовили полный комплект вооружения для сорока всадников.

2. В канун Третьего крестового похода (1189–1192 гг.) мастера города Пассау получают заказ от Готфрида Бульонского на изготовление вооружения для десяти рыцарей.
3. Во времена Реконквисты в канун битвы при Лас-Навас-де-Толосе (1212 г.) в одной из крупных мастерских Памплоны получен заказ на изготовление сорока рыцарских доспехов.
4. Поставщик двора Карла VII Мюрман дю Перри в 1439 г. изготовил в своей Парижской мастерской вооружение для роты жандармов (120 штук).
5. Братья Габриэль и Франческо Мерате, состоящие на службе у императора Максимилиана I, получают заказ на изготовление двенадцати турнирных доспехов для конного боя к большому турниру 1504 г. в Арбуа (Фландрия).
6. В течение пяти лет (с 1543 по 1547 гг.) под руководством мастера-литейщика Питера Боуде в мастерских города Бакстед (графство Суссекс) для королевских арсеналов Генриха VIII в Тауэре отлито 351 чугунное орудие. (Средняя масса орудия 80 пудов; ядра – 10 фунтов).
7. В 1545 г. владелец крупной лудильной мастерской (по изготовлению белой жести) Петр фон Шпеэр в городе Вундизеле заказывает у своего постоянного поставщика – владельца металлургического завода с плющильными молотами в городе Амберге Каспара Рекнагеля 100 «клещей» (пакетов заготовок черной жести).
8. Литейщик пушек Жиамо получает заказ на изготовление артиллерийских орудий для галиона «Пеликан», строящегося в 1566 г. в Ворчестере. Всего 44 орудия калибром: семь двенадцатифунтовых, семь восьмифунтовых, десять шестифунтовых, двадцать трехфунтовых и ядра к ним.
9. Гвоздочник Мердок рассчитывает продать на Бристольской ярмарке 1569 г. 2000 штук корабельных восьми и десяти дюймовых гвоздей (средней массой 1 фунт).

10. Владельцы большой литейной мастерской в Венеции братья Сигизмондо и Джулио Альбертеги (уроженцы Масса-Фискалио) в 1570 г., в период Кипрской войны Священной лиги против турок, получают заказ на изготовление полного пушечного вооружения для галеаса. Всего 70 орудий калибром: одно тридцатисестьфунтовое, два двадцатичетырехфунтовых, два восемнадцатифунтовых, десять двенадцатифунтовых, десять восьмифунтовых, пятнадцать шестифунтовых, тридцать трехфунтовых и ядра для них.
11. Зажиточные крестьяне деревни Пилола, владельцы сыродутного горна и расковочной кузницы, рассчитывают – продать на Макарьевской ярмарке 1587 г. 40 пудов «уклада».
12. В 1588 г. олончанин Яков Нестеров продал Соловецкому монастырю за 61 рубль 1331 цренную полицу для солевых варниц, (масса полицы 4 фунта).
13. В 1627 г. в Фалуне (Швеция) произведено с целью продажи за рубеж 3060 т товарного металла в виде «штыкового» чугуна.
14. В 1655 г. кузнецами Московского Пушечного двора был выкован железный язык для Большого Успенского колокола, отлитого в том же году двадцатилетним мастером Александром Григорьевым. Длина языка – 4,2м; средний диаметр – 0,15 м (плотность железа принять равной  $7,7 \text{ т/м}^3$ ).
15. В 1685 г. по заказу князя В.В.Голицына для его палат в Москве на звенигородском заводе боярина Морозова было произведено 616 пудов литых чугунных половых досок.

### 3.2. Задача расчета

Определить:

1. Тип металлургического агрегата, используемого для производства «первичного» материала.
2. Количество первичного металла, которое необходимо было произвести.
3. Количество необходимой железной руды.
4. Количество образующегося шлака.
5. Количество древесного угля, необходимое для производства готовой продукции (без учета предварительного обжига руд);
6. Количество древесины, необходимое для производства древесного угля.
7. Площадь леса, которую необходимо вырубить.
8. Для ситуаций 6 и 13 – количество и производительность агрегатов.

Для остальных ситуаций – время необходимое для производства первичного металла.

### **3.3. Исходные данные и допущения**

В Средние века, вплоть до середины XVI в., когда после изобретения насосов для откачки воды стали строить глубокие шахты, использовались в основном бурые, реже красные железняки, добываемые непосредственно у поверхности земли или в неглубоких штольнях. Содержание железа после обжига в рудах составляло около 50 % (масс.).

Помимо содержания железа в руде принимаем следующие допущения: все железо в руде присутствует в виде  $Fe_2O_3$ ; количество пустой породы, образующей шлак, в обожженной руде составляет 30 % (масс.); зола древесного угля, в виду незначительного ее количества (до 3 % (масс.)), не влияет на выход и состав шлака.

Качество криц на протяжении Средних веков непрерывно возрастало, что иллюстрируется данными графиков на рис. 3.1 и 3.2. Одновременно понижалось содержание

FeO в шлаке. Для передовых агрегатов каждого конкретного исторического периода минимальное содержание FeO в шлаке показано в виде графика на рис. 3.3.

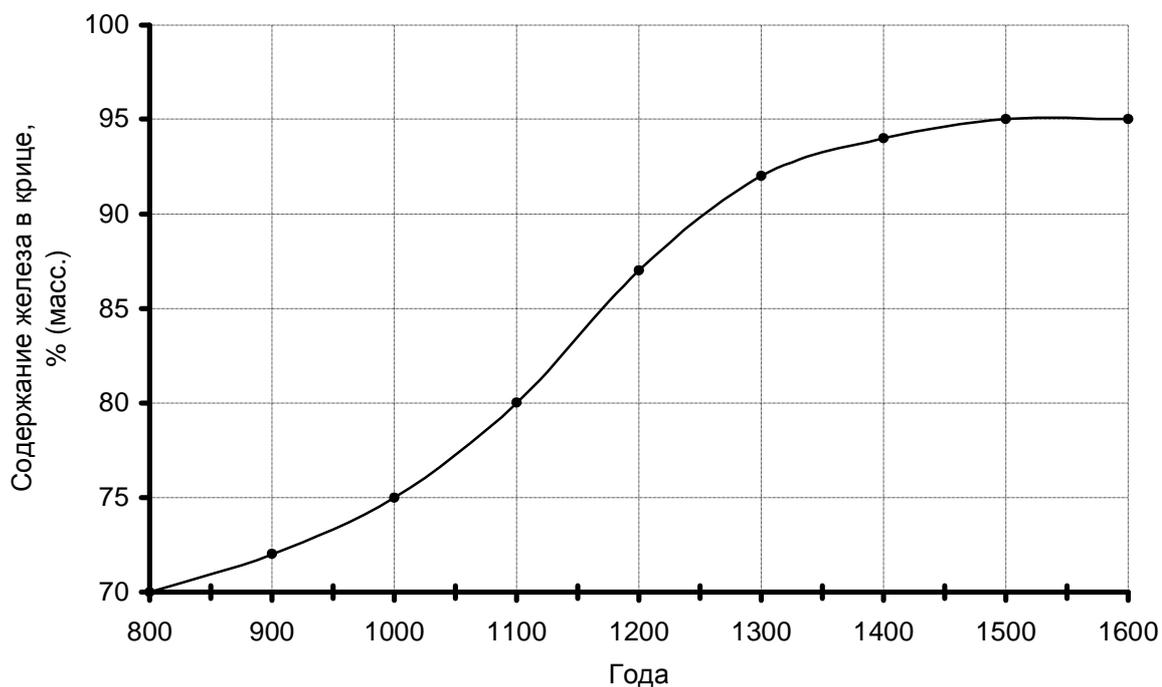


Рис. 3.1. Изменение содержания железа в крице

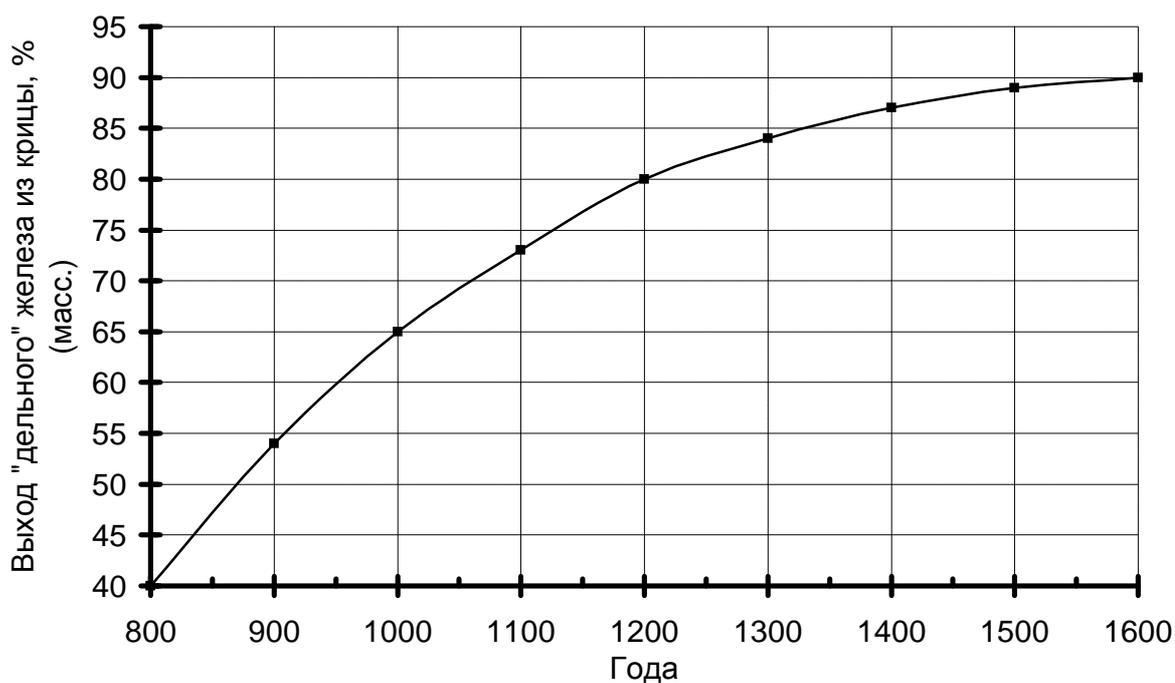


Рис. 3.2. Изменение выхода железа при обработке крицы

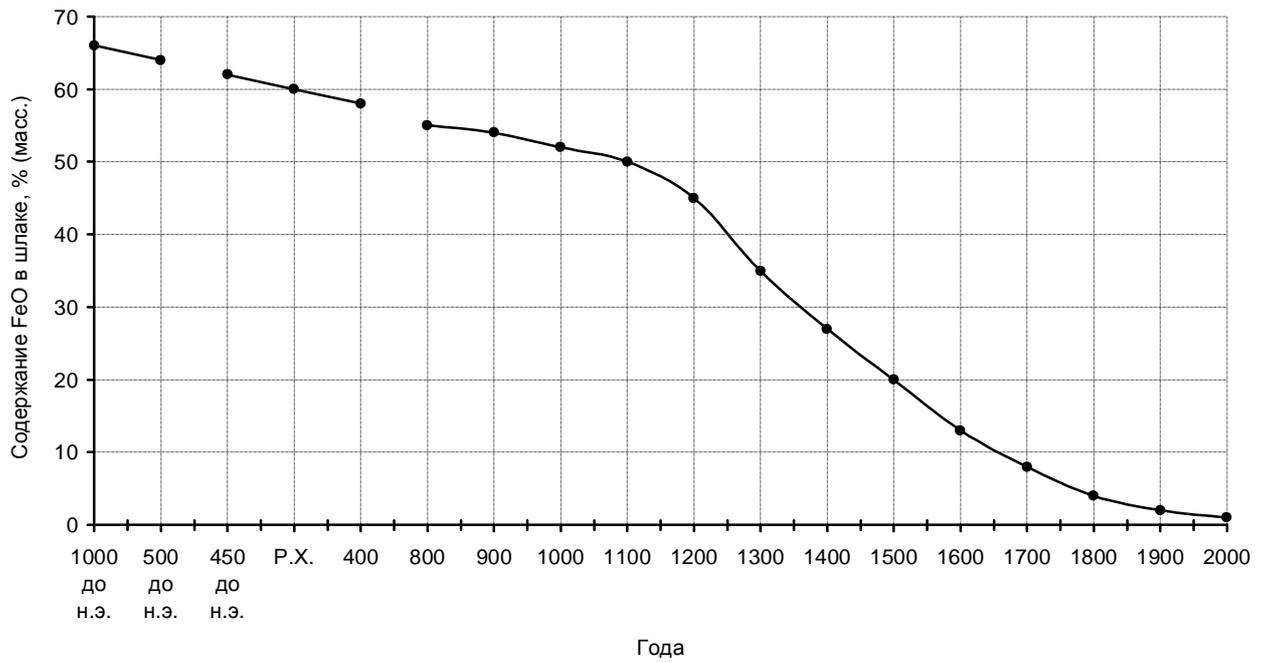


Рис. 3.3. Изменение содержания FeO в шлаках металлургических агрегатов, производящих первичный черный металл

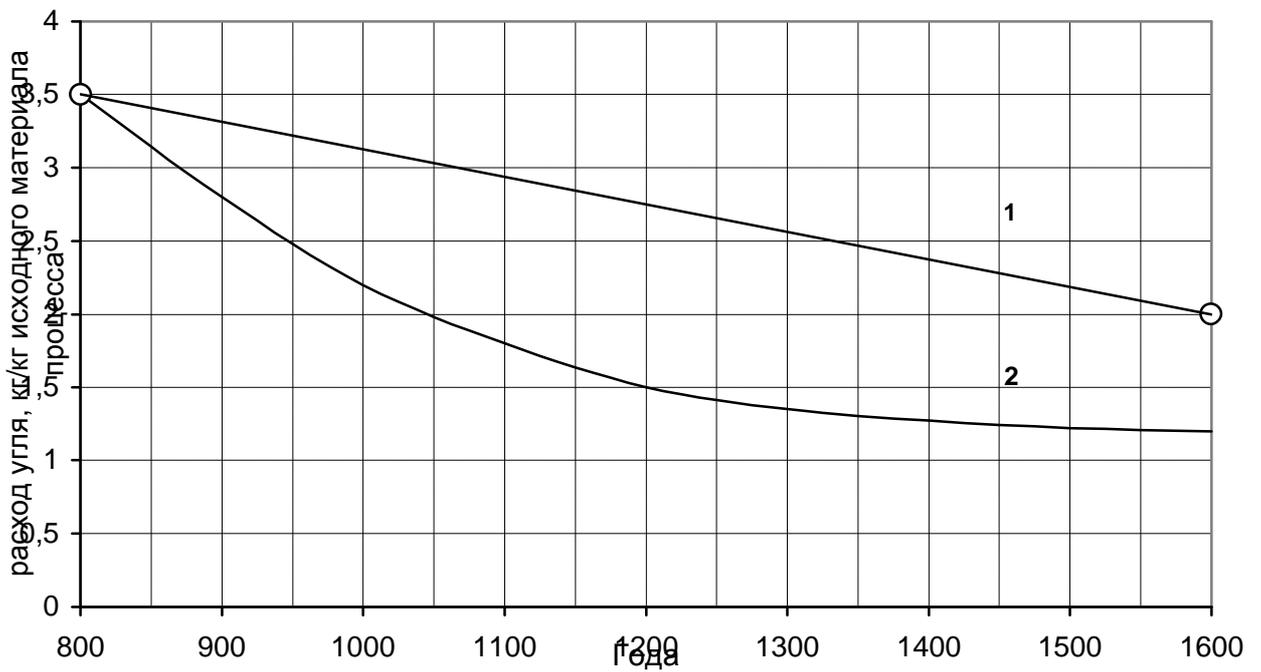


Рис. 3.4. Количество древесного угля, необходимое для производства первичного металла из руды (1) и готовой продукции из кричного железа (2)

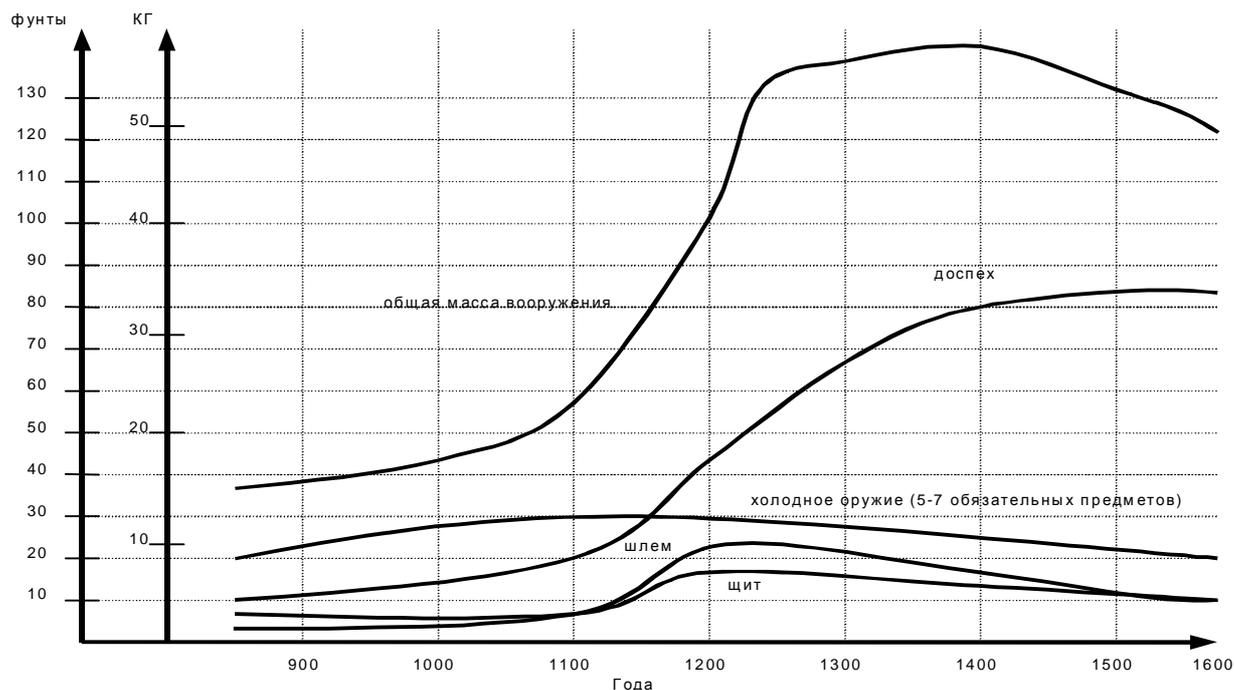


Рис. 3.5. Рыцарский доспех и максимальная масса железа, расходуемого на его изготовление

Таблица 3.1

Рыцарский доспех и максимальная масса железа, расходуемого на его изготовление

Основные элементы вооружения	Века							
	XI	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
Основные виды доспеха	«cuirie» (кожа)	«cotte macle» или «cotte treillisse» (сетчатый доспех)	Кольчатый или чешуйчатый доспех	«кольчуга» или «броня»	Кольчужный доспех	«бригантина» с железным нагрудником и поясом	«белый» сплошной или «досчатый» доспех	Максимilianовский доспех с кольчужгой
Масса железа доспеха, фунты	5–10	8–12	10–15	15–25	40–60	50–75	50–80	65–80
Основные виды шлемов	На раме из железных или медных полос			Куполообразный	tophelm	бацинет, шапель	салад	арме
Щит	Длинный деревянный с железными обручами и умбоном				Тарч или рондташ			
Основное холодное оружие	Ударное – кистень, бич, палица Рубящее – боевой топор				Коллющее, рубяще-коллющее – меч, копье			

## Агрегаты, использовавшиеся для производства первичного металла в Средние века

Наиболее употребимые названия агрегата	Регион, в котором агрегат получил наибольшее распространение	Исторический период, в который применялся агрегат	Производительность <sup>1</sup> , кг/сут.	Особенности агрегата и вид производимой продукции
Сыродутный горн, низкий горн, реннофен	Повсеместно	IX–XVI вв.	10–50	В рассматриваемый исторический период применялся только для кустарного производства железа. Продукция – железная крица
Штюкофен, высокий горн	Альпы, Центральная и Северная Европа	VIII–XV вв.	30–400	Является результатом эволюции сыродутного горна; отличается от него в первую очередь большими размерами и производительностью. Продукция – железная крица.
Каталонский (бискайский, наваррский) горн	Пиренеи, Юго-Западная Европа	XI–XIII вв. XIV–XVI вв. XIX в.	50–150 250–450 500–600	Является результатом эволюции сыродутного горна; основное отличие – наличие специального воздухоудного устройства – тромпы и конструктивные усовершенствования. Продукция – железная крица.
Блауофен, домница	Альпы, Северная Европа	XIII–XVI вв.	200–500	Основное отличие от вышеописанных агрегатов – возможность получения в зависимости от параметров процесса либо крицы, либо жидкого чугуна, либо и того и другого.
Доменная печь, хохофен	Повсеместно	XV–XVII вв.	400–600	Является результатом изменения конструкции домницы, в результате которых единственным продуктом плавки стал жидкий чугун.

<sup>1</sup> Меньшие значения относятся к начальному периоду использования агрегата, большие – к более позднему.

**Для ситуации 7:**

«Клещи» (пакет) включали 50 листов черновой жести размером 0,5 м × 0,6 м × 0,5 мм. Плотность железа принимается равной 7,7 г/м<sup>3</sup> (т/м<sup>3</sup>).

**Для ситуаций 8 и 10:**

Таблица 3.3

Соотношение между массами ядра и орудия (калибровочная шкала XVI–XVIII в.в.)

Масса ядра, фунты <sup>2</sup>	Масса орудия, пуды <sup>3</sup>
3	20
6	46
8	61
12	104
18	153
24	185
36	250

Боевой комплект составлял от 60 до 150 ядер.

**Для ситуаций 11 и 12:**

При расчете следует использовать следующие соотношения (по данным литературных источников, см. также материал практического занятия № 4):

1,6 кг крицы → 1,1 кг «уклада» → 1,0 кг «дельного» железа;

Для всех ситуаций: вид используемой древесины и насыпная масса древесного угля берутся из табл. 3.4, его расход – из графика на рис. 3.4.

<sup>2</sup> **Фунт** (лат. *pondus* – вес, тяжесть, гиря) – массовая единица: русский фунт (торговый) = 1/40 пуда = 409,51 г, германский фунт = 500 г, австрийский фунт = 560,01 г, шведский фунт = 425 г.

<sup>3</sup> **Пуд** – массовая единица, применявшаяся в России, Белоруссии и на Украине. Равнялся 40 фунтам (около 16,38 кг).

Характеристика древесины и угля, полученного из нее

№ ситуации	Дерево	Насыпная масса древесного угля, кг/м <sup>3</sup>	Расстояние между ство- лами, м
1; 3; 6; 8; 9	Дуб, бук	229–235	6–8
13	Сосна	178	3–5
2; 5; 7	Ель, пихта	159	5–6
11; 15	Береза	225	2–4
4, 10	Каштан	165	3–4
12; 14	Осина	141	2–3

При расчете показателей углежжения и количества необходимой древесины используются следующие соотношения:

- на производство 1 м<sup>3</sup> древесного угля расходовали 1,7 м<sup>3</sup> поленьев;
- на производство 1,7 м<sup>3</sup> поленьев расходовали в среднем 3 ствола «твердых» пород древесины или 3,5 ствола смолистых пород древесины или 4,5 ствола «мягких» пород древесины.

### 3.4. Пример выполнения домашнего задания

В качестве примера рассмотрим ситуацию № 4.

#### 3.4.1. Историческая справка

Экономическая жизнь Франции в XIV–XV вв. неоднократно нарушалась событиями Столетней войны. Обычно ее границы принимаются между 1337–1453 гг.. По мнению большинства исследователей в целом этот период во Франции характеризуется значительным развитием производительных сил в области сельского хозяйства и городского ремесла, ростом товарно-денежных отношений и постепенным складыванием единого внутреннего рынка.

В начале XIV в. Франция переживала период экономического подъёма во всех областях своего хозяйства. В городах росло количество жителей и увеличивалось число

ремесленников. Так, например, по налоговым спискам 1328 г. в Париже было отмечено 6198 домов.

В стране крепились экономические связи и постепенно преодолевалась обособленность изолированных прежде районов. Города, расположенные по Сене, Луаре, Уазе и Сомме, находились в постоянных торговых сношениях друг другом. Развитие товарно-денежных отношений в Северной Франции в начале XIV в. достигло высокого уровня. К этому времени здесь создалась определённая хозяйственная общность и местные торговые центры испытывали тяготение к единому экономическому центру – Парижу. Шло постепенное создание единого внутреннего рынка Франции.

Правивший в это время Филипп IV Красивый (1285–1314 гг.) продолжал политику своих предшественников и пытался ещё более увеличить свои владения. С королевским доменом в результате династического брака соединилось богатое и обширное графство Шампань которое начиная с XII столетия славилось своими ярмарками. Однако попытка Филиппа IV расширить королевский домен за счёт Фландрии, последнего независимого графства на севере, не удалась.

Во Фландрии в это время большое развитие получило шерстоткацкое ремесло, она оказалась непосредственно связанной с Англией, поставлявшей ей шерсть. Поэтому фландрские городские ремесленники совсем не желали подчиняться власти французского короля, не хотели платить в его пользу дополнительных тяжёлых налогов и видели в этом прямое препятствие экономическому развитию своей страны. Против оккупационной армии французов во Фландрии очень скоро вспыхнуло открытое восстание.

Борьба за Фландрию явилась одной из причин целого ряда военных столкновений между Францией и Англией, получивших название Столетней войны. Первоначальный успех в войне был на стороне Англии, одержавшей крупные победы над французскими войсками в двух больших битвах – при Креси (1346 г.) и при Пуатье (1356 г.).

В период Столетней войны произошло постепенное объединение французских земель вокруг Парижа и началось формирование основ единого национального государства, которое окончательно сформировалось в конце XV в. в результате разрешения длительного военно-экономического конфликта между Карлом Смелым Бургунским и Людовиком XI в пользу последнего. В результате Столетней войны английские войска вынуждены были покинуть территорию Франции, а сама Франция наряду с Испанией и Англией превратилась в одно из наиболее значимых централизованных государств на территории Западной Европы. Окончание Столетней войны многими историками считается событием, определяющим подразделение истории Западной Европы на эпохи раннего и позднего Средневековья.

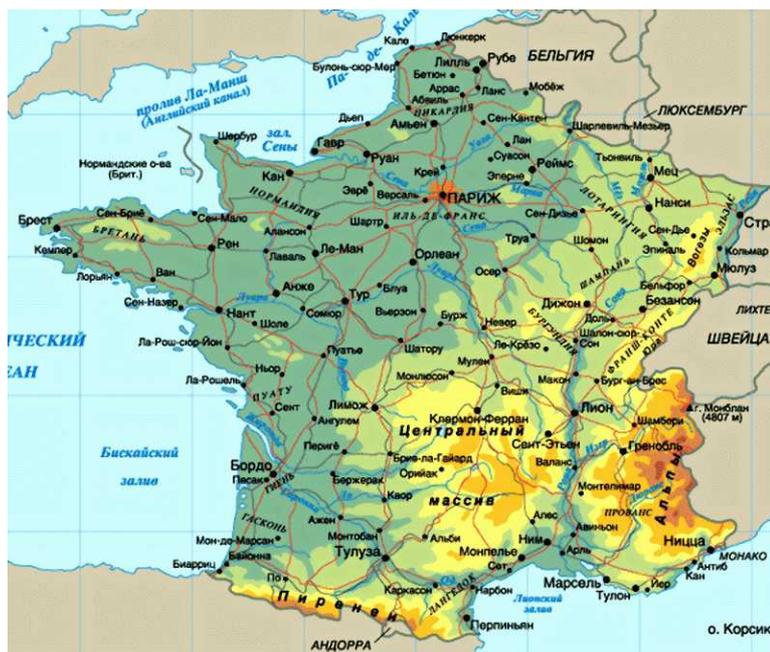


Рис. 3.6. Карта Франции

### 3.4.2. Описание изготавливаемой продукции

В XV в. сплошные доспехи достигают наибольшего развития. Наиболее удачную и продуманную конструкцию имело защитное вооружение французских жандармов (тяжеловооруженных воинов) (рис. 3.7) короля Карла VII.

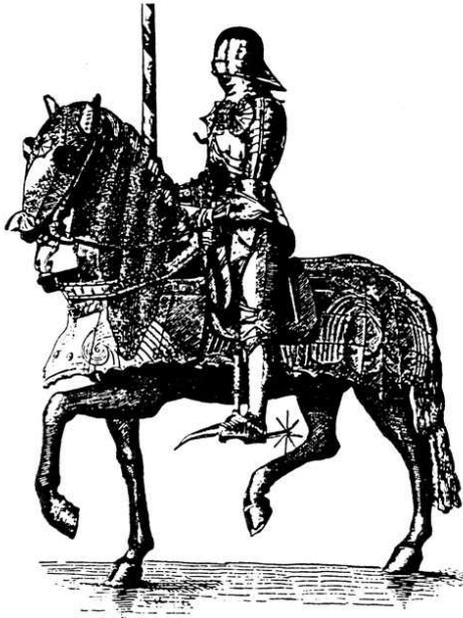


Рис. 3.7. Французский жандарм короля Карла VII

Наголовье шлема жандарма состоит из шлема-салада, у которого конец тульи переходит в длинный назатыльник, а предличник, привинченный наверху латного нагрудника, защищает низ лица, верхнюю часть которого покрывает неподвижное забрало, имеющее на высоте глаз поперечное отверстие для зрения.

Плечи защищены наплечниками из наложенных одна на другую блях, которые соединяются с налокотниками. Щитки плеч опущены к нагруднику и защищают подмышки, покрытые, кроме того, кольчатой сетью.

Набрюшник и набедrenник в форме черепицы спускаются на живот и на бедра; кроме того, для защиты бедра имеются еще и второстепенные доспехи, называемые боковиками, а большое крестцовое прикрытие, расширяющееся в форме павлиньего хвоста, покрывает сиденье и составляет продолжение спинной части лат. Налядвенники дополняют защиту бедер, покрытых, кроме того, около таза кольчужной юбкой; наколенники снабжены пластинками в местах соединения с налядвенниками и поножами, вследствие чего создаётся большая гибкость в суставах.

Поножи имеют щалнеры на внешней и застежки на внутренней стороне и состоят из наголенника и наикренника. Локти защищены большими налокотниками, а самая рука от локтя до кисти покрыта внизу продолжением латных рукавиц.

Круглый щиток мощного копья защищает всю правую сторону воина, когда он нападает на противника. Направляя удар, воин садится на высокую спинку (лопатку) задней луки седла, вытягивает ноги вперед, упираясь в стремяна и нагибается к шее лошади, выставляя вперед правое плечо, поэтому лошадь должна непременно идти га-

лопом с правой ноги. Шпоры имеют широкие колеса с отставленными лучами; длинные стержни, поднятые к колесцу, дают возможность пришпоривать лошадь под ее боковые прикрытия. Когда жандарм сходит с коня, то оруженосец освобождает его от острых железного башмака, прикрепленных на вращающейся пуговице, и отстегивает штрипки шпор.

Доспех жандарма, хорошо облегающий тело, довольно легкий и весит не более 23 кг, так что распределяясь на всю поверхность тела, не представляет особенной тяжести. Именно поэтому конные латники могли спешиваться и вести бой в латах.

### 3.4.3. Выбор металлургического агрегата

В XIII–XIV вв. производство железа во Франции опиралась на два региона – Южный, где на территориях, примыкающих к Пиренейским горам, работали фабрики, составленные из каталонских горнов, и Северо-Восточный (см. рис. 3.6), где на территории горной системы Вогезы строились главным образом высокие сыродутные горны, получившие название штюкофенов, а в последствии – блауфенов. Мануфактурные

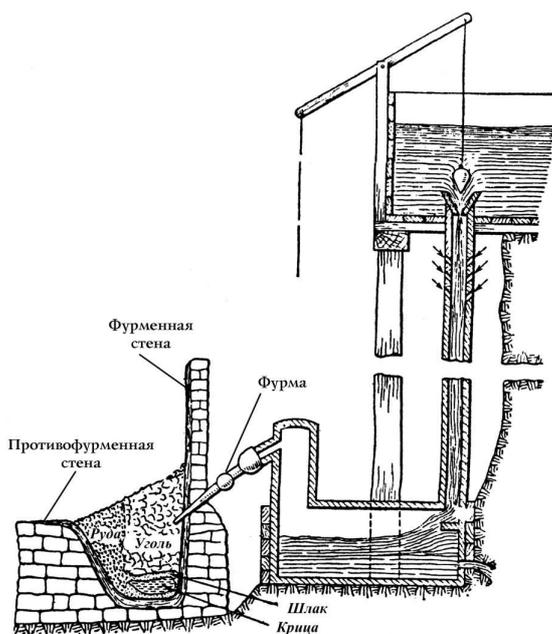


Рис. 3.8. Каталонский горн

фабрики, включавшие каталонские горны, составляли промышленную базу формировавшегося Французского объединенного королевства. Регион, включавший Вогезы входил в состав Бургундии. В связи с этим наиболее уместно предположить, что государственный заказ на производство железа для жандармов короля Карла VII выполнялся на фабрике, оборудованной каталонскими горнами, на Юге Франции, например, в городе Монтобан, знамени-

том своими железными мануфактурами.

Для определения производительности агрегата следует воспользоваться табл. 3.2. Из представленных в ней данных, следует, что средняя производительность каталонских горнов в рассматриваемый период составляла 400–450 кг кричного железа в сутки. Внешний вид агрегата представлен на рис. 3.8.

#### 3.4.4. Расчёт основных параметров производства металла

Масса единицы вооружения, согласно графику на рис. 3.5, составляет 54 кг. Таким образом, общая масса изготавливаемого вооружения составляет  $M_{\text{изд.}} = 54 \text{ кг} \cdot 120 \text{ шт.} = 6480 \text{ кг}$  железа в виде готовой продукции («дельного» железа).

Из графиков на рис. 3.1–3.3 определяем следующие параметры:

- содержание железа в крице  $\% \text{Fe}_{\text{крицы}} = 93 \text{ \% (масс.)}$ ;
- содержание FeO в шлаке  $\% \text{FeO}_{\text{шлака}} = 25 \text{ \% (масс.)}$ ;
- выход «дельного» железа из крицы  $\gamma_{\text{д.}} = 88 \text{ \% от массы крицы.}$

Для производства «дельного» железа требуется крица(-цы) массой

$$M_{\text{крицы}} = M_{\text{изд.}} \cdot \frac{100\%}{\gamma_{\text{д.}}} = 6480 \cdot \frac{100}{88} = 7363,64 \text{ кг.}$$

$$\text{Масса железа в крице составит } M_{\text{Fe кр.}} = M_{\text{крицы}} \cdot \frac{\% \text{Fe}_{\text{крицы}}}{100} = 7363,64 \cdot \frac{93}{100} = 6848,19 \text{ кг.}$$

Для определения расхода руды для производства такого количества кричного железа составим баланс железа процесса производства первичного металла:

$$\text{Масса шлака } M_{\text{шлака}} = M_{\text{руды}} \cdot \frac{\% \text{ПП}_{\text{руды}}}{100\% - \% \text{FeO}_{\text{шлака}}} = M_{\text{руды}} \cdot \frac{30}{100 - 25} = 0,4 \cdot M_{\text{руды}}.$$

$$\text{В шлаке содержится железа } M_{\text{Fe}}^{\text{шлака}} = M_{\text{шлака}} \cdot \frac{\% \text{FeO}_{\text{шлака}}}{100\%} \cdot \frac{\mu_{\text{Fe}}}{\mu_{\text{FeO}}} =$$

$$= 0,4 \cdot M_{\text{руды}} \cdot \frac{25}{100} \cdot \frac{56}{72} = 0,0778 \cdot M_{\text{руды}}.$$

Уравнение баланса железа имеет вид:

$$M_{\text{Fe}}^{\text{крицы}} = M_{\text{Fe}}^{\text{руды}} - M_{\text{Fe}}^{\text{шлака}} \text{ или } M_{\text{Fe}}^{\text{крицы}} = M_{\text{руды}} \cdot \frac{\% \text{Fe}^{\text{руды}}}{100\%} - M_{\text{Fe}}^{\text{шлака}},$$

$$\text{откуда} \quad 6848,19 = M_{\text{руды}} \cdot \frac{50}{100} - 0,0778 \cdot M_{\text{руды}}.$$

Масса руды  $M_{\text{руды}}$  составляет, таким образом, 16219,4 кг.

При этом образуется шлака  $M_{\text{шлака}} = 0,4 \cdot M_{\text{руды}} = 0,4 \cdot 16219,4 = 6487,76$  кг.

Из графиков на рис. 3.4 определяем удельный расход угля на производство первичного металла (кричного железа) и изготовления из него конечной продукции (доспехов):

- на производство первичного металла  $\gamma_{\text{угля}}^{\text{I}} = 2,4$  кг/кг руды;
- на производство конечной продукции  $\gamma_{\text{угля}}^{\text{II}} = 1,25$  кг/кг крицы.

$$\begin{aligned} \text{Тогда общий расход древесного угля составит } M_{\text{угля}} &= M_{\text{руды}} \cdot \gamma_{\text{угля}}^{\text{I}} + M_{\text{крицы}} \cdot \gamma_{\text{угля}}^{\text{II}} = \\ &= 16219,4 \cdot 2,4 + 7363,64 \cdot 1,25 = 48131,11 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Согласно табл. 3.4 в данном варианте для выжигания угля используется каштан, т.е. «мягкая» древесная порода с насыпной массой  $165 \text{ кг/м}^3$ . Тогда объём древесного угля составит  $\frac{48131,11}{165} = 291,70 \text{ м}^3$  или  $291,7 \cdot 1,7 = 495,90 \text{ м}^3$  поленьев древесины, что соответствует  $291,9 \cdot 4,5 = 1315,55$  стволам деревьев.

Площадь, занимаемая одним каштановым деревом составляет примерно

$$\frac{[\pi \cdot (3,5 \text{ м})^2]}{4} = 9,62 \text{ м}^2, \text{ т.е. площадь вырубki составит } 1315,55 \cdot 9,62 = 12614,7 \text{ м}^2.$$

Производительность каталонских горнов в середине XV в. достигала 350 кг кричного железа в сутки. Таким образом минимальные затраты времени на производство первичного металла составляют  $\frac{7363,64 \text{ кг}}{350 \text{ кг/сут.}} = 21$  сутки при условии использования одного

плавильного агрегата и безаварийного режима его работы.

Необходимо учесть, что в тех ситуациях, когда продуктом плавки является чугун, расчёт имеет некоторые особенности:

- содержание железа не определяется из рис. 3.1, а принимается равным  
 $\%Fe_{\text{чугуна}} = 94 \%$  (масс.);
- потери при литье чугуна и обработке изделия составляют 6 % (масс.), т.е.  $\gamma_{\text{д.}} = 94 \%$ ;
- древесный уголь расходуется только на производство первичного металла.

## **Практическое занятие № 4 «Определение минимальной потребности в производстве железа Московской Руси первой четверти XVII в.»**

### **4.1. Историческая справка**

Для Московской Руси рассматриваемого периода характерно полное отсутствие организованного (промышленного) производства первичного металла. Первая доменная печь на Городищенском заводе начала производить чугун только в конце 1636 г. Таким образом, в начале XVII в. все железо в Московской Руси производилось кустарным способом в сыродутных горнах.

Данные о количестве и структуре населения России дает перепись, произведенная в 1613 г. к Земскому Собору, избравшему на царство Михаила Романова. Согласно этой переписи:

- общее население Московской Руси – 11300 тыс. человек;
- в том числе сельское – 9,1 млн. человек;
- в том числе городское и монастыри (кроме Москвы) – 2000 тыс. человек;
- Москва, в то время крупнейший город Восточной Европы – 200 тыс. человек.

### **4.2. Задача расчета**

Определить примерные объемы производства, рассмотреть структуру металлургической отрасли России, ознакомиться с доступностью изделий из железа накануне внедрения в стране промышленных технологий производства металла.

### **4.3. Структура сельского населения и его потребность в железе**

Сельское население проживало в селах, обязательными атрибутами которых являлись церковь и кузница, и в деревнях. Село составляли 15–30 крестьянских дворов, а деревню – 2–5; хуторские поселения были развиты не значительно. На одно село окрест

приходилось обычно 5–6 деревень. Согласно вышеупомянутой переписи на каждом крестьянском дворе проживало в среднем 7 человек.

Железную утварь крестьянских дворов составляли обычно:

- лемех или соха с присохой массой 30–35 фунтов;
- сошник массой 8 фунтов;
- топор массой 3 фунта;
- коса массой 2 фунта;
- серп массой 2 фунта;
- сковорода массой 3 фунта;
- котел массой 3 фунта.

С учетом других металлических предметов (ножи, шило и т.п.) и элементов (металлические обручи на ведрах и бочках и т.п.) общая масса железных изделий на одном крестьянском дворе достигала минимально примерно 60 фунтов или 25 кг.

Итого потребности сельского населения в железе составляли

$$M_{\text{Fe}}^{\text{село}} = \frac{9,1 \cdot 10^6 \text{ чел.}}{7 \text{ чел.}} \cdot 0,025 \text{ т} = 32500 \text{ т железа.}$$

При среднем сроке эксплуатации подобных изделий до состояния полного износа, составлявшем 10 лет, ежегодно необходимо было производить около 3250 т железа из руд.

#### **4.4. Структура городского и монастырского населения и потребность в железе**

Количество русских городов и монастырей фиксировалось особым списком, куда вносились населенные пункты, получавшие на то специальное разрешение в виде царской грамоты. Согласно дошедшим до нас спискам городов на Руси было:

- в 1462 г. – 666;
- в 1550 г. – 715;

- в 1649 г. – 923.

Приведенные данные позволяют оценить количество городов в первой четверти XVII в. примерно в 900 единиц. Потребности города в железных изделиях в виде гвоздей, железных оград, скобяных изделий, лопат, заступов, ломов и другом строительном инвентаре составляли, как это следует из сохранившихся записей, около 2 т в год на каждый населенный пункт. Т.е. для нужд городского населения было необходимо около  $M_{\text{Fe}}^{\text{город}} = 900 \text{ ед.} \cdot 2 \text{ т} = 1800 \text{ т}$  железа в год.

#### 4.5. Устройство армии и потребности в железе

В большинстве западноевропейских стран уже к концу XVI в. наибольшее количество железа в виде чугуна расходовалось на производство артиллерийских орудий и ядер для них. В России вплоть до царствования Петра I артиллерия вооружалась бронзовыми орудиями и свинцовыми ядрами.

Армейские подразделения формировались из:

- дворянских «детенышей», масса железного вооружения которых достигала 70 фунтов – 20 тыс. человек;
- стрельцов (масса железного вооружения около 50 фунтов) – 20 тыс. человек;
- легковооруженной конницы и казаков (масса железного вооружения около 30 фунтов) – 60 тыс. человек.

Войны велись практически непрерывно и «срок амортизации» железных предметов в армии не превышал 5 лет.

Таким образом, ежегодная потребность в железном вооружении составляла около

$$\text{ло } M_{\text{Fe}}^{\text{армия}} = \frac{(70 \cdot 20 + 50 \cdot 20 + 30 \cdot 60) \cdot 10^3 \cdot 0,40951 \frac{\text{кг}}{\text{фунт}}}{5 \cdot 10^3} = 344 \text{ т железа ежегодно.}$$

#### 4.6. Солеварение

При общей неразвитости мануфактурного производства в России начала XVII столетия существовала отрасль промышленности, регулярно потреблявшая значительное количество железа. Этой отраслью являлось солеварение, поскольку обязательный элемент солеваренной мельницы – цренная полица – изнашивалась быстро и ремонту не подлежала. Об объеме использования цренных полиц говорит тот факт, что только Соловецкий монастырь закупал их до 2000 штук в год. Масса полицы составляла в среднем около 4 фунтов.

Центров солеварения подобных Соловецкому монастырю в России насчитывалось около 20 (в том числе Соль Камская, Соль Вычегодская, Соль Галицкая и др.).

Расход железа на нужды солеварения составлял таким образом около:

$$M_{\text{Fe}}^{\text{монастыри}} = 20 \text{ ед.} \cdot 2000 \text{ шт.} \cdot 4 \text{ фунта} \cdot 0,40951 \frac{\text{кг}}{\text{фунт}} \cdot 10^{-3} = 66 \text{ т железа в год.}$$

#### 4.7. Годовая потребность Московской Руси в «дельном» железе

Таким образом, общая годовая потребность Московской Руси в изделиях из железа составляла  $M_{\text{Fe}}^{\Sigma} = M_{\text{Fe}}^{\text{село}} + M_{\text{Fe}}^{\text{город}} + M_{\text{Fe}}^{\text{армия}} + M_{\text{Fe}}^{\text{монастыри}} = 3250 + 1800 + 344 + 66 = 5460$  т железа.

#### 4.8. Структура производства железа в Московской Руси начала XVII в.

Производство кричного железа было практически полностью сосредоточено в местах традиционной добычи руд непосредственно у поверхности земли и осуществлялось крестьянами кустарным способом в свободное от сельскохозяйственных работ время.

Для добычи руды крестьяне – «копачи», как правило объединялись в артели не менее 3 человек. За добычу руд на чужой земле платился специальный налог – «празга».

Добытую руду плавил в сыродутных горнах или, чаще, продавали «домникам», владельцам горнов, платившим в казну специальную подать «ключинку». Подать платилась либо крицами (около 50 штук в год), либо деньгами (около 1 гривны в год). «Домники» часто использовали наемный труд – нанимаемые ими рабочие назывались «поддымышами».

Крицы продавали либо на ярмарках, либо сразу в «расковочные» кузницы, где из них производили полуфабрикат – кованное железо, очищенное от шлака, окалины, мусора и т.п. Такой продукт назывался «укладом» и представлял собой полосы, пруты, веретена и т.п. Из 1,6 кг кричного (сыродутного) железа получалось около 1,1 кг уклада. Уклад, в свою очередь, либо реализовался на ярмарках, либо поступал в дельные кузницы, где из него изготавливали товарные изделия. Из 1,1 кг уклада производили около 1 кг готовых изделий.

Кузнецы, также как «копачи» и «домники», платили подати: готовыми изделиями, крицами, укладом или деньгами (около 20 копеек в год). Для сравнения: крестьянские платежи с «обжи» составляли в среднем 2,5 гривны в год.

В целом структура производства и реализации железа и железных изделий на примере города Тихвин по данным 1619 г. может быть представлена с помощью следующей схемы на рис. 4.1:

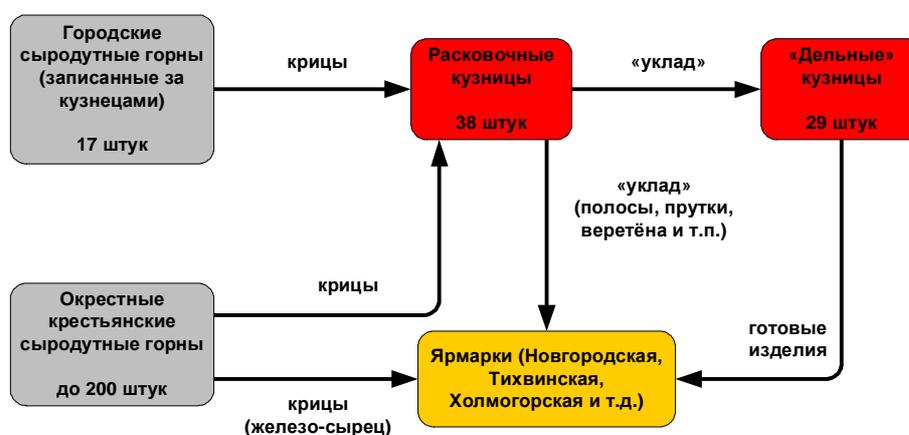


Рис. 4.1. Структура производства и реализации железа и железных изделий на примере г. Тихвин по данным 1619 г.

#### 4.9. Потребность в сыродутных горнах

Исходя из сведений о налогообложении крестьян – владельцев сыродутных горнов, производительность этих агрегатов в начале XVII в. в Московской Руси составляла от 80 до 140 пудов железа в год или в среднем около 1,7 т в год.

Таким образом, для обеспечения потребности государства в железе было необ-

$$\text{ходимо не менее } n_{\text{горнов}} = M_{\text{Fe}}^{\Sigma} \cdot \frac{1,6 \frac{\text{т крицы}}{\text{т изделий}}}{1,7 \frac{\text{т крицы}}{\text{горн}}} = 5460 \cdot \frac{1,6}{1,7} \approx 5140 \text{ сыродутных горнов.}$$

#### 4.10. Потребность в расковочных кузницах

Производительность труда в расковочных кузницах была невелика и не превышала, как правило, 2–2,5 пудов в день или в среднем 37 кг. Число рабочих дней в году обычно составляло около 200. Таким образом, требовалось расковочных кузниц:

$$n_{\text{кузниц}} = M_{\text{Fe}}^{\Sigma} \cdot \frac{1,1 \frac{\text{т уклада}}{\text{т изделий}}}{200 \text{ дней} \cdot 0,037 \text{ т/день}} = 5460 \cdot \frac{1,1}{200 \cdot 0,037} \approx 810 \text{ кузниц.}$$

#### 4.11. Справочные данные

Таблица 4.1.

Количество кузниц в некоторых городах и селах – производителях  
железных изделий в 1597–1641 гг.

Населённые пункты	Количество кузниц
Москва	152
Новгород	112
Серпухов	63
Холмогоры	63
Нижний Новгород	49
Вологда	49
Соль-Вычегодская	48
Великий Устюг	47
Калуга	44
Тула	38
Переяславль	38
Устюжна-Железопольская	34
Муром	17
Соль Камская	16
с. Пилопа Ямского уезда	15
с. Павлово Нижегородского уезда	11
с. Нахкуево Вотской пятины	11

#### *Стоимость изделий из железа*

В начале XVII в. в Московской Руси существовала следующая денежная система:

1 деньга – 0,4 грамма серебра;

1 копейка – 2 деньги;

1 алтын – 6 денег;

1 гривна – 28 денег;

1 рубль – 200 денег.

Поденщик зарабатывал в день в среднем 3 деньги, ремесленники, в зависимости от квалификации, от 2 копеек и выше. О покупательной способности населения можно судить из приведенной ниже таблицы 4.2.

Таблица 4.2

Цены на некоторые изделия из железа и пищевые продукты в 1600 г.

<b>Продукты и товары</b>	<b>Цена</b>
Изделия из железа	
Крица массой 1,5 кг	1 деньга
Коса	3 коп.
Ральник	6–12 коп.
Сошник	5–10 коп.
Лемех	12–25 коп.
Пищевые продукты	
Бочка пива (500 л)	9 коп.
Бочка рыбы (500 л)	3 гривны
Воз сена	1 гривна
Калач	1 коп.
Коврига	1 деньга
100 яиц	3 коп.
Гусь	2 коп.
Курица	1 коп.
Белка	3 деньга
Полт (0,5 пуда) мяса	9 коп.
Короб (7 пудов) пшеницы	1 гривна
Короб овса	5 коп.

## Приложение 2. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1.	Согласно хронологической градации, предложенной Х.Ю. Томсеном, древняя история человечества подразделяется на «века», количество которых составляет:	<p><i>а) 3</i></p> <p><i>б) 4</i></p> <p><i>в) 5</i></p> <p><i>г) 6</i></p>
2.	Первой бронзой, выплавка которой была широко и практически повсеместно освоена цивилизацией, являлась:	<p><i>а) оловянная</i></p> <p><i>б) мышьяковая</i></p> <p><i>в) висмутная</i></p> <p><i>г) никелевая</i></p>
3.	Первыми самородными металлами, обработка которых была освоена человеком, являлись:	<p><i>а) золото и серебро</i></p> <p><i>б) золото и медь</i></p> <p><i>в) золото и железо</i></p> <p><i>г) медь и железо</i></p>
4.	Отличительной особенностью самородного железа является повышенное содержание примесей:	<p><i>а) никеля и кобальта</i></p> <p><i>б) никеля и углерода</i></p> <p><i>в) кобальта и углерода</i></p> <p><i>г) никеля и марганца</i></p>
5.	«Ступенчатый» характер кривой температурного потенциала цивилизации обусловлен:	<p><i>а) использованием новых видов топлива</i></p> <p><i>б) внедрением новых, более совершенных агрегатов</i></p> <p><i>в) постепенным усовершенствованием конструкции уже известных агрегатов</i></p> <p><i>г) сменой «рабочего материала» цивилизации</i></p>

6.	Для овладения технологией широкого кустарного производства меди человечеству потребовалось около 2 тысяч лет, а железа – от 3 до 5 тысяч лет. Более быстрому развитию индустрии железного производства препятствовало отсутствие знаний о:	<p><i>а) минералах железа</i></p> <p><i>б) способах термообработки железных руд</i></p> <p><i>в) способах термомеханической обработки кричного железа</i></p> <p><i>г) особенностях конструкции агрегата, обеспечивающего восстановление железа из руды</i></p>
7.	В качестве конструкционного металла (используемого для изготовления элементов конструкции зданий) железо впервые стало широко применяться в:	<p><i>а) Китае</i></p> <p><i>б) Древней Индии</i></p> <p><i>в) Римской империи</i></p> <p><i>г) Древней Греции</i></p>
8.	Главной железорудной провинцией, освоенной кельтами, являлся регион:	<p><i>а) альпийский</i></p> <p><i>б) апеннинский</i></p> <p><i>в) алтайский</i></p> <p><i>г) анатолийский</i></p>
9.	Главные месторождения железных руд, которые разрабатывали этруски, находились на острове:	<p><i>а) Сардиния</i></p> <p><i>б) Корсика</i></p> <p><i>в) Эльба</i></p> <p><i>г) Капри</i></p>
10.	Укажите металлы, входившие в состав «семи металлов древности», из следующего перечня:	<p><i>а) медь</i></p> <p><i>б) латунь</i></p> <p><i>в) олово</i></p> <p><i>г) никель</i></p>

11.	Укажите металлы, входившие в состав «семи металлов древности», из следующего перечня:	<i>а) свинец</i> <i>б) цинк</i> <i>в) олово</i> <i>г) кадмий</i>
12.	Технология рафинирования золота впервые стала широко применяться:	<i>а) египтянами</i> <i>б) шумерами</i> <i>в) ассирийцами</i> <i>г) финикийцами</i>
13.	Для рафинирования золота в III тыс. до н.э. применялись металлы:	<i>а) свинец</i> <i>б) олово</i> <i>в) ртуть</i> <i>г) серебро</i>
14.	Приёмы холоднойковки и литья металлов впервые были освоены на:	<i>а) меди</i> <i>б) серебре</i> <i>в) золоте</i> <i>г) электруме</i>
15.	Первым металлом, из которого научились выковывать проволоку, стал:	<i>а) золото</i> <i>б) серебро</i> <i>в) медь</i> <i>г) олово</i>
16.	Первым металлом, который начал широко использоваться для производства труб, стал:	<i>а) бронза</i> <i>б) медь</i> <i>в) олово</i> <i>г) свинец</i>

17.	Для выделения свинца и серебра из сплава, получавшегося при плавке свинцово-серебрянных руд, применялся процесс:	<i>а) рафинирования</i> <i>б) купеляции</i> <i>в) амальгамации</i> <i>г) экстракции</i>
18.	Способность ртути концентрировать золото носит название:	<i>а) рафинирования</i> <i>б) купеляции</i> <i>в) амальгамации</i> <i>г) экстракции</i>
19.	Крупнейшим в истории Древнего мира месторождением ртути являлось:	<i>а) Сифносское</i> <i>б) Лаврионское</i> <i>в) Альмаденское</i> <i>г) Рио-Тинто</i>
20.	Крупнейшим в истории Древнего мира месторождением свинца являлось:	<i>а) Сифносское</i> <i>б) Лаврионское</i> <i>в) Альмаденское</i> <i>г) Рио-Тинто</i>
21.	Термомеханическая обработка вместо холоднойковки начала широко применяться для изделий из:	<i>а) мышьяковой бронзы</i> <i>б) оловянной бронзы</i> <i>в) кричного железа</i> <i>г) стали</i>
22.	Первыми рудными минералами, использовавшимися для выплавки железа, были:	<i>а) лимонит</i> <i>б) сидерит</i> <i>в) гётит</i> <i>г) гематит</i>

23.	Отличительной особенностью метеоритного железа является высокое содержание:	<i>а) кобальта</i> <i>б) хрома</i> <i>в) никеля</i> <i>г) меди</i>
24.	В качестве материала для письма в Древней Греции использовался металл:	<i>а) олово</i> <i>б) железо</i> <i>в) свинец</i> <i>г) бронза</i>
25.	Для древних изделий из меди характерно присутствие примесей:	<i>а) никеля и кобальта</i> <i>б) золота и серебра</i> <i>в) свинца и серебра</i> <i>г) никеля и мышьяка</i>
26.	Легендарный металл «орихалк» представлял собой сплав:	<i>а) меди с цинком</i> <i>б) меди с мышьяком</i> <i>в) меди с оловом</i> <i>г) золота с серебром</i>
27.	В современном русском языке легендарный металл «орихалк» носит название:	<i>а) электрум</i> <i>б) электрон</i> <i>в) бронза</i> <i>г) латунь</i>
28.	Преимущества оловянной бронзы перед мышьяковистой, медью и латунью заключаются в:	<i>а) твёрдости</i> <i>б) коррозионной стойкости</i> <i>в) дешевизне</i> <i>г) полируемости</i>

29.	Изделие, поднявшим на новый уровень технологии термомеханической обработки бронзы в Древнем Мире:	<i>а) бритва</i> <i>б) серп</i> <i>в) зеркало</i> <i>г) меч</i>
30.	Древнейшие из известных в настоящее время предметов из железа рудного происхождения обнаружены археологами на территории полуострова:	<i>а) Апеннинского</i> <i>б) Анатолийского</i> <i>в) Пиренейского</i> <i>г) Балканского</i>
31.	Своеобразная внешность металлургов в древних эпосах обусловлена влиянием на организм:	<i>а) свинца</i> <i>б) мышьяка</i> <i>в) ртути</i> <i>г) железа</i>
32.	Расцвет хеттского государства приходится на период:	<i>а) конец 3 тыс. до н.э.</i> <i>б) начало 2 тыс. до н.э.</i> <i>в) конец 2 тыс. до н.э.</i> <i>г) середина 2 тыс. до н.э.</i>
33.	Этрурия располагалась на территории современной страны:	<i>а) Испании</i> <i>б) Италии</i> <i>в) Швейцарии</i> <i>г) Франции</i>
34.	Горнорудная база кельтской металлургии находилась:	<i>а) в Альпах</i> <i>б) на Кавказе</i> <i>в) в Пиренеях</i> <i>г) в Гималаях</i>

35.	Железные руды, добываемые этрусками на острове Эльба, представляли собой минерал:	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>а) гематит</i></li> <li><i>б) магнетит</i></li> <li><i>в) лимонит</i></li> <li><i>г) сидерит</i></li> </ul>
36.	Технократические государства Древнего мира представляли собой главным образом:	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>а) религиозные союзы</i></li> <li><i>б) авторитарные режимы</i></li> <li><i>в) демократические конфедерации</i></li> <li><i>г) аристократичные республики</i></li> </ul>
37.	Характерными особенностями технократических государств Древнего мира являются:	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>а) «эмансипированность» женщин</i></li> <li><i>б) религиозная терпимость</i></li> <li><i>в) жесткая централизация политического устройства</i></li> <li><i>г) широкое развитие правовых отношений</i></li> </ul>
38.	В период наивысшего расцвета кельтское «государство» располагалось на территории:	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>а) Европы и Азии</i></li> <li><i>б) Европы и Африки</i></li> <li><i>в) Азии и Африки</i></li> <li><i>г) Африки и Антарктиды</i></li> </ul>
39.	В немецкий («eisen») и английский («iron») языки термин «железо» пришло из:	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>а) кельтского</i></li> <li><i>б) латинского</i></li> <li><i>в) греческого</i></li> <li><i>г) древнегерманского</i></li> </ul>
40.	Город Дур-Шаррукин был местом размещения стратегических запасов железа в древнем государстве:	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>а) Вавилоне</i></li> <li><i>б) Ассирии</i></li> <li><i>в) Египте</i></li> <li><i>г) Мидии</i></li> </ul>

41.	Первой в истории «мировой державой» или империей принято считать:	<i>а) Египет</i> <i>б) Ассирию</i> <i>в) Индию</i> <i>г) Китай</i>
42.	В каком государстве Древнего мира металлургов считали проходящими военную службу и специально клеймили также как профессиональных солдат:	<i>а) Ассирия</i> <i>б) Египет</i> <i>в) Римская империя</i> <i>г) Этрурия</i>
43.	Технология изготовления «иберийских мечей» для римских легионеров была внедрена:	<i>а) Публием Спиционом</i> <i>б) Гаем Марием</i> <i>в) Юлием Цезарем</i> <i>г) Марком Крассом</i>
44.	Процесс насыщения поверхностного слоя железного изделия углеродом для придания ему повышенной твердости называется:	<i>а) карбидизацией</i> <i>б) ферритизацией</i> <i>в) цементацией</i> <i>г) карбюризацией</i>
45.	Полное красное калие стали, соответствует уровню температур:	<i>а) 800-900 °С</i> <i>б) 1000-1100 °С</i> <i>в) 1200-1300 °С</i> <i>г) 1400-1500 °С</i>
46.	Чугун, сталь и ковкое железо отличаются содержанием:	<i>а) углерода</i> <i>б) кремния</i> <i>в) марганца</i> <i>г) фосфора</i>

47.	В результате сыродутного процесса получался шлак, главными составляющими которого были:	<p><i>а) FeO и SiO<sub>2</sub></i></p> <p><i>б) CaO и SiO<sub>2</sub></i></p> <p><i>в) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и SiO<sub>2</sub></i></p> <p><i>г) CaO и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i></p>
48.	Минерал фаялит представляет собой:	<p><i>а) силикат железа 2FeO·SiO<sub>2</sub></i></p> <p><i>б) силикат кальция 2CaO·SiO<sub>2</sub></i></p> <p><i>в) силикат кальция 3CaO·SiO<sub>2</sub></i></p> <p><i>г) феррит кальция 2CaO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i></p>
49.	Основная роль флюса в металлургии заключается в:	<p><i>а) восстановлении металла из оксидов</i></p> <p><i>б) снижении температуры плавления пустой породы руды</i></p> <p><i>в) легировании стали</i></p> <p><i>г) связывании атмосферного азота</i></p>
50.	Высокое качество тигельной стали обусловлено:	<p><i>а) высокой температурой процесса</i></p> <p><i>б) небольшим объёмом тигля</i></p> <p><i>в) длительным контактом крицы со шлаком</i></p> <p><i>г) удалением серы и фосфора</i></p>
51.	Гравий в тигельной плавке применялся для:	<p><i>а) придания тиглям устойчивости</i></p> <p><i>б) предотвращения доступа в тигель атмосферного воздуха</i></p> <p><i>в) равномерности прогрева тигля</i></p> <p><i>г) термоизоляции тиглей</i></p>

52.	Прокаливание железной руды перед её плавкой в горне было необходимо для:	<p><i>а) просушивания</i></p> <p><i>б) разложения карбонатов</i></p> <p><i>в) окисления</i></p> <p><i>г) азотирования</i></p>
53.	Главным восстановительным агентом в сыродутном процессе являлся:	<p><i>а) твердый углерод</i></p> <p><i>б) монооксид углерода</i></p> <p><i>в) диоксид углерода</i></p> <p><i>г) азот</i></p>
54.	Процесс «осталивания» в металлургии Древнего мира заключался в:	<p><i>а) декоративной обработке крицы</i></p> <p><i>б) механическом отделении шлаковых включений</i></p> <p><i>в) искусственном ускорении процесса коррозии</i></p> <p><i>г) искусственном замедлении процесса коррозии</i></p>
55.	Расположите металлы в хронологическом порядке выполнения ими функции «основного конструкционного металла цивилизации»:	<p><i>а) сталь</i></p> <p><i>б) чугун</i></p> <p><i>в) бронза</i></p> <p><i>г) ковкое железо</i></p>
56.	Направления развития металлургии Запада и Востока в начале Новой эры были обусловлены:	<p><i>а) наличием торговых путей</i></p> <p><i>б) причинами религиозного характера</i></p> <p><i>в) демографической ситуацией</i></p> <p><i>г) обеспеченностью сырьевыми ресурсами</i></p>

57.	До изобретения термоизмерительной техники контроль термомеханической обработки железных и стальных изделий осуществлялся по цвету:	<i>а) раскаленных углей</i> <i>б) стенок кузнечного горна</i> <i>в) отходящего из горна газа</i> <i>г) поверхности металла</i>
58.	Какие из перечисленных операций связаны с термомеханической обработкой железных изделий:	<i>а) запарка</i> <i>б) завалка</i> <i>в) закалка</i> <i>г) заварка</i>
59.	Какие из перечисленных операций связаны с термомеханической обработкой железных изделий:	<i>а) допуск</i> <i>б) отжиг(ание)</i> <i>в) отпуск</i> <i>г) дожиг(ание)</i>
60.	Какое (-ие) слово (-а) происходит (-ят) от наиболее древнего корня, связанного с металлургической терминологией:	<i>а) коварство</i> <i>б) кровь</i> <i>в) крица</i> <i>г) кувалда</i>
61.	В сыродутном горне крица формировалась в результате процесса:	<i>а) «склеивания» частиц железа шлаком</i> <i>б) кристаллизации расплавленного железа</i> <i>в) слипания частиц железа под давлением лежащей выше шихты</i> <i>г) спекания частиц свежевосстановленного железа</i>

62.	«Пилум» – это:	<p><i>а) меч из высококачественной стали со специальными зубцами в виде пилы</i></p> <p><i>б) пила для изготовления дров для последующего выжига древесного угля</i></p> <p><i>в) копье с неравномерной закалкой удлинённого наконечника</i></p> <p><i>г) копье с зубцами для сбрасывания всадника с лошади.</i></p>
63.	Для цианирования железа с наибольшей эффективностью применялось (-лась):	<p><i>а) моча</i></p> <p><i>б) кровь</i></p> <p><i>в) грудное молоко</i></p> <p><i>г) желчь</i></p>
64.	В эпоху расцвета Ассирийской империи железо применялось, главным образом, для изготовления:	<p><i>а) наконечников стрел и копий</i></p> <p><i>б) кольчуг</i></p> <p><i>в) боевых топоров</i></p> <p><i>г) кинжалов</i></p>
65.	Основным металлом, применявшимся для изготовления кольчуг в Ассирии в первой половине I тыс. до н.э., был:	<p><i>а) медь</i></p> <p><i>б) бронза</i></p> <p><i>в) серебро</i></p> <p><i>г) железо</i></p>
66.	Широкое применение «египетских улиток» при добыче руд металлов было организовано в:	<p><i>а) Египте</i></p> <p><i>б) Ассирии</i></p> <p><i>в) Этрурии</i></p> <p><i>г) Римской Империи</i></p>

67.	«Египетские улитки» представляли собой механизмы, предназначенные для:	<p><i>а) обрушения горных пород</i></p> <p><i>б) поднятия руды из шахт</i></p> <p><i>в) откачки воды из шахт</i></p> <p><i>г) транспортирования шлаков в отвалы</i></p>
68.	Отличительными характеристиками крицы в эпоху Древнего Мира являлись:	<p><i>а) высокая пористость</i></p> <p><i>б) включения газов</i></p> <p><i>в) включения шлака</i></p> <p><i>г) неравномерность химического состава</i></p>
69.	В современной истории естествознания принят принцип деления агрегатов для переработки железных руд:	<p><i>а) по максимальному достигаемому в печи уровню температур</i></p> <p><i>б) по виду основного продукта плавки</i></p> <p><i>в) по высоте печи</i></p> <p><i>г) по интенсивности подачи дутья</i></p>
70.	Переход от «волчьей ямы» к сыродутному горну стал следствием стремления древних металлургов:	<p><i>а) к увеличению размеров печи</i></p> <p><i>б) к улучшению условий обслуживания печи</i></p> <p><i>в) к увеличению интенсивности притока воздуха в печь</i></p> <p><i>г) к улучшению условий вытекания шлака из печи</i></p>
71.	Из бронзы впервые были сделаны:	<p><i>а) топор</i></p> <p><i>б) серп</i></p> <p><i>в) нож</i></p> <p><i>г) бритва</i></p>

72.	Какому металлу в эпоху Древнего Мира приписывалась связь с планетой Юпитер (Уран):	<i>а) свинец</i> <i>б) ртуть</i> <i>в) медь</i> <i>г) олово</i>
73.	Расположите металлы в порядке увеличения распространенности в природе их самородков:	<i>а) медь</i> <i>б) серебро</i> <i>в) золото</i> <i>г) железо</i>
74.	Наибольшей температурой термохимической обработки требовали изделия из бронзы с примесями:	<i>а) олова</i> <i>б) никеля</i> <i>в) свинца</i> <i>г) мышьяка</i>
75.	Какие минералы железа добывались со дна болот, озер и рек:	<i>а) железный колчедан</i> <i>б) гребенчатый колчедан</i> <i>в) бурый колчедан</i> <i>г) красный железняк</i>
76.	Главной причиной кризиса в металлургии Древнего Египта на рубеже первого тысячелетия до н.э. стала нехватка ресурсов:	<i>а) воды</i> <i>б) руд металлов</i> <i>в) рабочей силы</i> <i>г) древесины</i>
77.	Широкомасштабное (в рамках всего государства) разделение труда при производстве изделий из железа было осуществлено в:	<i>а) Древней Греции</i> <i>б) Древней Индии</i> <i>в) Древнем Китае</i> <i>г) Римской Империи</i>

78.	«Специализация» римских оружейных фабрик в различных регионах Римской империи обусловлена:	<p><i>а) прихотью римских императоров</i></p> <p><i>б) стремлением оптимизировать товарные потоки внутри империи</i></p> <p><i>в) особенностями химического состава железных руд в различных регионах</i></p> <p><i>г) традицией, оставшейся от этрусков</i></p>
79.	Расположите перечисленные предметы в порядке освоения технологий их широкого общедоступного производства:	<p><i>а) защитное вооружение</i></p> <p><i>б) наступательное вооружение</i></p> <p><i>в) ювелирные изделия</i></p> <p><i>г) строительные конструкции</i></p>
80.	Красно-коричневые цветовые оттенки рудному золоту придают примеси:	<p><i>а) меди</i></p> <p><i>б) мышьяка</i></p> <p><i>в) теллура</i></p> <p><i>г) железа</i></p>
81.	В Средневековье на Руси металлургов, работающих с железными рудами, называли:	<p><i>а) кошунами</i></p> <p><i>б) корчиями</i></p> <p><i>в) крычами</i></p> <p><i>г) копачами</i></p>
82.	В Древней Руси покровителем (-ями) кузнецов считался (-лись) славянские божества:	<p><i>а) Велес</i></p> <p><i>б) Стрибог</i></p> <p><i>в) Сварог</i></p> <p><i>г) Семаргл</i></p>

83.	Повышение расхода топлива при выплавке железа по сравнению с выплавкой меди обусловлено:	<p><i>а) более низким КПД плавильного агрегата</i></p> <p><i>б) ролью топлива не только как источника тепла, но и как восстановителя</i></p> <p><i>в) необходимостью повышения температурного уровня процесса</i></p> <p><i>г) увеличением размеров агрегата</i></p>
84.	Расположите металлургические агрегаты в хронологическом порядке их появления:	<p><i>а) Штюкофен (Stuckofen)</i></p> <p><i>б) Хохофен (Hochofen)</i></p> <p><i>в) Реннофен (Rennofen)</i></p> <p><i>г) Блауофен (Blauofen)</i></p>
85.	«Китайские вагранки» применялись для переплава:	<p><i>а) металлолома в чугуна</i></p> <p><i>б) железной руды в чугуна</i></p> <p><i>в) кричного железа в чугуна</i></p> <p><i>г) чугуна в кричное железо</i></p>
86.	Наиболее ценными древесными породами, из которых получался самый прочный древесный уголь, в Средневековье считались:	<p><i>а) пихта и сосна</i></p> <p><i>б) каштан и клен</i></p> <p><i>в) дуб и граб</i></p> <p><i>г) вяз и бук</i></p>
87.	Заготовка леса для выжига древесного угля в Средневековье осуществлялась преимущественно:	<p><i>а) зимой</i></p> <p><i>б) весной</i></p> <p><i>в) летом</i></p> <p><i>г) осенью</i></p>

88.	Указом королевы Елизаветы I Тюдор 1584 года в Англии запрещалось:	<p><i>а) вырубать деревья для производства древесного угля</i></p> <p><i>б) использовать древесный уголь при производстве товаров из железа и стали</i></p> <p><i>в) строить новые железные и стеклянные заводы</i></p> <p><i>г) вывозить из страны изделия из железа и стали</i></p>
89.	Наиболее производительные средневековые сыродутные горны получили наибольшее распространение в:	<p><i>а) Испании и Франции</i></p> <p><i>б) Испании и Италии</i></p> <p><i>в) Испании и Португалии</i></p> <p><i>г) Испании и Бургундии</i></p>
90.	Первые артиллерийские орудия изготавливались из:	<p><i>а) твердых пород дерева</i></p> <p><i>б) ковкого железа</i></p> <p><i>в) бронзы</i></p> <p><i>г) меди</i></p>
91.	Согласно классификации булатов, предложенной П.П. Аносовым, лучший клинок должен был обладать совокупностью характеристик:	<p><i>а) крупный струйчатый узор белого цвета на черном грунте</i></p> <p><i>б) мелкий полосатый узор черного цвета на белом грунте</i></p> <p><i>в) крупный коленчатый узор черного цвета на белом грунте</i></p> <p><i>г) крупный коленчатый узор белого цвета на черном грунте</i></p>

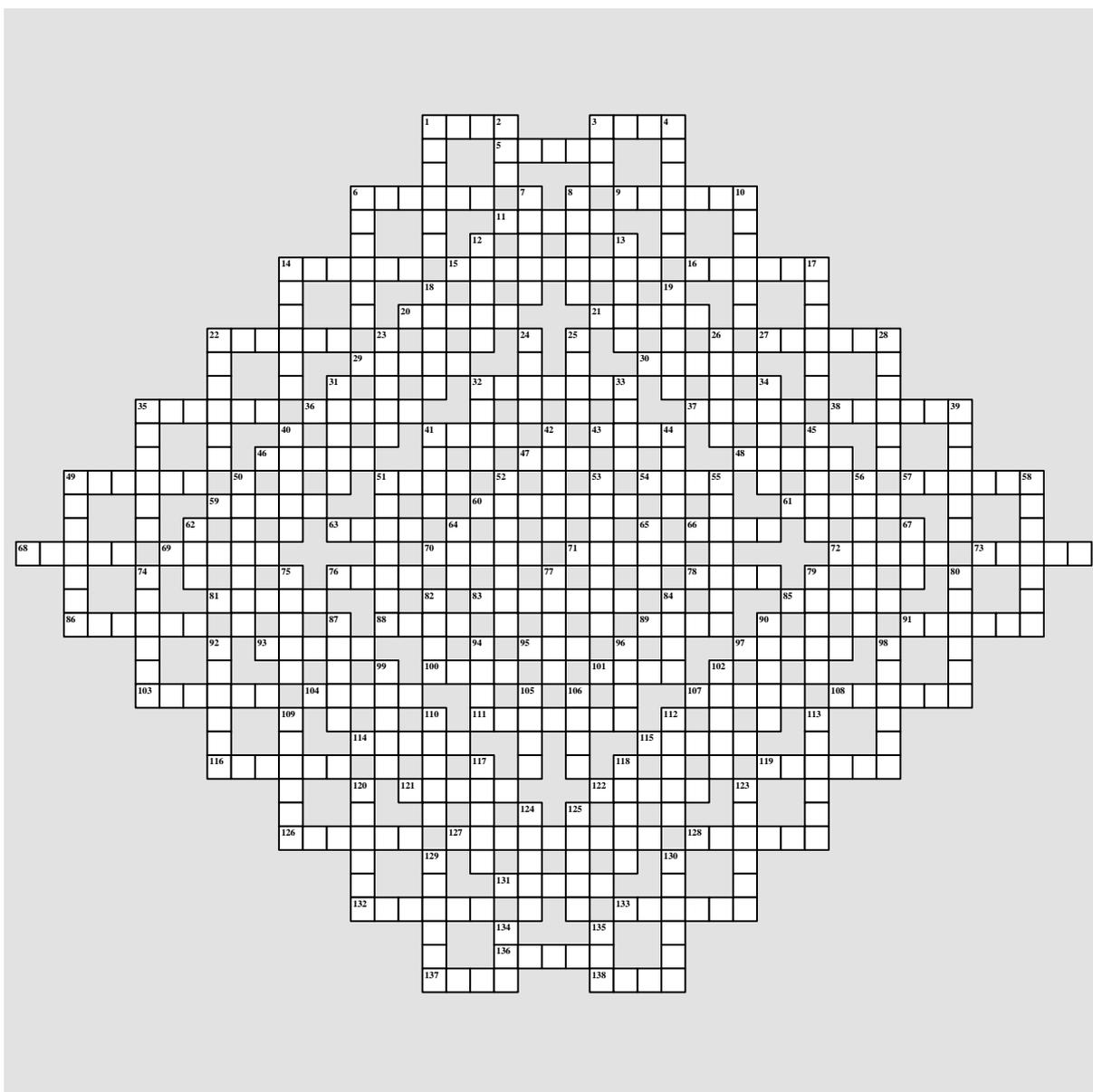
92.	По своему химическому составу булат, как правило, близок к:	<i>а) ковкому железу</i> <i>б) чугуну</i> <i>в) высокоуглеродистой стали</i> <i>г) ферросплавам</i>
93.	Расположите выделенные П.П. Аносовым виды булата в порядке повышения их качественных характеристик:	<i>а) табан</i> <i>б) гынды</i> <i>в) нейрис</i> <i>г) хорасан</i>
94.	Главными причинами, повлиявшими на странами Востока и Запада разных направлений развития технологий металлургии железа стали различия в:	<i>а) уровне заселённости территорий</i> <i>б) количестве водных ресурсов</i> <i>в) количестве месторождений природнолегированных руд</i> <i>г) ландшафте основных металлургических регионов</i>
95.	Максимальная производительность штюкофенов и каталонских горнов в эпоху раннего Средневековья составляла (криц в сутки):	<i>а) 2-3</i> <i>б) 4-5</i> <i>в) 6-7</i> <i>г) 8</i>
96.	Размеры рабочего пространства каталонского горна составляли, м <sup>3</sup> :	<i>а) до 1</i> <i>б) 1-1,5</i> <i>в) 1,5-2,0</i> <i>г) 2-3</i>
97.	Масса крицы, выплавляемой в каталонском горне в эпоху позднего Средневековья, как правило, составляла, кг:	<i>а) 50-100</i> <i>б) 100-150</i> <i>в) 150-200</i> <i>г) 200-250</i>

98.	В основу калибровочной шкалы Гартмана для унификации артиллерийских орудий и снарядов было положено соотношение между:	<i>а) диаметрами ствола орудия и ядра</i> <i>б) массами орудий и ядер</i> <i>в) массой ядер и длиной ствола орудия</i> <i>г) диаметром ствола и массой ядра</i>
99.	Главной целью применения конструкции горна блауофенов «открытая грудь» было:	<i>а) уменьшение потерь тепла</i> <i>б) улучшение условий наблюдения за формированием крицы</i> <i>в) облегчение процесса извлечения крицы из печи</i> <i>г) повышение интенсивности притока воздуха в агрегат</i>
100.	В результате процесса фришевания чугуна превращается в:	<i>а) сварочное железо</i> <i>б) сталь</i> <i>в) кричное железо</i> <i>г) фаялит</i>
101.	В Средневековье для изготовления пушечных ядер применяли:	<i>а) ковкое железо</i> <i>б) сталь</i> <i>в) доменный шлак</i> <i>г) чугун</i>
102.	Впервые технологию производства литых чугунных пушечных ядер описал:	<i>а) Агрикола</i> <i>б) Гарталья</i> <i>в) Бирингуччо</i> <i>г) Гартман</i>

103.	Конструктивный элемент домницы – «открытая грудь» (передний горн) – предназначался для:	<i>а) выпуска чугуна</i> <i>б) выпуска шлака</i> <i>в) извлечения крицы</i> <i>г) подачи дутья</i>
104.	Доменная печь получила свое название от слова «дмение», которое у славян означало:	<i>а) дымление</i> <i>б) дутье</i> <i>в) высокая</i> <i>г) умение</i>
105.	«Горст» – это термин обозначающий:	<i>а) древесную породу</i> <i>б) способ устройства плотины</i> <i>в) геологическую структуру</i> <i>г) вид горной разработки</i>
106.	Операция «лужения», применявшаяся в Средние Века для защиты железных изделий от коррозии, заключалась в нанесении на поверхность металла:	<i>а) свинца</i> <i>б) цинка</i> <i>в) олова</i> <i>г) меди</i>
107.	В Киевской Руси для обозначения стали самого высокого качества использовался термин:	<i>а) оцел</i> <i>б) булат</i> <i>в) харалуг</i> <i>г) вуц</i>
108.	Процесс обработки стали на раскалённом древесном угле в муфельных печах, применявшийся для придания рыцарским доспехам различных цветовых оттенков, назывался:	<i>а) ниеллирование</i> <i>б) таушировка</i> <i>в) воронение</i> <i>г) гравирование</i>

109.	Первую книгу, ставшую общепризнанным учебником по металлургическому производству, написал:	<i>а) Агрикола</i> <i>б) Реомюр</i> <i>в) Сведенборг</i> <i>г) Бирингуччо</i>
110.	В процессе фришевания (пудлингования) чугуна из него удалялись примеси в следующем порядке:	<i>а) фосфор</i> <i>б) углерод</i> <i>в) кремний</i> <i>г) марганец</i>
111.	Первая русская государственная мануфактура, созданная в 1478 г. для производства артиллерийских орудий, получила название:	<i>а) Пушечный двор</i> <i>б) Пушечный анбар</i> <i>в) Пушечная изба</i> <i>г) Пушечный приказ</i>
112.	Важнейшей функцией, которую играют в доменном процессе древесный уголь и кокс, и которую не могут выполнять другие горючие материалы, является функция:	<i>а) источника тепла</i> <i>б) источника восстановителя</i> <i>в) обеспечения газодинамики плавки</i> <i>г) науглероживания металла</i>
113.	Расположите воздуходувные агрегаты по мере возрастания обеспечиваемой ими интенсивности дутья:	<i>а) тромпа</i> <i>б) клинчатые ручные меха</i> <i>в) цилиндрическая воздуходувка с приводом от водяного колеса</i> <i>г) ящичные ручные меха</i>

### Приложение 3. КРОССВОРД



#### По горизонтали

1. Изобретатель дуговой электропечи, первой получившей широкое распространение в промышленности.
3. Форма разливки чугуна для последующей переработки в кричном горне.
5. Устройство для закрытия лётки на доменной печи.
6. Бурый железняк Лотарингского рудного бассейна.
9. Выходец из Голландии,

владелец первого в России железоделательного завода. **11.** Вид булатной стали по классификации П.П. Аносова. **14.** Академик Петербургской АН, перевезший из Сибири знаменитый железный метеорит, впоследствии названный его именем. **15.** Местность в Австрии, давшая название одному из периодов железного века. **16.** Способ декоративной обработки изделий из стали с помощью специальной смеси «нигеллума». **20.** Совокупность материалов, загружаемых в металлургический агрегат. **21.** Исследователь, обнаруживший железохранилище правителя Ассирии Саргона II при раскопках в Дур-Шаррукине. **22.** Рабочий, подкапывающий к колошниковому подъёмнику вагонетки с шихтовыми материалами (разг.). **27.** Один из создателей нержавеющей стали «V2A». **29.** Воздух, подаваемый в металлургический агрегат. **30.** Река на Урале, на берегу которой расположен один из крупнейших металлургических комбинатов. **32.** Минерал, содержащий железо. **35.** Водотрубная воздуходувка. **36.** Печь для производства чугуна. **37.** Минерал, содержащий железо. **38.** Первооткрыватель месторождения железных руд на горе Благодать. **41.** Конструктивный элемент доменной печи. **43.** Руда, измельченная в толчее и очищенная в ситах или чанах (устар.). **46.** Элемент загрузочного устройства доменной печи. **47.** Объединение городских ремесленников родственных специальностей в Средние века. **48.** Полностью утилизируемый отход металлургического производства. **49.** Страна-лидер по объему производства черных металлов второй половины 18 века. **51.** Изобретатель процесса пудлингования. **54.** Жидкий продукт доменной плавки. **57.** Изобретатель одного из способов производства литой стали. **59.** Легендарный изобретатель процесса коксования каменного угля. **60.** Древнеславянское название высококачественной стали. **61.** Устройство для подачи дутья в металлургические агрегаты. **63.** Древ-

неславянское название железа (стали). **66.** Древнеславянское: кузнец-металлург.

**68.** Канал для транспортировки жидких продуктов доменной плавки от летки к ковшам. **69.** Мера измерения объема древесного угля (5,531 куб. аршин). **70.** Возвышенная территория, имевшая в Средние века идеальные условия для развития металлургии железа (примеры: Рудные горы, Гарц, Вогезы). **71.** Крупнейший центр металлообработки Средневековья, в котором была создана первая гильдия плакировщиков. **72.** Сплав на основе железа. **73.** Выходец из Дании, один из первых владельцев (1652–1663гг.) комплекса Каширских железоделательных заводов на реке Скниге. **76.** Древесный уголь, предназначенный для обжига руды или извести. **78.** Компонент доменной шихты. **81.** Древнейший центр металлургического производства на территории современного Ирана **83.** Основатель известнейшей металлургической династии России. **85.** Старорусское название металлургического предприятия. **86.** Страна Древнего Мира, в которой было принято наиболее важные собрания граждан устраивать в кузницах. **88.** Изобретатель электропечи с подовым электродом (1904 г.). **89.** Торговая марка металлургов-оружейников г. Пассау (известна с XII в.). **91.** Город, где был основан первый в Швеции Университет, известный лучшей в Европе конца XVIII – начала XIX вв., школой химиков-минералогов-металлургов. **93.** Изобретатель одной из первых конструкций прокатного стана для производства корабельной брони. **95.** Вид булатной стали по классификации П.П.Аносова. **97.** Древнейший способ обработки металла давлением. **100.** Канал для подвода воды из запруды на водяное колесо. **101.** Самый крупный из найденных железных метеоритов. **103.** Под доменной печи. **104.** Изобретатель съемных днищ для бессемеровского конвертора. **107.** Природная гематитовая краска – обязательный

элемент мумифицирования в Древнем Египте. **108.** Начальник казенных заводов России, установивший в 1723 г. запрет на использование «...ручных и малых печей, как влекущих большой угар металла». **111.** Вождь кельтов, использовавший железный меч в качестве гири для весов и произнесший при этом знаменитую фразу: «Горе побежденным!». **114.** Глава в книге «Шаншу», описывающая процесс производства железа в провинции Сычуань в VII–VI вв. до н.э. **115.** Изобретатель процесса производства литой стали из фосфорсодержащих чугунов. **116.** «Знал я тебя, предчувствовал, что моим ты молением тронут не будешь: в груди у тебя железное сердце» (произведение). **119.** Легендарный центр металлургического производства на Ближнем Востоке. **121.** Модель, заменявшая форму, при изготовлении днища бессемеровского конвертера. **122.** Крупный металлургический центр Бельгии начала XIX в. **126.** Средневековый центр производства железа и стали на севере современной Иордании. **127.** Знаменитый арабский меч (по имени легендарного мастера Альганаф бен-Каиса). **128.** Изобретатель, предложивший вдуть в фурмы доменной печи пылевидный уголь. **131.** Старинное гадание на картах, в котором туз бубен символизирует кузнеца, литейщика и полезного человека, «египетская...». **132.** Русский металлург – автор классического труда «О булатах». **133.** Владелец железного и медного производства Штирии, Тироля, Венгрии, Испании – «железный король» Европы начала XVI в. **136.** Самая известная металлургическая династия Великобритании. **137.** Природные минералы, извлечение из которых металлов экономически целесообразно на данном этапе развития цивилизации. **138.** Планета, соответствующая железу в Европейской астрологической традиции.

### По вертикали

1. Бог-кузнец в греческой мифологии. 2. Река в центре России, на берегу которой расположено крупное промышленное предприятие черной металлургии. 3. Вид булатной стали по классификации П.П. Аносова. 4. Мастер по обработке металла. 6. Владелец Истинского железоделательного завода, на котором Петр I собственноручно выковал 18 пудов железа, за что взял «задельную плату». 7. Изобретатель, создавший одну из первых никелевых сталей. 8. Древнекитайское сочинение V–VI вв. до н.э., содержащее сведения о разработках железных руд. 10. Река, через которую был построен первый в мире мост из чугуна. 12. Коническая часть доменной печи. 13. Римское название кельтов – народа, внесшего важный вклад в развитие металлургии железа. 14. Порция одновременно загружаемых в шахтную печь материалов. 17. Название железной крицы в Скандинавии. 18. Способ производства изделий из чугуна. 19. Мягкая сталь, производимая из кричного железа. 22. Древнейший центр металлургического производства на территории современного Ирана. 23. Небольшое, чаще всего – декоративное изделие из металла (старославянский термин). 24. «Затем он сходил на Набережную Железного Лома и дал приделать новый клинок к своей шпаге» (автор). 25. Основание доменной печи. 26. Район Древней Греции, славившийся производством железа наивысшего качества. 28. Основоположник теории термической обработки чугуна и стали. 31. Наружная металлическая оболочка металлургических агрегатов. 32. Епископство, герб которого использовали в качестве клейма (торговой марки) оружейники и металлурги Пассау. 33. Один из старейших в России металлургических центров. 34. Остров вблизи Гренландии, где было найдено самородное железо. 35. Способ декоративной обработки изделий из же-

леза путем нанесения на их поверхность благородных металлов. **39.** Вид булатной стали по классификации П.П. Аносова. **40.** Канал переменного сечения, в котором происходит увеличение скорости газов. **41.** Горный массив в центре Европы – основной район металлургического производства Средневековья. **42.** Старейший район добычи и производства железа на территории современного Афганистана. **44.** Изобретатель, внесший существенные улучшения в процесс пудлингования в первой половине XIX в. **45.** Главный металлургический центр Швеции XVII–XVIII вв. **49.** Немецкий предприниматель, одним из первых установивший на заводе в Велклинге электропечь конструкции Гензингенского АО. **50.** Русский изобретатель, впервые осуществивший подачу дутья в доменную печь через две фурмы. **51.** Братья-изобретатели, предложившие использовать для процесса фришевания отражательную печь, отапливаемую каменным углем. **52.** Город (в графстве Суссекс), где была осуществлена первая удачная отливка артиллерийского орудия из чугуна. **53.** Вдохновитель и организатор реформы российской металлургии в начале правления Екатерины II. **55.** Капля металла, попавшая в шлак. **56.** Одно из устаревших названий гематитовой руды: «железная ...» **58.** Техника художественной обработки металла. **62.** Естествоиспытатель, впервые применивший колошниковый газ для отопления доменных воздухонагревателей. **64.** Машина для обработки криц, получаемых в результате пудлингования. **65.** Зловредный гном, подсовывавший металлургам Гарца «плохие руды» меди и железа. **67.** Ценная порода древесины, использовавшаяся для производства металлургического древесного угля. **74.** Бог-металлург у древних кельтов. **75.** Изобретатель первого засыпного аппарата типа «воронка-конус» для доменной печи. **77.** Элемент вооружения (вид копья) в армии Древнего Рима,

при изготовлении которого применялась неравномерная закалка по длине изделия. **79.** Форма разливки товарного чугуна. **80.** Город, в котором Ф.Герансоном были проведены завершающие опыты по созданию конвертора для производства литой стали. **82.** Металлургический регион России. **84.** Двухколесная вагонетка для подачи шихты на колошник доменной печи (разг.). **87.** Мелкие фракции древесного угля или кокса, непригодные для употребления в металлургических агрегатах. **90.** Провинция Древнего Рима, славившаяся производством железа и длинных мечей для конницы. **92.** Ученый, первый исследовавший знаменитый метеорит «Палласово железо» и установивший его космическое происхождение. **94.** Ценная порода древесины, использовавшаяся для производства металлургического древесного угля. **96.** Основное топливо для доменной плавки. **98.** Способ термической обработки закаленной стали. **99.** Завод, на котором были проведены первые опыты по применению нагретого дутья в доменных печах. **102.** «Самая лучшая сталь, которую когда-либо, где-либо делали – есть без сомнения ...» (Д.К. Чернов). **105.** Город в Бельгии – центр производства кованых железных артиллерийских орудий большого калибра (XV в.). **106.** Фараон, в пирамиде которого были найдены одни из древнейших предметов, сделанных из железа метеоритного происхождения (IV тыс. до н.э.). **109.** Процесс производства жидкого металла. **110.** Жидкий продукт доменной плавки. **112.** Металл, застывший внутри печи или ковша (разг.). **113.** Изобретатель регенеративной печи для выплавки стали и производства стекла. **117.** Наголовье средневекового доспеха, изготовление которого отличалось особой сложностью, поскольку из цельной крицы не только выковывали шлем, но и «вытягивали» длинный (до 40 см) назатыльник. **118.** Естествоиспытатель, впервые доказавший возможность производства стали

из железа с помощью электрического тока (сталь была получена в результате пропускания тока через железную проволоку, покрытую алмазной пылью). **120.** Река в Центре России, на берегу которой была построена первая в стране доменная печь. **123.** Изобретатель быстрорежущей хром-вольфрамовой стали. **124.** Товарная марка оружейников и металлургов императора Максимилиана I. **125.** Наука, название которой (по одной из версий) произошло от древнегреческого слова, означающего «металлическая отливка». **129.** Старший на доменной печи. **130.** Легендарный греческий пастух, первым обративший внимание на необычные свойства одного из минералов железа. **134.** Легендарная гора, на которой, в соответствии с греческой мифологией, была проведена первая плавка железной руды. **135.** Страна Древнего Мира, в которой в государственном масштабе впервые было осуществлено разделение труда при производстве изделий из железа.

## Ответы

По горизонтали: 1. Геру. 3. штык. 5. пушка. 6. минетт. 9. Виниус. 11. табан. 14. Паллас. 15. Галльштат. 16. ниелло. 20. шихта. 21. Плаке. 22. каталь. 27. Маурер. 29. дутье. 30. Тагил. 32. лимонит. 35. тромпа. 36. домна. 37. пирит. 38. Чумпин. 41. горн. 43. шлих. 46. конус. 47. цех. 48. скрап. 49. Россия. 51. Корт. 54. шлак. 57. Мартен. 59. Дадли. 60. харалуг. 61. фурма. 63. оцел. 66. крич (кръч). 68. желоб. 69. короб. 70. горст. 71. Павия. 72. сталь. 73. Акема. 76. орех. 78. флюс. 81. Сирах. 83. Демидов. 85. рудня. 86. Греция. 88. Жиро. 89. волк. 91. Упсала. 93. Браун. 95. вуц. 97. ковка. 100. ларь. 101. Гоба. 103. лещадь. 104. Холли. 107. мумия. 108. Репнин. 111. Бреннус. 114. Юйгун. 115. Томас. 116. Илиада. 119. Дамаск. 121. чурак. 122. Серен. 126. Аджлун. 127. Ганифетиш. 128. Дейвис. 131. пифия. 132. Аносов. 133. Фуггер. 136. Дерби. 137. руда. 138. Марс.

По вертикали: 1. Гефест. 2. Упа. 3. шам. 4. кузнец. 6. Меллер. 7. Райли. 8. Шаншу. 10. Северн. 12. шахта. 13. галлы. 14. подача. 17. осмунд. 18. литье. 19. уклад. 22. Керман. 23. Дюма. 25. пень. 26. Лидия. 28. Реомюр. 31. кожух. 32. Лорх. 33. Тула. 34. Диско. 35. тарсия. 39. нейрис. 40. сопло. 41. Гарц. 42. Герат. 44. Холл. 45. Фалун. 49. Рехлинг. 50. Махотин. 51. Кренедж. 52. Бакстед. 53. Шувалов. 55. королек. 56. сметана. 58. насечка. 62. Фор. 64. жом. 65. Ник. 67. ель. 74. Суцелл. 75. Парри. 77. пилум. 79. чушка. 80. Эдскен. 82. Урал. 84. коза. 87. мусор. 90. Норик. 92. Хладни. 94. граб. 96. кокс. 98. отпуск. 99. Клайд. 102. булат. 105. Гент. 106. Унас. 109. плавка. 110. чугуун. 112. козел. 113. Сименс. 117. салат. 118. Пепис. 120. Тулица. 123. Тейлор. 124. пиния. 125. химия. 129. мастер. 130. Магнус. 134. Ида. 135. Рим.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Здорик Т.Б. Камень, рождающий металл. М.: Просвещение. 1984 г. 192 с.
2. Васильев В.А., Бех Н.И., Гини Э.Ч., Петриченко А.М. Изготовление художественных отливок. М.: Интермет Инжиниринг. 2001 г. 303 с. с илл.+16 л.цв.ил.
3. Герман Вейс. История цивилизаций: Архитектура. Вооружение. Одежда. Утварь: Ил. энцикл. в 3 т. – М.:Эксмо-Пресс, 2000.
4. Ле Гофф Ж. Цивилизация средневекового Запада / Пер. с фр. Е.И. Лебедевой, Ю.П. Малинина, В.И. Райцеса, П.Ю. Уварова. – М.: "Прогресс" – "Прогресс-Академия", 1992.-376 с.
5. О.Р. Гарни "Хетты. Разрушители Вавилона", Москва, "Центрполиграф", 2002. 268 с.
6. Этруски: Итальянское жизнелюбие (пер. с англ. Соколовой О.). М: Терра. 1998, 168 с.
7. Савельев К.Е. Эпоха кельтов. М.: Просвещение. 1991. 287 с.
8. Венецкий С.И. Загадки и тайны мира металлов / С. И. Венецкий; Моск. гос. ин-т стали и сплавов (технолог. ун-т) - 80 лет. - М.: МИСиС, 1999. - 376 с.
9. Н. А. Мезенин «Занимательно о железе» М., «Металлургия», 1985 г., 200 стр.
10. Беккерт М. Железо. Факты и легенды. Перевод с немецкого Г.Г.Кефера. М. Metallургия 1988г. 240 с.
11. Винклер, Павел Павлович фон - Оружие: Руководство к истории, описанию и изображению ручного оружия с древнейших времен до начала XIX в. - М.: Изд.-коммерч.фирма "Софт-Мастер", 1992. - 330 с.
12. Вендален Бехайм, "Энциклопедия Оружия" // Санкт-Петербург оркестр, СПб, 1995. 567 с.
13. Брун В., Тильке М. Всеобщая история костюма от древности до Нового времени. М: Эксмо-пресс. 2005. 464 с.

14. С. Красиков «Предания о металлах и минералах» Минск, «Юнацтва», 1994 г. 290 с.
15. Джек Келли. Порох. От алхимии до артиллерии: история вещества, которое изменило мир. (пер. с англ. Александра Турова) М.: Иностранка. 2005. 336 с.
16. История оружия: Артиллерия. Шокарев Ю.В. М.: АСТ. 2001. 270 с.
17. Навроцкий А.Г. Кузнечное ремесло. М.: Машиностроение. 1988. 192 с.
18. Ламан Н.К. Развитие техники обработки металлов давлением с древних времен до наших дней. М.: Наука. 1990. 290 с.
19. Щербаков В.А., Борзунов В.П. Булатная сталь. М.: МИСиС. 1996. 312 с.
20. Шухардин С.В. Георгий Агрикола. М.: изд. АН СССР. 1955. 207 с.

**МЕТАЛЛУРГИЯ ЖЕЛЕЗА  
В ИСТОРИИ ЦИВИЛИЗАЦИИ**



## Эволюция режущего инструмента - от камня до стали



1 - кремневый кинжал (Дания, 3-е тыс. до н.э.); 2 - золотой кинжал с ножнами (Южная Месопотамия, вторая половина 3-го тыс. до н.э.); 3 - бронзовый двулезвийный нож-кинжал срубной культуры (Адыгея, XIV-XII вв. до н.э.); 4 - железный кинжал в золотых ножнах (Аладжа-Хююк, 3-е тыс. до н.э.); 5 - мечи (Центральная Италия, поздний бронзовый век); 6 - кинжалы с ножнами (Этрурия, ранний железный век); 7 - короткий римский меч - гладиус - с серебряной рукоятью (I в. н.э.); 8 - испанский кинжал с ножнами (150 г. до н.э., использовался римскими легионерами с 133 г. до н.э.); фон - текстура булатной стали - вершины оружейного искусства

# Основные минералы железа

Лимонит



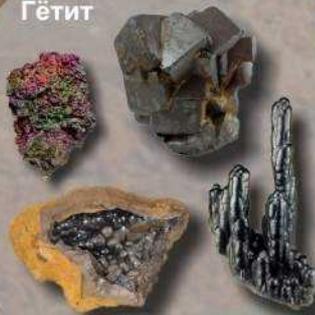
Гематит



Марказит



Гётит



Халькопирит



Сидерит



Магнетит

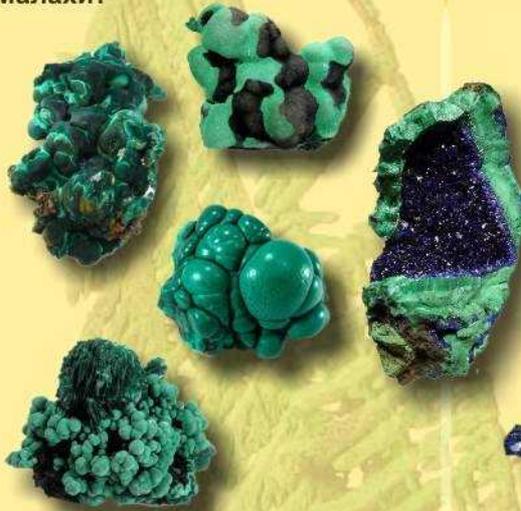


Пирит



# Основные минералы меди

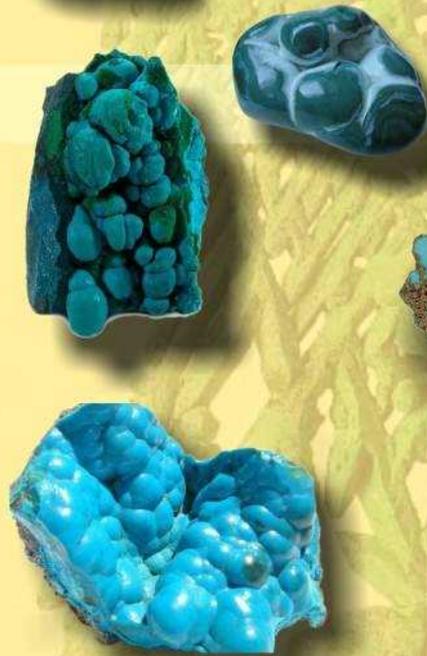
Малахит



Азурит



Хризоколла



Бирюза



## Изделия из металлов древности



1 - голова быка - навершие резонатора арфы из царской гробницы в Уре (дерево, золотая фольга, середина 3-го тыс. до н.э.); 2 - золотой статер - крезус (Лидия, VI в. до н.э.); 3 - золотой скифский гребень (курган Солоха, IV в. до н.э.); 4 - кельтский щит (бронза, Англия, II-I вв. до н.э.); 5 - кельтское зеркало (бронза, Англия, I в. до н.э.); 6 - "маска Агамемнона" из коллекции Шлимана (золото, Микенская Греция, XVI в. до н.э.); 7 - солид Константина Великого (золото, 309 г.); 8 - химера из Ареццо (бронза, Этрурия, ок. 480 г. до н.э.); фон - золотая статуэтка из гробницы Тутанхамона (XIV в. до н.э.)

## Эпоха стального костюма



1

Рыцарский доспех позднего Средневековья определял моду своего времени. Помимо боевого доспеха (для конного и пешего боя), светские и облегченные (для повседневного ношения, а также парадные). В жизни рыцарского сословия многое было сознательно выставлено напоказ: особое внимание придавалось символике цветов и предметов, этикету, атрибутике, ритуалам.



2а



2б



3



4



5



6



7



8

Профессиональная деятельность металлургов, напротив, не только не была выставлена напоказ, но тщательно скрывалась от глаз конкурентов. Поэтому многие металлургические секреты того времени остаются нераскрытыми по сей день.



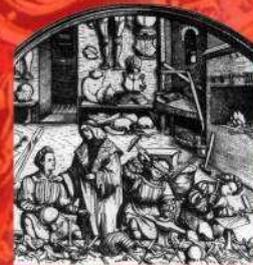
9



10



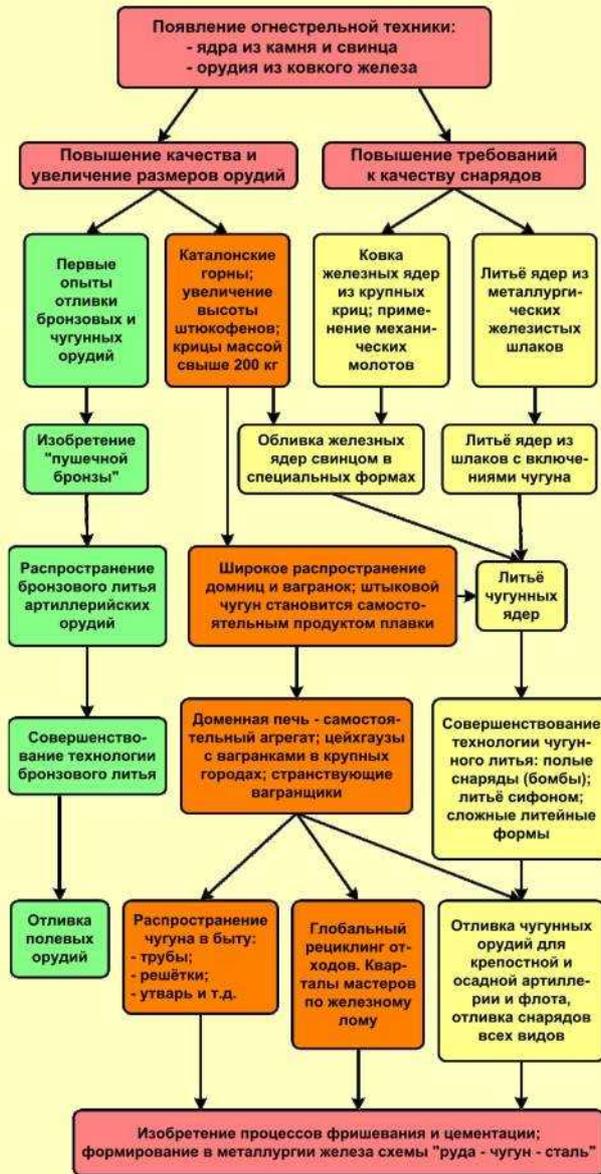
11



12

1 - доспехи Томаса Севилла (Англия, XVI в.); 2 - салад (а - Фламандия; б - Германия; 1490 г.; в - Германия, XVI в.); 3 - бацинет "собачья голова"; 4 - морион (Италия, 1550 г.); 5 - доспех работы Коломана Хельмшмида (Германия, 1525 г.); 6 - доспех эрцгерцога Фердинанда II (Австрия, 1547 г.); 7 - доспех внука Максимилиана I (Австрия, 1512 г., мастер Конрад Зойзенхофер); 8 - доспех герцога Брунсвика (Англия, 1613 г.); 9 - работа мастеров-оружейников (из средневекового манускрипта); 10 - мастер Ульрих Лохнер; 11 - оружейная мастерская (Франция); 12 - император Максимилиан I в мастерской Конрада Зойзенхофера (Инсбрук, 1511 г.); фон - парадный доспех (Антверпен, 1565 г.)

# Артиллерия - от кричного железа к бронзе и чугуну



1100...1200 Распространение пороха

1300 Ручные огнестрельные орудия:

Китай, монгольские племена,  
арабские страны, Волжская  
Булгария, Русь ("смаговницы").  
Описание Шемс Эд-Дином  
огнестрельной "мадфы"

1313 Б. Шварц: "дымный порох"

Распространение огнестрельной техники

1331 Аликанте (Испания),

Чивидаль (Германия)

1338 Пюи-Гийом (Франция)

1346 Креси (английские войска)

1350 Москва: крупные орудия -

"арматы" и "тюфяки"

1382 Гент: "Башенная Грета" - кованое

орудие массой 16,4 т

1400 Появление цапф и колёсных

лафетов, полевые орудия

1452 Константинополь: бронзовые

орудия с чугунными ядрами

1470 Карл Бургундский выделяет

артиллерию в самостоятельный род

войск

1478 "Пушечная изба"

1500 Изобретение квадранта, буссоли и

"передкового" лафета

1520 "Пушечный двор"

1537 Н. Гарталь: "Новая наука"

1540 В. Бирингуччо "О пиротехнике"

1546 Гартман: артиллерийская шкала

1548 Ахмендагар (Индия): отливка пушки

"Малик-и-майдан" массой 57 т

1543 П. Боде: отливка чугуновых орудий

для Генриха VIII, Англия

1550 Максимилиан II вводит шкалу

Гартмана в войсках

1581 "Пушечный приказ"

1586 А. Чохов: отливка "Царь-пушки"

1588 Испания: "Великая армада"

80 % пушек из чугуна

1613 Д. Уфано: "Трактат об артиллерии"

1621 О. Михайлов: "Устав ратных,

пушечных... дел"

1618...1648 "Тридцатилетняя война" -

первая общеевропейская

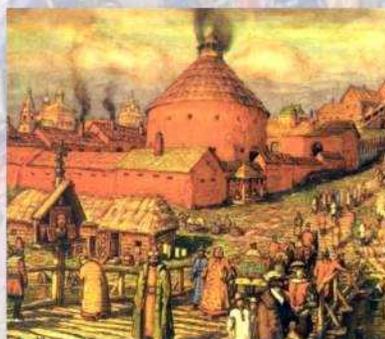
## Термин “железо” в основных языках Европы



## Артиллерия - главный стимул развития индустрии железа в эпоху позднего Средневековья



Огнестрельная техника появилась на рубеже XI-XII вв. в Азии. Её широкое применение началось XIV в. в войнах испанских государств с маврами.



Металлургические предприятия по производству огнестрельной техники стали первыми государственными мануфактурами во всех странах Европы. В России первым государственным заводом была Пушечная изба (впоследствии - Пушечный двор), построенная в Москве в 1475 г. В XVI в. мастерам Пушечного двора был пожалован особый нагрудный знак (алам).

В середине XVI в. главным "артиллерийским" металлом стал чугун: из него отливались орудия для крепостной, осадной и корабельной артиллерии; лёгкие полевые орудия, как правило, изготавливались из бронзы.

