

# Металлургия и время

Энциклопедия



ОБЪЕДИНЁННАЯ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ  
КОМПАНИЯ

© ЗАО «Объединённая Metallургическая Компания»

Ю.С. Карабасов, П.И. Черноусов,  
Н.А. Коротченко, О.В. Голубев

# Металлургия и время

## Энциклопедия

Том 1. Основы профессии.  
Древний мир и раннее средневековье



# Содержание

6	Памяти Михаила Васильевича Ломоносова
12	Предисловие
16	Введение. Колыбель индустриальной цивилизации
18	Глава 1. Истоки рудной металлургии Самородные металлы ♦ Термические технологии Неолита ♦ Начало эры металлов ♦ Мышьяковая бронза
26	Глава 2. Ювелирное искусство – основа металлургии Самый технологичный металл ♦ Свинцовое серебро ♦ Волочение благородных металлов ♦ Раскрытые тайны древних ювелиров
34	Глава 3. Древний мир бронзового литья Древняя цветная металлургия ♦ Бронзолитейное искусство ♦ Оловянная бронза ♦ Зеркало, бритва и маникюрные ножницы ♦ «Кусковая формовка» ♦ Античное статуарное литьё
44	Глава 4. Загадки сыродутного горна Рабочий металл цивилизации ♦ Первые сыродутные печи ♦ Теория и практика сыродутного процесса ♦ Удаление шлака ♦ Терминология сыродутного процесса ♦ Извлечение крицы ♦ Средневековые сыродутные печи ♦ Китайская сыродутная металлургия ♦ Высокое качество литейного сыродутного чугуна ♦ Надежный агрегат
58	Глава 5. Древесноугольная металлургия Древнейшее металлургическое топливо ♦ Самая консервативная технология ♦ Письменные источники ♦ Экология углежжения ♦ Географические, ландшафтные и погодные факторы ♦ Заготовка древесины ♦ Подготовка к углежжению ♦ Формирование кучи ♦ Обугливание древесины ♦ Разборка кучи и сортировка угля ♦ Выжиг в балаганах и стационарных печах ♦ Использование древесного угля ♦ Китайский вариант углежжения
74	Глава 6. От колесницы до подковы Ещё одно достижение неолитической революции ♦ Древнейший вид военной техники ♦ Колёса со спицами ♦ Узда, стремяна и подковы
80	Глава 7. Труба – вечный символ империи Транспортные артерии Римской империи ♦ Древнейшие трубопроводы ♦ Трубная индустрия Древней Греции и Римской империи ♦ Римские термы ♦ Водопроводы и водораспределительные системы ♦ Акведуки ♦ Сифоны и дюкеры ♦ Римское трубное производство ♦ Свинцовое отравление – причина заката Римской империи? ♦ Акведуки эпохи индустриализации ♦ Солеварение – главный движитель средневекового трубного производства ♦ Бурение скважин ♦ Средневековые варницы ♦ Железные полицы и црены ♦ Водоснабжение Москвы ♦ Чугунные трубы ♦ Бесшовные железные и стальные трубы

- 108** Глава 8. Розы, колечки и радужные червячки в клинковом узоре  
Предания, легенды, летописные свидетельства и литературные фантазии ♦ «Чакра» из «белого железа» ♦ Гусиные стальные опилки и «римская плетёнка» ♦ Дамаск – столица кузнечного ремесла ♦ Тигельная сталь Ахсикета ♦ Молибден в железных песках Японии ♦ Пёстрые червячки Северной Европы ♦ Дым Саттон-Ху ♦ Наследие кельтиберов ♦ Меч Ричарда и сабля Саладина ♦ Терминология и классификация ♦ Стальной узор: размер, форма, цвет и четкость линий ♦ Классификация П.П. Аносова ♦ Технология производства ♦ Литая сталь ♦ Китайское «многосуточное» железо ♦ Индийский и персидский вутц ♦ Дамасская сталь ♦ Сварочная сталь Скандинавии ♦ «Чугунение» и «насталивание» ♦ Ковка литой стали ♦ Ковка дамаска ♦ «Турецкий», или «розовый», дамаск ♦ Закалка оружейной стали ♦ Моча рыжего мальчика и ягодицы молодого раба ♦ Тайна литой стали ♦ Легендарный композит
- 128** Глава 9. «Визитная карточка» викингов  
Закат античной цивилизации ♦ Северная волна ♦ Корабельный инструмент ♦ Эпоха викингов ♦ Викинги и славяне ♦ Корабельные захоронения ♦ Жизнь на родных землях ♦ Производство и обработка металлов ♦ Осмундские печи ♦ Меч викингов
- 146** Глава 10. Бронзовый голос средневековья  
Колокольчики Древнего мира ♦ Ритуальный атрибут ♦ Символ христианской церкви ♦ Кампанология ♦ Государственное достояние ♦ Первая техническая энциклопедия Теофила Пресвитера ♦ Колокольное литье по технологии Бирингуччо ♦ Искусство колокольного литья ♦ Традиции и хитрости литейщиков колоколов ♦ Колокольная бронза ♦ Язык для колокола ♦ Искусство колокольного звона ♦ Старейшая мануфактура в мире
- 168** Приложение. «Коренное» родство золота и железа (морфология металлургической терминологии)
- 174** Приложение. Водоснабжение и санитария Римской империи.  
Римские бани ♦ Римские туалеты ♦ Канализация Вечного города ♦ Водопроводы Вечного города ♦ «Водяное ведомство»
- 180** Приложение. Колокола Европы  
Разнообразие имен и прозвищ ♦ Колокольные суеверия ♦ Желанные трофеи и виновники бунтов ♦ Колокола – великаны ♦ Чудесный голос Maria Gloriosa ♦ Подъём и подвеска колоколов ♦ Колокола из стали, чугуна, стекла и глины
- 186** Приложение. Колокола Восточной Азии  
Символ Эпохи Шан ♦ Колокольные традиции Чосона и Аулака ♦ Японские дотаку ♦ Музыкальные трактаты и династийные хроники ♦ Колокола в натурфилософии Китая
- 192** Приложение. Дар богов (металлы в мифологической картине мира)  
Материал для сотворения Вселенной ♦ «Основа Мира» ♦ Железные листья и медные шипы индуистского ада ♦ Материал для небес ♦ Мировоззренческая категория ♦ Атрибут Марса и Великого Понтифика ♦ Двойственная природа железа ♦ Душа руды
- 200** Рекомендуемая литература
- 204** Словарь терминов
- 209** Указатель имен и названий
- 214** Хронологическая таблица

# Памяти Михаила Васильевича Ломоносова

**В 2011 ГОДУ ИСПОЛНЯЕТСЯ 300 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ** Михаила Васильевича Ломоносова (8.11.1711 — 4.4.1765) – великого русского просветителя, ученого, изобретателя, поэта, художника, историка, общественного деятеля. Достижения М.В. Ломоносова в различных областях науки, искусства и образования хорошо известны и оценены российской и мировой общественностью. Но для металлургов и горняков они имеют особое значение, потому что М.В. Ломоносов получил именно горнометаллургическое образование – лучшее фундаментальное образование своего времени, и именно труды в металлургической области принесли Ломоносову научное признание.

Ломоносов родился в деревне Денисовка Куростровской волости около села Холмогоры (Архангельской губернии) в семье крестьянина-помора Василия Дорофеевича Ломоносова, занимавшегося морским промыслом на собственных судах. В январе 1731 г. Ломоносов поступил в московскую Славяно-греко-латинскую академию при Заиконоспасском монастыре. В 1735 г. в числе наиболее отличившихся учеников Ломоносов был послан в Петербург для зачисления в Академический университет, а в 1736 г. командирован в Германию для обучения металлургии и горному делу. Он учился сначала в Марбургском университете под руководством физика и философа Х. Вольфа, а затем во Фрайберге у металлурга и химика И. Генкеля.

По возвращении на родину Ломоносов (в январе 1742 г.) был назначен адъюнктом АН по физическому классу, а в августе 1745 г. стал первым русским, избранным на должность профессора (академика) химии. Уже в 1742 г. Ломоносов начал писать большой труд по горному делу, первый вариант которого был подготовлен по свежим следам пребывания во Фрайберге. «Главное мое дело есть горная наука, для которой я был нарочно в Саксонию послан...», отмечал Ломоносов. Однако многочисленные академические обязанности задержали окончание этой работы.

Книга «Первые основания металлургии или рудных дел», 250-летний юбилей издания которой будет отмечаться в 2013 г., была востребована отечественной горно-металлургической индустрией, которая в то время испытывала небывалый подъем.



Perenissimae ac Potentissimae Imperatricis  
ELISABETHAE AVUSTRAE  
totius Russiae Autocratoris

incho

ESCO CYRACUS COMES DE RASTVETSKY  
Almerico Rudane ad utramque Boristhenis ripam  
ac legionum tuarum catanctu  
Helmans

Vic non. L. J. M. Cammerius ordinarius  
Academiae Imp. Scientiarum Praesens  
aditum pactorum etiam Amaduretiam et aditum  
aditumque Aquilae. Aliae S. Alexandri & S. Annae Equus  
pro potestate ab. usque mihi conatus

Dr. Consultarium Mich. Lomonosoff  
chimiae Professore ord.  
Communi totius Academiae Petropolitanae suffragio  
Collegam huius Societatis

solemni hoc Diplomate declaro  
in eumque iura & emolumenta  
eius ordini. usque beneficio attributa  
confero

Petropoli 10. Martii die | Mart. 1797.

Comes de Rastvetzky



Vorzugiger diesel Herr Michael Lomonossow  
Studischer gebürtig aus Archangel, welchem zu  
matia allhier anlangend nunmehr wider von  
hiesigen gegenwärtigen Luft und von einer Contagion ab  
Vorsorge zu nehmen vorhaben ist. Alsdemselben  
Civil als Militair Dienste gebührend verfahren abgehan  
der Colson, Koch, Tischler, und die geschildert Pasquand repas  
bei dergleichen Vorfällen zu ersehen alle Zeit  
so denn haben wir diesen Brief mit dem Universitäts  
samen Harburg den 17. May 17.



Pro Rector  
Decanus Doctor  
bei der Univer

Joh. Friedr.  
H. H. H.



«Военное дело, купечество, мореплавание и другие государственные нужные учреждения неотменно требуют металлов, которые до просвещения, от трудов Петровых просиявшего, почти все получаемы были от окрестных народов...», писал Ломоносов в предисловии к книге. Он был уверен, что именно «металлургия, предводительница к внутреннему богатству...» государства, определяет общий уровень развития и процветания нации. «Проницательное зрение просвещенного ... разума довольно объемлет такового дела важность», заключает автор в предисловии к изданию.

Выдающийся методист М.В. Ломоносов в небольшом по объему труде сконцентрировал и систематизировал огромный научный и практический материал, изложенный стройно, четко и в доступной для читателей форме. По законченности и изяществу изложения эта работа Ломоносова является образцом ранней русской научной литературы. Энциклопедический труд Ломоносова, появившийся в период мощного подъема русской металлургии, имел исключительное значение для отечественной горнозаводской промышленности.

Печатание «Первых оснований металлургии» было начато Ломоносовым в феврале 1761 г., шло в академической типографии довольно долго и было закончено к октябрю 1763 г. Книга стала первым энциклопедическим изданием, практическим руководством и теоретическим трактатом в области металлургии и горного дела на русском языке. В этом труде Ломоносов создал четкую, научно выдержанную и в тоже время общедоступную русскую горнометаллургическую терминологию. Руководство было выпущено огромным для того времени тиражом 1225 экземпляров - и разослано по заводам и рудникам Центральной России, Урала, Алтая и Сибири. Во многом благодаря этой фундаментальной работе Ломоносова российская металлургия в 1760-х годах вышла на первое место в мире по производству чугуна, железа и стали и удерживала его в течение 50 лет.

# Дорогие друзья!

Я очень рад представить вам уникальное издание – энциклопедию, посвященную истории зарождения и развития металлургии.

**ЕЩЕ В 1751 ГОДУ В СВОЕМ «СЛОВЕ О ПОЛЬЗЕ ХИМИИ» М.В. ЛОМОНОСОВ** так оценил роль металлов в жизни человека: «Металлы подают укрепление и красоту важнейшим вещам, в обществе потребным. Ими защищаемся от нападения неприятельского, ими утверждаются корабли и, силою их связаны, между бурными вихрями в морской пучине безопасно плавают. Металлы отверзают недро земное к плодородию: металлы служат нам в ловлении земных и морских животных для пропитания нашего. Все отрасли общественного производства требуют применения металлов. Ни едино художество, ни едино ремесло простое употребление металлов миновать не может».

Почти 100 веков истории металлургии вместили в себя тысячи открытий и тайн. С изданием энциклопедии «Металлургия и время» впервые представляется уникальная возможность получить ответы на многие из этих вопросов, загадок и тайн.

Сейчас трудно представить, каким был бы мир без металлов. Не менее сложно представить и дальнейшее развитие человечества без совершенствования металлургии.

Мартеновские печи уходят в прошлое. Сегодня металлургическое производство по своей сложности является одним из самых высокотехнологичных. Металлургические заводы, построенные в XXI веке – это предприятия, имеющие четыре уровня автоматизации. Соответственно и металлурги, работающие на этих комбинатах, должны быть людьми образованными и передовыми.

Без преувеличения можно утверждать, что сегодня металлургическая отрасль переживает ренессанс. Потому и конкурс в ведущих мировых металлургических вузах один из самых высоких.

Быть металлургом по-прежнему почетно, привлекательно и интересно. И для тех, кто сейчас стоит перед выбором, куда пойти учиться и работать, эта энциклопедия станет компасом и путеводителем.

Металлургия сделала Россию великой державой, в мощь которой свой вклад вносит и Объединенная металлургическая компания. Мы по праву можем гордиться тем, что являемся крупнейшим в мире производителем труб большого диаметра, тем, что участвуем во множестве крупных российских и международных нефтегазовых трубопроектах, тем, что наша продукция экспортируется в десятки стран мира.

Но наш рост и успех невозможны без ежедневного самоотверженного труда и преданности профессии металлурга. Мы убеждены: эти традиции должны передаваться из поколения в поколение.

Молодым мы и адресуем эту энциклопедию. На ее страницах представлено большое количество уникального иллюстративного материала и редких фактов, которые определили вид и структуру современной индустриальной цивилизации. Серьезный, энциклопедический подход к истории металлургии сможет заинтересовать школьников, стать незаменимым пособием для студентов и аспирантов – нашей будущей смены.

Я хотел бы поздравить авторов энциклопедии, поблагодарить всех тех, кто принимал участие в работе над ней.

**Седых Анатолий  
Михайлович**

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ СОВЕТА  
ДИРЕКТОРОВ ЗАО  
«ОБЪЕДИНЕННАЯ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ  
КОМПАНИЯ»



# Предисловие

## ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ!

На рубеже веков, обращаясь к отечественному и зарубежному опыту, мы не можем не задуматься, каким должен быть современный путь модернизации России? И сегодня, учитывая значительную эволюцию экономических систем, процесс становления нового технологического уклада, ключевым фактором которого признаны нанотехнологии, клеточные технологии и возникновение альтернативной энергетики, мы должны заранее развивать те отрасли, которые окажутся доминирующими. Поэтому одной из важнейших задач развития России и увеличения ее экономической мощи является развитие металлургического комплекса, который, в прямом смысле слова, служит локомотивом отечественной экономики. Отсюда и стратегия развития металлургического комплекса России на основе инновационного обновления отрасли, обеспечивающего повышение ее экономической эффективности и экологической безопасности, ресурсосбережение и конкурентоспособность продукции в условиях вхождения страны в ВТО.

Очевидно, что для обновления требуются «наукоемкие вложения», знания, которые будут рассматриваться лишь с точки зрения их товарной ценности, наука, которая сама станет основной инновацией. В настоящее время, как никогда, необходимо опережающее развитие фундаментальной металлургической науки, способной повысить надежность и долговечность машин и сооружений при понижении металлоемкости и трудоемкости изготовления.

Мы, представители научно-образовательного сектора экономики - выпускники и сотрудники МИСиС, представляем на суд читателей наш скромный труд, в котором сделали попытку обобщить многовековой опыт и достижения в области металлургии в энциклопедию, ориентированную на широкий круг читателей. Мы рассчитываем, что такой подход к истории сможет заинтересовать школьников, стать незаменимым пособием для студентов, а также помочь в работе специалистам.

В Московском институте стали и сплавов, удастся сохранять технологические традиции российских мастеров металла, объединять их с фундаментальными научными достижениями металлургии и материаловедения, способствовать научно-технологическому прорыву России в XXI в. Мы знаем свои корни. Они уходят в глубь истории, во времена Петровских реформ, когда лучшие умы отечественной горнометаллургической науки и практики концентрировались в Санкт-Петербургском горном институте, во времена создания первых горнозаводских школ и училищ, во времена М.В. Ломоносова, основавшего первый Российский университет, опираясь на опыт германских коллег. Неотценима роль и других российских университетов, в первую очередь политехнических институтов, в формировании фундаментальной металлургической науки.



На памятнике  
надпись:

«М.В. Ломоносов  
(1711-1765)  
Студент во Фрайберге  
1739/40  
Российский энцикло-  
педист, естествоиспы-  
татель и поэт»

Бюст изготовлен  
на кафедре «Техноло-  
гии литейных процес-  
сов» НИТУ «МИСиС»

ОТКРЫТИЕ ПАМЯТНИКА  
М.В. ЛОМОНОСОВУ  
17 МАРТА 2010 ГОДА  
В Г. ФРАЙБЕРГ, ГЕРМА-  
НИИ (СЛЕВА НАПРАВО):

**Садовничий**  
**Виктор Антонович,**  
РЕКТОР МОСКОВСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

**Майер Бернд,**  
РЕКТОР ФРАЙБЕРГСКОЙ  
ГОРНОЙ АКАДЕМИИ

**Ливанов Дмитрий**  
**Викторович,** РЕКТОР  
НИТУ «МИСиС»





Современные информационные технологии дали нам возможность использовать материалы из архивов университетов и библиотек, многочисленных источников Интернета, в том числе зарубежных, до настоящего времени не опубликованных в России. На страницах книги представлен большой иллюстративный материал, приведены редкие факты и описаны события, которые определили вид и структуру современной индустриальной цивилизации. Популярно изложены ключевые моменты развития металлургии, рассмотрены социальные, политические, экологические и другие объективные и субъективные обстоятельства появления изобретений и открытий в области металлургического искусства.

В ближайшем будущем сохранится и упрочится ведущая роль металлов и материалов, функциональность конструкций и изделий из которых заключается в возможности их полной переработки в качестве вторичных материалов. При создании изделий нового поколения отчетливо проявляется тенденция интегрирования инновационных материалов; при этом сталь становится все более востребованной, потому что в наи-

ГОЛУБЕВ  
Олег Валентинович

КОРОТЧЕНКО  
Наталья Ариановна



КАРАБАСОВ  
Юрий Сергеевич

ЧЕРНОУСОВ  
Павел Иванович

большей степени отвечает критериям функциональности и прочности. Современная сталь – это «дизайновый» материал, который победит в самой жесткой конкуренции любые материалы.

Уже сегодня для разработки новых материалов и их сочетаний используются знания о том, что происходит в них на атомарном (нано-) уровне. Новые металлургические технологии начинаются с того, что на основе квантовой науки создаются новые конфигурации материалов, а в виртуальной среде проектируются композиты с революционными свойствами и техническими характеристиками.

Профессия металлурга, материаловеда становится все более востребованной. Она опирается на тысячелетний фундамент, заложенный мастерами и учеными, уникальными специалистами своего дела – творцами металла. Мы рассчитываем, что своим трудом будем способствовать привлечению в металлургическую индустрию талантливой молодежи, которая сохранит имидж России как ведущей мировой металлургической державы.

## Введение

# Колыбель индустриальной цивилизации

Вторая половина прошедшего столетия отмечена появлением и бурным развитием принципиально новых методов исторических исследований. Практическая археология, сравнительная лингвистика праязыков, историческая этнография и иммунология, глубокий математический анализ текстов старинных рукописей и описываемых в них астрономических событий дали возможность реконструировать древнюю эпоху в истории человечества, когда были заложены основы современной технической цивилизации.

**И**ССЛЕДОВАНИЯ ПОСЛЕДНИХ ДЕСЯТИЛЕТИЙ, ОСОБЕННО С ПРИМЕНЕНИЕМ методов практической археологии, позволили по-новому оценить влияние техники на социально-политическую историю общества, более четко проявить его технократический характер. Многие исследователи обращают внимание на то, что именно памятники техники наиболее точно отражают сущность исторической эпохи и позволяют построить ясную хронологическую картину развития цивилизации. Металлургия, являющаяся основой современной индустрии и поставляющая орудия труда и инструменты для других отраслей техники на протяжении последних пяти тысячелетий, естественно занимает в этом процессе особое место.

Интерес для современных историков и археологов представляет так называемая «эпоха раннего металла», охватывающая временной интервал между 10-м и 3-м тысячелетиями до н. э. Этот период (или его начальную фазу – 10–6-е тысячелетия до н. э.) также называют неолитической революцией – переворотом в производстве первобытного общества, который был связан с переходом от присваивающего хозяйства к производящему и привел к созданию цивилизации Древнего мира.

Термин «неолитическая революция» предложил в 1949 г. английский археолог Гордон Чайлд, по аналогии с общепринятым к тому времени понятием «промышленная революция». В настоящее время неолитическая, промышленная и научно-техническая революции рассматриваются в качестве основополагающих принципиальных преобразований в истории мировой экономики. В терминах «промышленная революция» и «научно-техническая революция» заложено указание на основные черты произошедших изменений – соответственно превращение промышленности в главную сферу экономики и повышение роли науки в развитии индустрии. В отличие от них термин «неолитическая революция» указывает на эпоху, когда произошли революционные преобразования, но не раскрывает их сущности. Это связано с тем, что об основном содержании неолитической революции дискуссии продолжаются до сих пор.

С позиций истории техники важнейшими событиями эпохи неолита являются начало изготовления составных орудий труда, что означает формирование конструкционного (по сути, инженерного) мышления, и освоение термических технологий – гончарного и металлургического производства. Важно отметить, что экономика производящего типа четко обозначила границу начала неравномерности в развитии

различных культур нашей планеты. Следует признать, что с точки зрения современного индустриального общества исторический путь не освоивших металлургию человеческих сообществ оказался, по существу, тупиковым. Не перешагнув «металлический порог», они не смогли приблизиться к уровню современной цивилизации.

Особая роль металлов в эпоху, непосредственно предшествовавшую Древнему миру (т.е 5–3-е тысячелетия до н. э.), позволяет археологам выделять для этого исторического времени так называемые металлургические провинции – территории, которые характеризуются единым уровнем освоения металлургических технологий при разной степени культурного и социально-политического развития общества. Таким образом, в современной исторической науке металлургия рассматривается в качестве своеобразного «надкультурного» феномена, наиболее точно отражающего общий уровень развития цивилизации.

Металл оказался важен для человека не только как материал для изготовления орудий труда и инструментов. Металлургия стала той основополагающей технологией, которая позволила осуществить синтез новых, искусственных, техногенных и практически неизвестных природе материалов, которые можно получать только с помощью термических и химических процессов. Именно металлы сыграли роль объекта, при изучении которого возникло понятие о веществе и его превращениях. На основе исследования металлов, особенно ртути и свинца, родилась идея превращения веществ. Металлургическое искусство не только рождало средства удовлетворения жизненных потребностей человека, но и пробуждало его разум. В итоге металл стал той мировоззренческой категорией, осознание которой позволило построить законченную картину окружающего мира. Особенно ярко это выражено в китайском учении о пяти стихиях – земле, воздухе, воде, огне, металле (только последний имеет техногенное происхождение) – и античной философии, благодаря которой и появились термины «металл» и «металлургия», которые в данном контексте следует рассматривать как философские категории.

## Глава 1

# Истоки рудной металлургии

Когда варвар, продвигаясь вперёд, шаг за шагом, открыл самородные металлы и научился плавить их в тигле и отливать в формы, когда он... создал бронзу, и, наконец, когда ещё большим напряжением мысли он изобрёл горн и добыл из руды железо – девять десятых борьбы за цивилизацию было выиграно.

**Генри Льюис Морган**



КАМЕННОЕ ОРУДИЕ  
ЭПОХИ ПАЛЕОЛИТА

**В** ТЕЧЕНИЕ МНОГИХ ТЫСЯЧ ЛЕТ ИЗДЕЛИЯ ИЗ камня были основными орудиями, которые использовал человек. Мастера, обрабатывавшие камень, подобно скульптору угадывали в нем новое качество и, отсекая лишнее, производили необходимый предмет. Однако древний человек, по существу, лишь воспроизводил природные процессы, разрушая горные породы. Конструирование изделий, которое осваивалось в течение нескольких тысяч лет, потребовало развития пространственного мышления и выработки принципиально новых навыков изготовления составных, из нескольких деталей и соединительных элементов, орудий труда. Но и в этом случае перед глазами мастера был исходный материал природного происхождения. Даже в процессе освоения производства керамики имитировались естественные процессы обжига глины в пламени костра. Изготовление изделий из рудного металла – технология революционная, технология, которую невозможно было «подсмотреть» в природе! Это первая в истории цивилизации полностью искусственная технология. Каким же образом человек научился получать и обрабатывать металлы? Рассмотрим современную версию этого удивительного процесса.

### ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

Что общего у панциря омара и «суперстали» ближайшего будущего? Ученые установили, что хитиновая основа панциря, состоящего из углерода, водорода и азота, пред-

*Люди эпохи палеолита жили немногочисленными первобытными сообществами и пользовались лишь оббитыми каменными орудиями, не умея ещё шлифовать их и изготавливать глиняную посуду – керамику.*

ставляет собой сотовую конструкцию из полимерных кристаллов с размерами порядка нанометра, свободное пространство которой заполнено протеином. Это позволяет материалу одновременно и плавать в воде, и иметь прочность выше, чем у многих марок стали специально-го назначения. Остается изучить и применить природную технологию на практике. Итак, анализ природных процессов и конструкций – ключ к успеху инновационных технологий XXI в. Однако этим ключом человек научился владеть в глубокой древности, и освоение металлургических технологий – наглядный тому пример.

### САМОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Неолитической цивилизации предшествовали длительное формирование и медленное развитие использовавшихся человеком орудий труда и инструментов. История первобытного человеческого общества была неразрывно

*В эпоху неолита каменные орудия шлифовались, сверлились; развивались прядение и ткачество. Переход к оседлому образу жизни привёл к появлению керамики.*

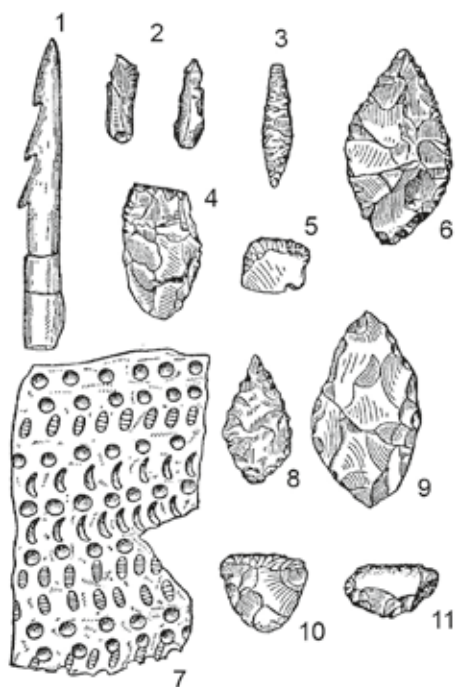
Полированный  
каменный топор  
эпохи неолита





Каменные элементы  
вкладышевых орудий  
труда эпохи неолитической революции

Предметы из неолитических поселений:  
1 – костяной гарпун;  
2, 4 – кремневые  
резцы; 3, 8 – кремневые  
наконечники  
стрел;  
5, 10 и 11 – кремневые  
скребки;  
6, 9 – кремневые  
«пики»;  
7 – обломок глиняного  
сосуда



связана с камнем. Самые примитивные каменные изделия представляли собой обыкновенную речную гальку, оббитую с одного края. Возраст древнейших каменных орудий датируется периодом около 2,5 млн лет. Важнейшим событием стало освоение кремневых орудий труда. В кремне была впервые найдена и воплощена форма таких основополагающих для технического прогресса изделий, как топор, серп, нож, молоток. Использование самородных металлов началось, скорее всего, в эпоху мезолита (среднего каменного века), т.е. несколько десятков тысяч лет назад. К этому времени мастерство поиска, добычи камней и изготовления из них не только орудий труда, но и украшений для первобытного человека стало делом обыденным и превратилось в своеобразную индустрию.

Именно в процессе поиска камней, подходящих для изготовления новых изделий, человек и обратил внимание на первые самородки металлов, по-видимому, медные, которые имеют гораздо большее распространение в природе, чем самородки благородных металлов – золота, серебра, платины. Самородную (теллурическую, от латинского слова «теллус» – земля) медь и сегодня находят во многих регионах мира: в Малой Азии, на Индокитае, Алтае, в Америке. До сих пор встречаются медные само-

родки массой несколько килограммов. Крупнейшим проявлением самородной меди считается сплошная медная жила, обнаруженная на полуострове Кьюсиноу (озеро Верхнее, США). Ее масса оценивается примерно в 500 т.

Не только благородные металлы могут в земных условиях присутствовать в самородной форме. Известно, что в природе обнаруживаются самородки железа, ртути и свинца, гораздо реже – самородки таких металлов и сплавов, как цинк, алюминий, латунь, чугун. Они встречаются в виде мелких листочков и чешуек, вкрапленных в горные породы, чаще всего в базальт. Самородное железо в XX в. находили, например, на острове Диско вблизи побережья Гренландии, в Германии (у города Кассель), во Франции (департамент Овернь), в США (штат Коннектикут). Оно всегда содержит значительное количество никеля, примеси кобальта, меди и платины (от 0,1 до 0,5 % масс. каждого элемента) и, как правило, очень бедно углеродом. Известны находки самородного чугуна, например, на островах Русский (на Дальнем Востоке) и Борнео, а также в бухте Авария - Бэй (Новая Зеландия), где самородный сплав был представлен когенитом – железоникелькобальтовым карбидом  $(\text{Fe, Ni, Co})_3\text{C}$ .

Наблюдение за изменением формы самородков под ударами твердых камней натолкнуло человека на мысль использовать их для изготовления мелких украшений путем холоднойковки. Ковка – древнейший способ обработки металлов давлением. Освоение способа обработки самородного металла ковкой базировалось на навыках и опыте изготовления каменных орудий труда путем «обивки» камня каменным же молотом. Самородная медь, которую первобытные люди сначала тоже считали разновидностью камня, при ударах каменного молота не давала характерных для камня сколов, а изменяла свои размеры и форму без нарушения сплошности материала. Это замечательное технологическое свойство «нового камня» стало мощнейшим стимулом поиска и добычи самородного металла и использования его человеком. Кроме того, было замечено, что ковка повышает твердость и прочность металла.

В качестве молота сначала применяли обычные куски твердого камня. Первобытный умелец, зажав камень в руке, наносил им удары по куску самородного, а впоследствии – выплавленного из руды металла. Эволюция этого простейшего способаковки привела к созданию прообраза кузнечного молота, снабженного рукояткой. Однако обработка металла холодной ковкой имела ограниченные возможности. Таким способом можно было придать форму лишь малым по величине предметам – булавке, крючку, наконечнику стрелы, шилу. Позднее была освоена технологияковки самородков меди с предварительным нагретом – отжигом.

Большие возможности для развития первых технологий металлообработки давали самородки золота –

металла намного более пластичного, чем медь. Золото сыграло выдающуюся роль в становлении горнометаллургического производства цивилизации. Первыми золотоносными месторождениями, освоенными человеком, были россыпные. Золотые самородки находили в массе аллювиальных песков и гравия, представлявших собой продукты разрушения горных золотоносных пород, которые в течение длительного времени подвергались воздействию речных потоков. По-видимому, древнейшими украшениями из золота были самородки, обработанные в форме бисеринок холодной ковкой. Эти отшлифованные бусинки выглядели как цветные камни, нанизывавшиеся вместе в различных сочетаниях.

При добыче золота из жил были созданы технологии, применявшиеся затем при разработке месторождений других древних металлов. Золото стало первым металлом, из которого научились отливать изделия, получать проволоку и фольгу, золото впервые подвергли рафинированию. По существу, все металлургические технологии, применявшиеся в эпоху Древнего мира к серебру, меди, свинцу, олову, были первоначально отработаны на золоте.

Тем не менее основой цивилизации вплоть до 3-го тысячелетия до н. э. оставался камень. Характерным признаком ранней неолитической техники стал переход к крупным каменным орудиям. Их появление связано с развитием новых технологических приемов обработки камня – сверления, пиления, шлифования. Были изобретены составные («вкладышевые») орудия, в которых каменный материал использовался только для рабочей

Наскальная живопись каменного века часто осуществлялась красками минералов железа (гематитовые и сидеритовые охры). Зубр. Пещера Альтамир, Испания



Дисперсные выделения гематита в буром железняке. Семеновский рудник, Баймакский район, Южный Урал, Россия



части, а рукоятки изготавливались из дерева, рога или кости. Постепенно получил развитие ремонт орудий – их подправка по мере изнашивания рабочей части. Возникли горные разработки, в которых для разрушения горных пород стали использовать огонь. Удивительным техническим достижением людей эпохи неолита является добыча кремней в шахтах с вертикальным стволом глубиной до 10 м и короткими штреками. Таким образом, в начале неолитической революции люди обладали разнообразными знаниями о природных веществах и материалах, методах их обработки.

### ТЕРМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕОЛИТА

Важнейшим отличительным признаком производящего неолитического хозяйства является создание запаса пищи. При решении проблемы изготовления посуды для его хранения изобретаются керамические изделия и постепенно развиваются термические технологии. Первыми изделиями из керамики были корзины из прутьев, обмазанные глиной и обожженные на костре. Затем были созданы специальные печи для обжига – горны.

Современные реконструкции воспроизводят неолитический способ обжига керамических изделий следующим образом. Горн строился в обрывистом берегу реки, в стенах оврагов или холмов и состоял из двух рукавов. Горизонтальный рукав

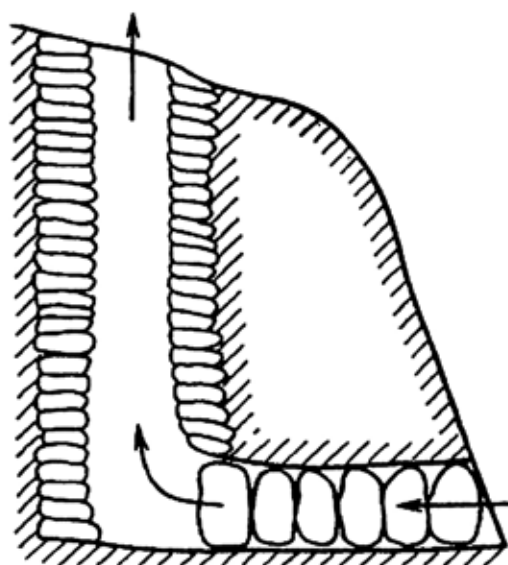
служил топкой, а вертикальный заполнялся горшками. Когда горн был наполнен предварительно высушенными горшками, его верх засыпали горшечным ломом и разводили слабый огонь, используя сырые дрова. Такой огонь поддерживался, пока не прекращалось отделение паров, после чего огонь усиливали до красного каления. В этом огне горшки находились не менее 6 ч. Потом верх горна засыпали песком, топку замазывали глиной и оставляли агрегат в таком состоянии в течение нескольких суток. После этого в топке делали отверстие и постепенно его увеличивали. Наконец, раскрывали верх горна и вынимали готовые горшки. Такие древнейшие печи для обжига керамики обнаружены в Месопотамии, Северной Африке, Восточной Европе. Температура нагрева изделий в них достигала 1100 °С.

Для освоения металлургической технологии извлечения металла из руды, требующей надежного обеспечения высоких температур, была необходима печь с искусственным дутьем. Впервые такие печи были созданы для гончарного производства. Таким образом, с рудным металлом человек знакомился во время обжига глиняных горшков. Происходил процесс восстановления металла из веществ, нанесенных на стенки гончарных изделий для их раскраски. Известно, что карбонаты меди – малахит и лазурит, сульфид ртути – киноварь, желтые, красные и коричневые железные охры

НЕОЛИТИЧЕСКАЯ  
КЕРАМИКА



Неолитическая печь,  
приспособленная  
для естественного  
дутья



представляют собой яркие минеральные краски, а нанесение цветных узоров на изделия из керамики является одним из древнейших видов искусства.

Первым рудным металлом, освоенным человеком, стала медь. Произошло это, по-видимому, около 10 тыс. лет назад. Древнейшими изделиями из рудной меди в настоящее время считаются булавы, шила, сверла, бусинки, колечки и подвески, найденные в поселениях Чайоню-Тепеси и Чатал-Хююке, которые расположены на плоскогорье Конья в Турции. Эти находки датируются 8–7-м тысячелетием до н. э.

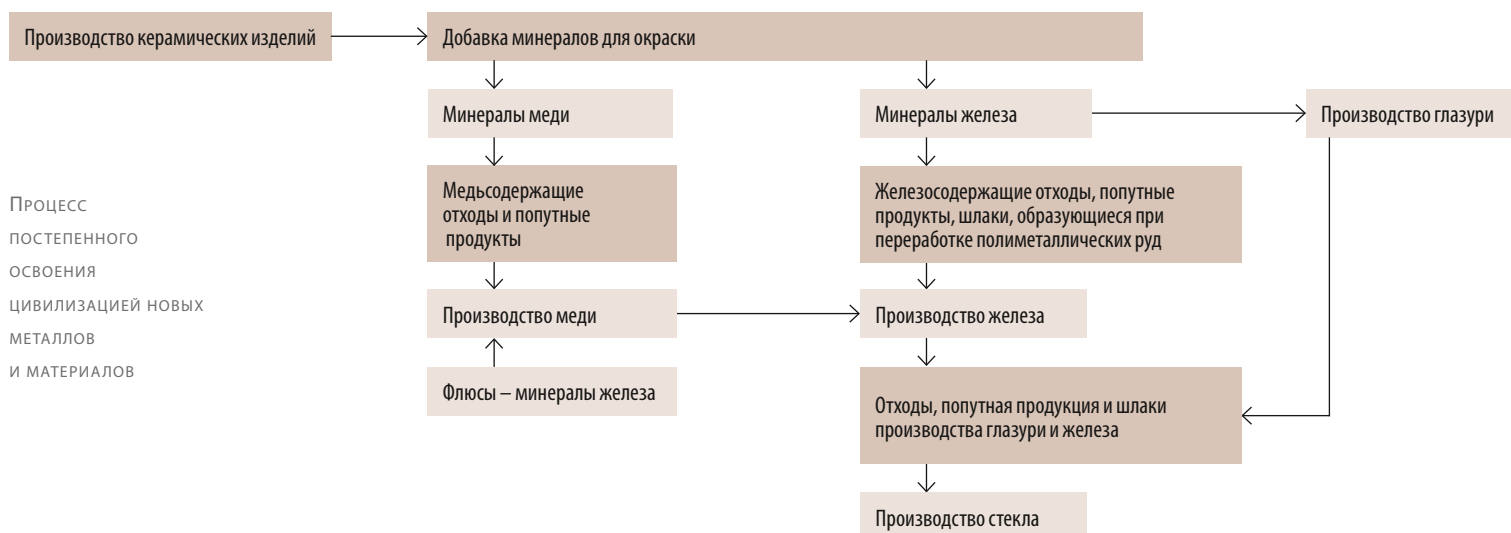
## НАЧАЛО ЭРЫ МЕТАЛЛОВ

Настоящая эра металлов началась в Евразии в 5-м тысячелетии до н. э. Ее характеризуют раритеты, обнаруженные на севере Балканского полуострова и в Карпатском

регионе. В археологии эти территории принято относить к важнейшей Балкано-Карпатской металлургической провинции меднокаменного века. В начале 70-х годов прошлого столетия там были открыты невероятно богатые и выразительные памятники: Варненский «золотой» некрополь и громадный рудник Айбунар, где, по расчетам, было добыто не менее 30 тыс. т медной руды. В Варненских захоронениях найдено более 3 тыс. разнообразных золотых и около 100 медных изделий. Особое внимание привлекают золотые украшения и предметы, декорированные сложными орнаментами, однако не меньший интерес у специалистов вызывают массивные медные орудия, инструменты и оружие.

Золото и медь Балкано-Карпатской металлургической провинции поставили перед исследователями древнего металла неожиданную проблему: на что были нацелены генеральные усилия этого металлургического производства? На отливку и ковку металлических орудий труда в целях повышения производительности, как излагалось в большинстве известных учебников, или же на что-то иное? Расчеты археологов показали, что уже с первых шагов горнометаллургического производства подавляющая доля его энергии была направлена на создание тех изделий, которые обслуживали символические сферы общественной жизни, – украшения, атрибуты власти и ритуальные предметы. Гигантская часть металла служила своеобразным свидетельством социальной значимости умерших. Таким образом, в течение нескольких тысячелетий металлы выполняли главным образом социальную, а не производственную функцию.

В 5-м тысячелетии до н. э. на большей части территории Евразии активно разрабатывались окисленные медные руды, жилы которых выходили на поверхность. Горные выработки представляли собой узкие щели, которые формировались в результате выемки породы рудоносных жил. Если рудокоп наталкивался на мощную



рудную линзу, на месте выработки щель превращалась в полость. 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» произошло современное название меди как химического элемента. Русское название металла происходит от древнеславянского слова «смида», обозначавшего металл вообще. Отметим, что термин «смида» восходит к тем древнейшим временам, когда предки славян и германцев были еще единым индоарийским 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.

Разработка подземных рудных месторождений была освоена в 4-м тысячелетии до н. э. Глубина шахтных выработок достигала 30 м и более. Для раздробления горной породы применяли огонь, воду и деревянные клинья. Около разрабатываемого участка разводили костер, породу накаливали, а затем быстро охлаждали, обильно поливая водой. В образовавшиеся трещины вбивали деревянные клинья, которые также поливали водой. Разбухая, клинья 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 в кожаных мешках или плетеных корзинах. Затем ее толкли в больших каменных ступах до размера гороха. В качестве топлива для выплавки металла древние металлурги применяли древесный уголь, плотные породы дерева, кости.

Наиболее древним способом переработки медной руды является тигельная плавка: руду смешивали с топливом и помещали в тигли, изготовленные из глины, перемешанной с костной золой. Размеры тиглей были небольшими, их высота составляла 12–15 см, в крышке предусматривались отверстия для выхода газов. В описанных выше гончарных очагах времен неолита достигалась температура (до 1100 °C), достаточная для получения меди, содержащей до 2 % масс. естественных примесей мышьяка, никеля, сурьмы. Впоследствии для выплавки меди стали устраивать ямные печи. В этом случае глиняный тигель с рудой и углем помещали в неглубокую яму с насыпанным поверх него слоем древесного угля. Особое значение имел выбор места плавки, которое должно было обеспечивать интенсивный приток воздуха в агрегат для раздувания огня и достижения необходимой температуры.

Количество меди, производимое в тиглях, было небольшим и составляло, как правило, несколько десятков граммов, поэтому постепенно перешли к производству меди в ямах непосредственно из руды. Для этого медную руду, перемешанную с древесным углем, помещали в ямы глубиной до 30 см, дно которых было выложено камнями.

Над слоем шихты насыпали еще 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. Таким был первый «промышленный» металлургический агрегат.

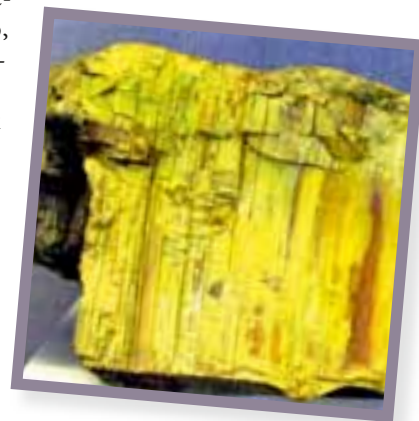
По завершении плавки несгоревшее топливо убирали, а полученный металл дробили на удобные для использования куски. Это делалось сразу после затвердевания металла, так как на этой стадии медь особенно хрупка и легко разбивается на куски молотком. Для придания сырьевой меди товарного вида ее подвергали 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.

При многих преимуществах медь, даже природно-легированная, имела очень существенный недостаток: медные инструменты быстро затуплялись. Износостойкость и другие свойства меди были не настолько высоки, чтобы медные инструменты и орудия могли полностью заменить каменные. Поэтому на протяжении медно-каменного века (4-е тысячелетие до н. э.) 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.

## МЫШЬЯКОВАЯ БРОНЗА

Существует большое количество видов бронз: свинцовая, сурьмяная, мышьяковая, никелевая, висмутная, бериллиевая и пр. Наиболее известна оловянная бронза, и долгое время считалось, что именно она была первым медным сплавом, который начал использоваться для изготовления орудий. Однако в настоящее время достоверно установлено, что первые бронзы были мышьяковыми.

Минералы мышьяка (как правило, это сульфиды) часто присутствуют в медных месторождениях. Они обладают ярким цветом и были известны человеку еще в каменном веке. Реальгар (от арабского «рахъял-чхар» – рудный порошок) из-за яркочерного цвета считался магическим камнем, а аурипигмент (от латинских «аурум» – золото и «пигмент» – цвет) ассоциировался с солнцем. Сплав с некоторым содержанием мышьяка получался естественным путем уже при произ-



Аурипигмент.  
Река Томпо,  
Якутия



Медный самородок

водстве меди. Вероятно, 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 5-м тысячелетии до н. э.

Предположение о применении древними металлургами реальгара и аурипигмента было подтверждено многочисленными опытными плавками. Мастер не мог не заметить, что добавка (присадка) этих минералов в шихту позволяет получить сплав лучшего качества. Изменяя доли используемых минералов, он получал сплавы различных цветов и с хорошими механическими свойствами. Присутствие мышьяка в бронзе в количестве до 6 % масс. существенно (более чем в 2 раза) повышает ее прочность и твердость, улучшает ковкость в холодном состоянии, дает возможность получить более плотные отливки, а также увеличивает жидкотекучесть сплава. Таким образом, использование мышьяковой бронзы облегчало получение плотных отливок в рельефных литейных формах.

Немаловажное значение в древности имел цвет сплава. При добавлении к меди 1–3 % масс. мышьяка получается металл красного цвета, 4–12 % – золотистого, более 12 % – серебристо-белых тонов. Следовательно, из мышьяковой бронзы можно было получать изделия похожие на золотые и серебряные. Особенно часто этим приемом пользовались при производстве украшений: ар-

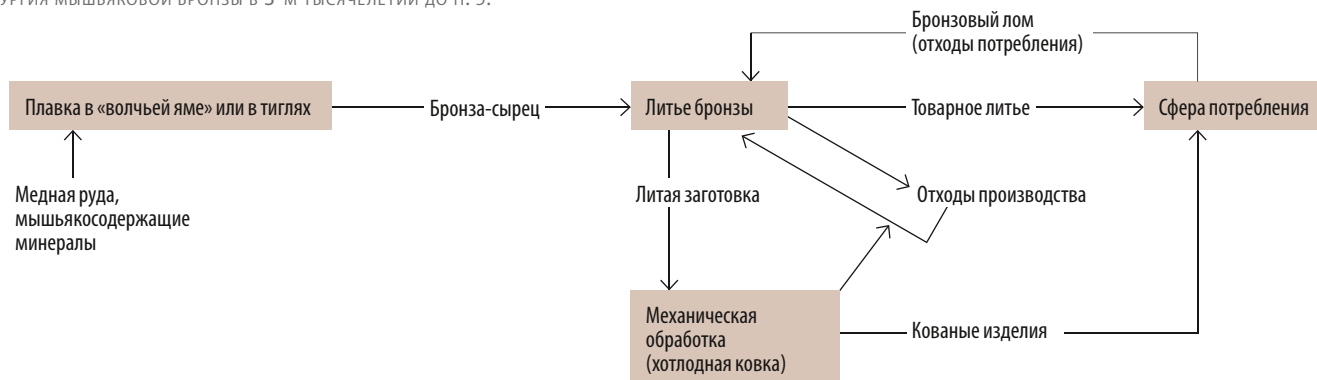
хеологами найдены литые бусы, подвески, кольца, содержащие до 30 % мышьяка. Древнее оружие из бронзы никогда не содержит более 6 % мышьяка.

В 3-м тысячелетии до н. э. бронзы производились в металлургических центрах Евразии и Северной Африки практически повсеместно. Поражает сходство технологии производства бронз, способов литья орудий и оружия, а также внешнего вида металлических изделий на всей этой огромной территории в условиях существования в ее пределах резко различающихся земледельческих и скотоводческих культур. Из-за неравномерного распределения по различным географическим регионам металлических руд выделяются народы – производители и народы – потребители металлов, зависевшие от их поставок. Таким образом, важнейшим следствием становления металлургии стало формирование международного разделения труда еще в доисторическую эпоху. А ведь ранее его возникновение относили к эпохе великих империй Древнего мира – Римской и Китайской.

Международное разделение труда в Европе при производстве металлов было развито столь сильно, что в раннем бронзовом веке около половины всего выплавленного земледельцами юга металла, как показали расчеты, экспортировалось на север степным скотоводам. При этом отливка и металлообработка тяжелых орудий и оружия на севере велась более совершенными методами. По этой причине именно степным кочевникам мир обязан изобретением колесной повозки, для изготовления которой требовались высококачественные металлические инструменты. О широком распространении в степной зоне древнейшего колесного транспорта теперь хорошо известно по многим десяткам курганных погребений знати.

В начале 3-го тысячелетия до н. э. на территориях, некогда занятых неолитическими культурами, быстро вошли в употребление бронза, колесный транспорт, получило развитие коневодство. Человечество вступило в бронзовый век и эпоху Древнего мира. \*

Металлургия мышьяковой бронзы в 3-м тысячелетии до н. э.





## *Глава 2*

# Ювелирное искусство – основа металлургии

О, неистощимая изобретательность!  
Сколькими способами мы увеличили цены вещей!  
Вдобавок появилось искусство живописи –  
и мы сделали золото и серебро ещё дороже  
благодаря чеканной работе.

Человек научился бросать вызов природе.

**Гай Плиний Секунд (Плиний Старший).**

**Естествознание. Книга XXXIII, пер. Г.А. Тароняна**



Процесс изготовления золотой отливки  
в Древнем Египте  
(2315–2190 гг. до н. э.)

Золотой самородок



**КАКИЕ ИЗДЕЛИЯ ИЗ МЕТАЛЛА ПРОИЗВОДИЛИСЬ** в первую очередь? При изготовлении каких предметов шлифовали свое искусство и развивали профессиональные навыки древние мастера? Оказывается, в течение нескольких тысячелетий главной движущей силой развития металлургии являлось ювелирное дело.

### ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

На первый взгляд между грандиозными стальными конструкциями небоскребов и миниатюрными аксессуарами из коррозионностойкой стали мало общего. Трудно представить, что может почерпнуть технология конструкционных сталей в ювелирном деле, и, тем не менее, передовым краем инновационных технологий, как правило, оказывается «индустрия» малых форм. Если же рассматривать историю металлургии, то легко убедиться в неукоснительном выполнении правила, согласно которому передовые технологии сначала внедряются в ювелирное дело, потом совершенствуются в военной сфере, затем осваивают предметы быта и орудия труда и лишь в последнюю очередь применяются в строительстве.

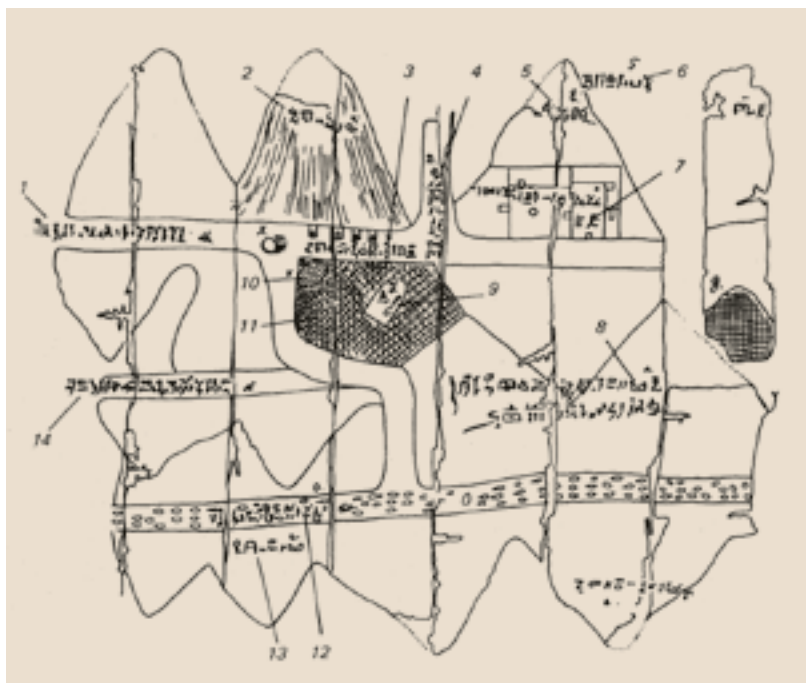
### САМЫЙ ТЕХНОЛОГИЧНЫЙ МЕТАЛЛ

Первыми металлическими изделиями были украшения, а самым «технологичным» металлом для их изготовления – золото. Оно стало первым металлом, который научились обрабатывать холодной ковкой, паять и полировать, из которого стали получать проволоку и отливать изделия. Золото впервые подвергли рафинированию, к нему впервые были применены технологии гидрометаллургии и металлургической обработки.

В древнеегипетских и шумерских текстах часто находят упоминания о разновидностях употреблявшие-

гося 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 металла. Археологами найдены древние золотые изделия, охватывающие большую гамму цветов: от тускло-желтого и серого до разных оттенков красного. Золото различных желтых оттенков по своему составу приближается к чистому золоту, оно 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, которые придают поверхности сероватую окраску. Розовые и пурпурные оттенки золота обусловлены присутствием в нем примесей меди. Золото красно-коричневых цветов содержит в значительных количествах и медь, и железо.

Технология очистки золота от примесей была изобретена шумерами в начале 3-го тысячелетия до н. э. Ее описание содержится в рукописях библиотеки ассирийского царя Ашшурбанипала. Согласно этой технологии золото плавляли вместе со свинцом, оловом, солью и ячменными отрубями в специальных горшках из глины, смешанной с костной золой. Образующийся шлак впитывался по-



КАРТА ЗОЛОТЫХ ПРИИСКОВ: 1 – ДОРОГА, КОТОРАЯ ВЕДЕТ К МОРЮ; 2, 13 – ГОРА ЗОЛОТА; 3 – ДОМА ПОСЕЛЕНИЯ ЗОЛОТОИСКАТЕЛЕЙ; 4 – ДОРОГА ТА-МЕНТИ; 5 – ГОРА АМОНА; 6 – «ПРЕБЫВАЕТ АМОН В НЕЙ»; 7 – «СВЯТИЛИЩЕ АМОНА ГОРЫ ЧИСТОЙ»; 8 – ГОРА, В КОТОРОЙ ПРОМЫВАЕТСЯ ЗОЛОТО; 9 – СТЕЛА МЕНТ-МААТРА ФАРАОНА СЕТИ I; 10 – КОЛОДЕЦ; 11 – ОБРАБАТЫВАЕМОЕ ПОЛЕ; 12 – ДОРОГА; 14 – ДРУГАЯ ДОРОГА, КОТОРАЯ ВЕДЕТ К МОРЮ



Подвеска в виде головы льва, 4-е тысячелетие до н.э.

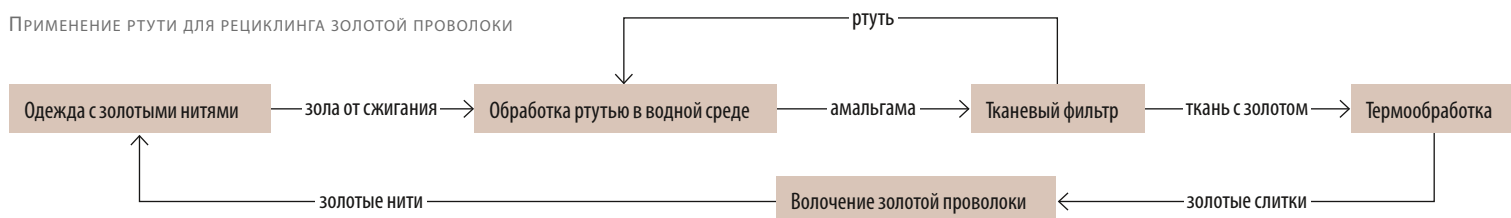
ристыми стенками горшка, а на его дне оставался очищенный сплав золота с серебром. Таким образом, из золота удалялись все примеси, кроме серебра. В одной из рукописей библиотеки Ашшурбанипала содержится гимн богу огня Гибилу: «О, Гибиль, ты расплавляешь медь и свинец, ты очищаешь золото и серебро...»

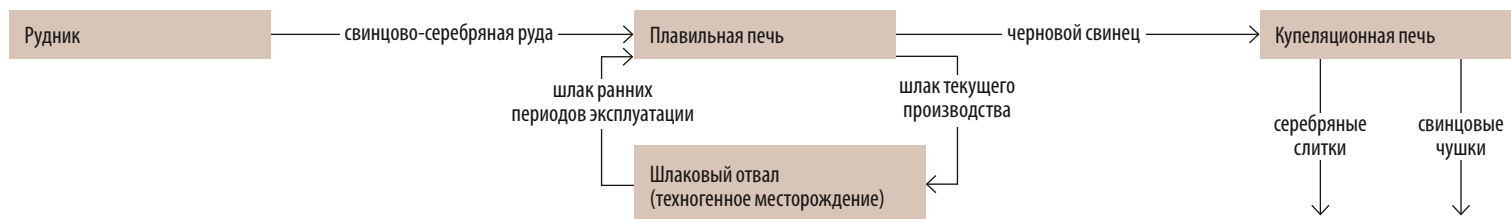
Отдельные этапы работы золотых дел мастеров изображены в стенных росписях некоторых египетских гробниц эпохи фараонов IV–VI династий. Известность получило изображение процесса изготовления золотой отливки, найденное в гробнице фараона Мереруба, на котором можно видеть чиновника, отвешивающего необходимую порцию золота, и писца, записывающего его количество. Далее следует изображение шести человек, раздувающих горн специальными дутьевыми трубками. Затем видим мастера, разливающего расплавленный металл из тигля в форму, стоящую на земле, и его помощника, задерживающего шлак. На завершающей стадии два кузнеца отбивают слиток камнями, придавая ему товарный вид.

Уже в 3-м тысячелетии до н. э. жильное золото добывалось на территории Европы, Азии и Северной Африки практически из всех известных его месторождений. Значительные запасы находились на Балканском полуострове и островах Эгейского моря. 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 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 неоднократно упоминался в произведениях римского поэта Лукреция.

Помимо Балкан крупные месторождения золота в Европе находились на территории современных Испании, Франции, Венгрии, Румынии и Австрии; их разработка была начата древними иберами, кельтами, франками и даками. Главной золотоносной провинцией древней Европы была Иберия, которая впо-

#### ПРИМЕНЕНИЕ РУТУИ ДЛЯ РЕЦИКЛИНГА ЗОЛОТОЙ ПРОВОЛОКИ





следствии стала называться финикийским словом «Испания». Именно в Иберии, на северо-западе Пиренейского полуострова, римляне создали самое грандиозное горнодобывающее предприятие эпохи Древнего мира – знаменитые аррутии (техногенные золотые россыпи). Золото в этом районе находилось не в отдельных кварцевых жилах, а в толще песчаников и сланцев. Огромные по площади и по мощности рудные участки, гористый рельеф, рыхлость пород – все это подсказало изобретение нового способа золотодобычи. Сначала обрушивали всю рудовмещающую породу.

## СВИНЦОВОЕ СЕРЕБРО

Благородный металл № 2 – серебро – встречается в природе достаточно часто. Его содержание в земной коре в 20 раз превышает содержание золота, но распространенность самородков серебра по отношению к золотым составляет не более 20 %, а к медным – менее 2 %. Кроме того, серебряные самородки редко располагаются на поверхности горных пород и не захватываются водными потоками, разрушающими эти породы. Следовательно, серебряные самородки в отличие от золотых очень редко встречаются в речных песках. Поэтому металлургия

*Крупнейшими серебряными рудниками, разрабатывавшимися в эпоху Древнего мира, были Лаврионские в Греции и римские вблизи Нового Карфагена.*

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 россыпей извлекалось золото. По такой технологии и добывалась большая его часть для Римской империи.

На новую ступень добыча и металлургия золота поднялись после того, как в горнометаллургических технологиях стала широко применяться ртуть. Метод извлечения золота из руды с помощью ртути, изобретенный 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 пустую породу отделяли от ртути фильтрацией через кожаный (замшевый) фильтр, а золото получали из амальгамы путем выпаривания ртути. Технология огневого золочения металлических изделий также получила распространение во времена Римской империи. 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.



Золотые бусы с горным хрусталём и сердоликом, 3000 г. до н.э.



Уникальные золотые украшения этрусков



серебра получила распространение не вследствие обработки самородков, а в связи с переработкой свинцовых руд, содержащих серебро. Такие руды распространены во многих регионах мира. Известны их месторождения в Испании, Греции, Иране, на Кавказе. Процесс отделения серебра от свинца, называемый купеляцией, был разработан в 4-м тысячелетии до н. э. Однако еще в течение тысячи лет он не имел широкого распространения, и серебро практически повсеместно ценилось дороже золота.

Крупнейшими серебряными рудниками, разрабатывавшимися в эпоху Древнего мира, были Лаврионские в Греции и римские вблизи Нового Карфагена. О последних из трудов римских авторов известно, что они занимали территорию более 400 стадий в окружности и на них постоянно работало около 40 тыс. человек. Подробные сведения имеются об эксплуатации свинцово-серебряных месторождений Древней Греции. Разработка этих знаменитых рудников, расположенных в южной части Аттики, была начата еще во 2-м тысячелетии до н. э. Именно серебро Лаврионских рудников стало основой могущества Афинского государства. Общая протяженность горных выработок в них достигала 120 км, глубина шахт Лаврионских рудников – 120 м. Высота штолен превышала 1 м, 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 и плавили с использованием древесного угля в круглых каменных печах диаметром около 1 м. Производительность такой печи составляла 4 т руды в сутки. В результате плавки достигалось отделение от свинца серы, меди, железа, цинка и других примесей, за исклю-

чением серебра, т.е. получался свинцово-серебряный сплав, или «сырой» свинец. Для разделения свинца и серебра применяли купеляцию. По этой причине производство требовало больших затрат древесного угля. Готовые серебро и свинец разливали в слитки, на которые ставилась марка владельца выработки или плавильной мастерской.

Из серебра изготавливали, главным образом, посуду и ювелирные изделия. Быстро научились делать серебряную фольгу и фурнитуру, которыми украшали одежду и мебель. Уже в 3-м тысячелетии до н. э. серебро использовали для пайки медных изделий.

## ВОЛОЧЕНИЕ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

В эпоху Древнего мира ювелирные ремесла потребляли огромное количество благородных металлов и их сплавов, прежде всего в



ФИГУРКА БЫКА 4-Е ТЫСЯЧЕЛЕТИЕ ДО Н.Э

виде проволоки. Практически повсеместно широкий размах получило изготовление шитых золотыми и серебряными нитями одежд. Особенность этого вида искусства заключается в умении получать тончайшие нити проволоки, которые с основой материала образуют эластичную ткань. Золотая и серебряная проволока использовалась также в качестве эквивалента стоимости в торговле. Наиболее древние образцы проволоки изготовлены либо ковкой, либо разрезкой ковкого листового металла. В городе Абидосе (Египет) найден провололочный браслет, датируемый 3400 г. до н. э. Он состоит из двух групп бусинок, соединенных прядью из свитых вместе золотых проволоочек и толстого волоса. Искусно отделанной проволоке придан диаметр, равный диаметру волоса (0,33 мм).

Существовало два основных способа получения ковкой 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 закругляли ударами молотка. При циркулярной резке получались длинные куски проволоки – в этом заключалось ее 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 изделия из скани (филиграни), датированные 3-м тысячелетием до н. э. Сущность сканного производства состоит в том, что из тонкой золотой, серебряной или медной проволоки круглого или прямоугольного сечения выполняются ажурные или напаянные на металлическую основу узоры. Предварительно проволока скручивается в две или три нити и сплющивается.

Попытки производить более изящную и тонкую проволоку привели к тому, что постепенно был выработан новый способ ее получения. Для сглаживания неровностей и уплотнения проволоку стали проталкивать через отверстия в твердых материалах. Образцы такой проволоки из золота, датируемые 4-м тысячелетием до н. э., найдены в



Египте. Впоследствии эта операция выравнивания поверхности проволоки превратилась в технологию волочения.

Считают, что в самом примитивном виде способ волочения начали применять еще до появления металлических орудий для отделки стержней дротиков и гарпунов. Стержни изготавливали из сырого дерева и затем протаскивали (калибровали) через костяные выпрямители. 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 таких прутков. Можно предположить, что в дальнейшем аналогичное калибрование стали применять и к кованым пруткам из цветных металлов, используя деревянные калибры. В результате такой протяжки поверхность прутка становилась гладкая, как полированная.



Золотая диадема из гробницы Тутанхамона

Первые калибры изготавливали из твердых деревянных досок путем выжигания в них конических отверстий. Впоследствии дерево было заменено более прочными материалами. С древнейших времен употреблялись кремневые калибры. Древние мастера умели высверливать в камнях отверстия не только больших, но и малых диаметров, при этом сверление осуществлялось смычковой дрелью. Конические отверстия просверливали медным либо каменным острием

при использовании абразивного материала – кварцевого песка или толченого кремня. Наиболее простое приспособление для протяжки проволоки состояло из волоочильной доски (волоки), которую прикрепляли к опоре, и инструмента (клещей) для захватывания заостренного конца проволоки.

### РАСКРЫТЫЕ ТАЙНЫ ДРЕВНИХ ЮВЕЛИРОВ

На Ближнем Востоке и в Египте также широко применялось листовое золото и серебро – фольга. Фольгой покрывали самые различные предметы – как металлические, так и деревянные. Например, с помощью ковки или органического клея фольгу прикрепляли к изделиям из бронзы, меди и серебра. При этом золотое

покрытие защищало медь и бронзу от коррозии. Золотой фольгой часто покрывали деревянную мебель, прикрепляя ее с помощью маленьких золотых заклёпок. Тонкие золотые листы приклеивали к дереву, предварительно покрытому слоем специальной штукатурки.

Непревзойденными мастерами Древнего мира в области ювелирных технологий являются этруски. Территорией их расселения было западное побережье Апеннинского полуострова – район современных Тосканы и Лацио. Политически Этрурия представляла собой федерацию 12 самостоятельных городов-государств.

Искусством, в котором этруски, безусловно, опередили свое время, является зубопротезная техника. Археологические находки рассказывают, какими изобретательными были древние дантисты. Для протезирования они использовали обточенные зубы телят и волов, а также

вырезали протезы и коронки из кости, крепя их крошечными золотыми крючками. Этруское 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 владелиц в обществе. Изящная форма некоторых мостов свидетельствует о том, что дантисты преследовали не только восстановительные, но и косметические цели.

Всеобщее восхищение вызывают так называемые гранулированные (зерновые) украшения этрусков. Они представляют собой медные пластинки со сложными узорами, выложенными зерном – тысячами мельчайших (диаметром около 0,2 мм) золотых шариков. Ни у одного другого народа гранулированные изделия не достигали такой высокой степени совершенства. К концу 1-го тысячелетия искусство изготовления подобных украшений было утеряно. Только в XIX в. исследователи предприняли попытки восстановить секреты техники, но безрезультатно.



Золотая пектораль из гробницы Тутмоса III





Золото из гробницы  
Тутанхамона в Фивах,  
XIV век до н.э.

Золотая маска  
(справа) и фигурка  
царя

Долгое время не могли 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 реальной 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, при 910 °С плавится сплав, состоящий из равного количества атомов золота и меди. 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 сферической формы, приваривалась

*На новую ступень добыча и металлургия золота поднялись после того, как в горнометаллургических технологиях стала широко применяться ртуть. Метод извлечения золота из руды с помощью ртути, изобретенный на Ближнем Востоке, и стал основным в Риме в начале новой эры.*

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 городе Мурло в Тоскане), что этруские ювелиры сначала 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 высыпалось из тигля, уголь размывался, после чего зернышки сортировались по размерам. \*

## Глава 3

# Древний мир бронзового литья

Власть низвергает иных, возбуждая жестокую зависть  
В людях; и почестей список пространный и славный их топит.  
Падают статуи вслед за канатом, который их тащит,  
Даже колёса с иной колесницы срубает секира,  
И неповинным коням нередко ломаются ноги;  
Вот затрещали огни, и уже под мехами и горном  
Голову плавят любимца народа: Сеян многомогущий  
Загрохотал; из лица, что вторым во всем мире считалось,  
Делают кружки теперь, и тазы, и кастрюли, и блюда...

**Децим Юний Ювенал. Сатиры, X, 56-64, пер. Д. Недовича и Ф. Петровского**

**ДО ТЕХ ПОР ПОКА ЛЮДИ НЕ** научились использовать железо, цветные металлы и их сплавы были основным материалом для изготовления вооружения, орудий труда, инструментов, предметов домашнего обихода и, естественно, украшений. Главными металлургическими технологиями были литейные: искусство обработки жидкого металла позволяло получать уникальные бронзовые изделия и бытовые предметы. Именно в эту эпоху появились вещи, сопровождающие человека в его повседневном существовании, и инструменты, являющиеся символами основных технических профессий. Это время получило название бронзового века.

### ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

В 2000 г. Япония первой в мире провозгласила себя страной с «рециркуляционной» экономикой. Был принят ряд законов, направленных на максимальное использование вторичных ресурсов, в том числе металлического лома. Принцип «3R» сегодня знает каждый японский первоклассник: это «Recycling» (использование в качестве вторичных ресурсов), «Reuse» (повторное использование) и «Recovery» (восстановление вторичных материалов). Впервые официальное определение приведенных понятий было дано в Постановлении о переработке использованных автомобилей, принятом Евросоюзом в 1997 г. Однако подобные, причем очень строгие, законы о порядке переработки металлического лома су-

ществовали во всех великих империях Древнего мира: в Ассирии, Китае, Египте, Риме. Использование технологий бронзового литья иковки позволяло с успехом воплощать принцип «3R» в древней цветной металлургии.

### ДРЕВНЯЯ ЦВЕТНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Ключевыми техническими преобразованиями бронзового века, продолжавшегося в течение двух тысячелетий, принято считать освоение ирригационного земледелия и полного металлургического цикла производства металлов, включавшего добычу руды, выжиг древесного угля, подготовку материалов, выплавку и рафинирование чернового металла, литье, ковку, волочение проволоки, другие виды металлообработки и рециклинг металлолома. В этот период были освоены технологии выплавки и обработки металлов, получивших название «семь металлов древности»: меди, золота, свинца, серебра, железа, ртути и олова. Общепризнано, что определяющую роль в техническом прогрессе в бронзовую эпоху сыграло появление литых топоров, мечей и мотыг – основных видов орудий труда и



Дискосбол,  
Греция,  
II век н.э.



ТОПОР. СЕЛО КОБАН, СЕВЕРНАЯ  
ОСЕТИЯ. КОНЕЦ 2-ГО – НАЧАЛО  
1-ГО ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ ДО Н.Э.

оружия. Основой цивилизации стала металлургия меди и бронзы.

Для производства меди повсеместно использовались как окисленные, так и сернистые руды. Месторождения меди обычно делятся на две зоны. Верхняя часть, находящаяся над уровнем грунтовых вод, представляет собой зону окисления. В ней располагаются минералы, основу которых составляют легковосстановимые оксиды меди – малахит, азурит. Нижняя, основная часть месторождения формируется сульфидными рудами – халькопиритом ( $\text{CuFeS}_2$ ) и халькозином ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ). Содержание меди в сульфидных рудах намного ниже, чем в окисленных. После истощения верхних слоев человеку пришлось использовать более бедные сульфиды, а это потребовало разработки принципиально новых (инновационных) металлургических технологий.

Древние металлурги нашли решение проблемы. Было обнаружено, что добавление в шихту в достаточном количестве (около 30 %) красноватого или коричневого материала приводит к увеличению объема выплавки и повышению качества меди. Этим материалом была железная руда в виде гематита или лимонита, часто присутствующая на открытых частях месторождений халькопирита. Добавление железной руды принципиально изменяло процесс выплавки меди. Одним из продуктов реакций восстановления становился монооксид железа. При температуре около 1200 °С он реагировал с  $\text{SiO}_2$  пустой породы с образованием фаялита ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ), который превращался в основную составляющую жидкого шлака. Таким образом, железная руда играла роль флюса. Такая технология имела

определяющее влияние на дальнейшее развитие металлургии. Шлак, образующийся при выплавке меди, практически идентичен шлаку, который позднее получался при выплавке железа в сыродутных горнах.

При использовании сернистых руд требовалось проведение ряда подготовительных операций. Широко практиковалось окисление раздробленной руды на воздухе в течение длительного времени. Благодаря воздействию влажного воздуха и атмосферных осадков руда обогащалась кислородом и теряла часть

серы. Важную роль играл предварительный обжиг сернистой руды, при котором происходили выгорание серы и разрыхление руды. Его проводили в кучах, в специально устраиваемых ямах, а также в особых сооружениях – стойлах. Размеры стойл были значительны: их каменные стены достигали 12,5 м в длину и 1,5 м в ширину.

Повышение температурного уровня плавки зависело, прежде всего, от совершенствования техники и технологии дутья. Определяющую роль играло использование естественного дутья – силы ветра. Эффективными были печи, встраиваемые в естественный ландшафт. Они часто строились с подветренной стороны холма, имели соединяющиеся горизонтальный и вертикальный каналы, были обложены камнями и обмазаны глиной. В этом случае достигался «эффект трубы», усиливавший приток воздуха в агрегат. В поду некоторых печей были металлоприемники – углубления для установки горшков, в которые через специальные отверстия стекал металл.

Значительный прогресс последовал вслед за изобретением простейших ручных, а затем и ножных мехов. Они изготовлялись из шкур животных и представляли собой примитивный тип насоса с резервуарами, приспособленными для наполнения их воздухом. Ручные и ножные мехи широко использовались уже в 3-м тысячелетии до н. э. Металлургические печи с искусственным дутьем были, как правило, прямоугольными или цилиндрическими, с толстыми стенками высотой до 1 м, сложенными из камня и изнутри обмазанными глиной, целиком глинобитными или выложенными из кирпича.

Выплавленные из руды слитки меди содержали значительное количество шлаковых включений. Их отделяли ударами молотов. Рафинирование черновой меди осуществляли в тиглях и небольших горнах. При этом на расплавленную черновую медь дутьевыми трубками подавали воздух, основная масса оставшихся в ней примесей, кроме благородных металлов (золота и серебра), окислялась и формировала шлак.



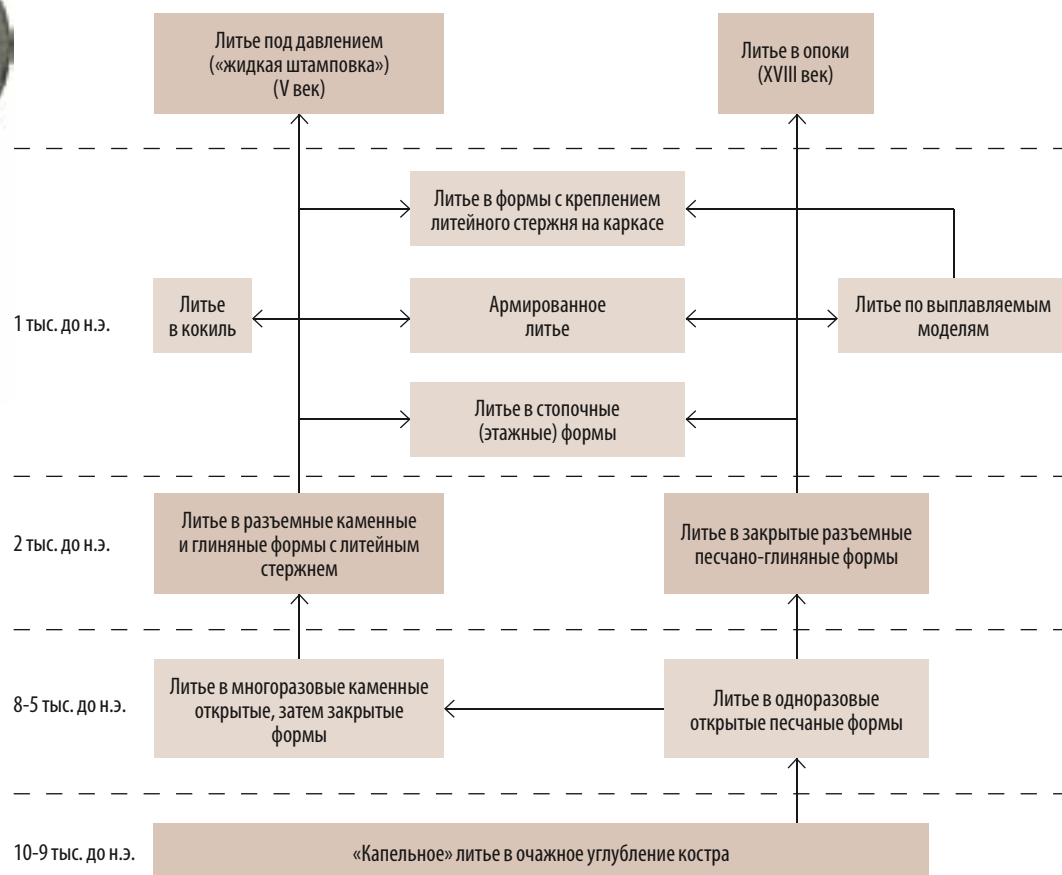
Бронзовые ножницы  
с футляром, Египет,  
середина 2-го тысячелетия до н.э.



БРИТВА И ЗЕРКАЛО  
(«НАБОР ДЛЯ ДЖЕНТЛЬМЕНА»), ЕГИПЕТ, СЕРЕДИНА 2-ГО ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ ДО Н.Э.



Развитие литейных технологий



## БРОНЗОЛИТЕЙНОЕ ИСКУССТВО

Бронзовый век представляет собой эпоху бурного развития металлообработки. Технология изготовления металлических изделий в это время, как правило, включала совместное применение приемов как литейной, так и кузнечной технологии, последующие полирование и гравирование изделий.

Сначала применяли литье в открытые глиняные или песчаные формы. Их сменили открытые формы, вырезанные из камня, и формы, у которых углубление для отливаемого предмета находилось в одной створке, а другая,

плоская, играла роль крышки. Следующим шагом стало изобретение разъемных форм и закрытых форм для фигурного литья. В последнем случае сначала из воска лепили точную модель будущего изделия, затем ее обмазывали глиной и обжигали в печи. Воск плавился, а глина принимала точный слепок модели и использовалась в качестве литейной формы. Этот способ получил название литья по восковой модели. Мастера получили возможность отливать пустотелые предметы очень сложной формы. Для образования полости практиковалась вставка в формы особых глиняных сердечников – литейных стержней. Несколько позднее были изобретены технологии литья в стопочные формы, в кокиль, в различные формы с креплением литейного стержня на каркасе, литье по выплавляемым моделям и армированное литье.

Древние литейные формы изготавливали из камня, металла и глины. Глиняные литейные формы, как правило, получали путем отиска в глине специально сделанных моделей из дерева и других материалов. В качестве мо-

Бронзовое литье в сборные формы, Китай, эпоха Шан, XVII-XI вв. до н.э.



Иранский бронзовый меч (поздний бронзовый век, XVI-XII вв. до н.э.)

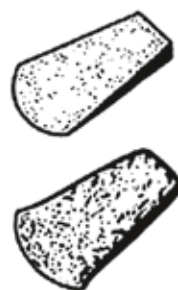


делей могли применяться и сами отлитые металлические изделия. Следует отметить, что формы, вырезанные из камня или литые металлические, вследствие их большей ценности не всегда служили для литья изделий, а могли использоваться для изготовления в них легкоплавких моделей. Например, в некоторых районах Англии была отмечена отливка в бронзовых литейных формах свинцовых моделей.

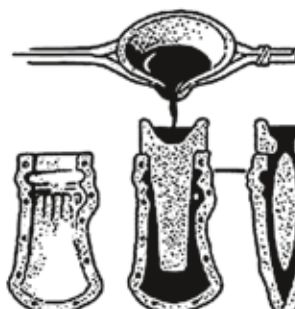
Металлические формы в основном изготавливали из меди, так как она имеет значительно более высокую температуру плавления, чем бронза, для отливки которой они и предназначались. Применение кокилей позволяло получать отливки сложного профиля, с мелкими деталями, точный негатив которых было трудно вырезать в каменной форме. Переход на металлическую форму, более прочную, чем глиняная, и более простую в изготовлении, чем каменная, позволил соединить преимущества двустворчатых форм, приспособленных к многократному использованию, и отливок по восковой модели. Например, в рассматриваемое время повсеместно применялось литье удил из двух или четырех свободно соединенных звеньев, для получения которых на каждое звено требовались отдельный литник (канал для подвода металла) и складная форма, по крайней мере, из четырех частей.

Постоянной практикой стала дополнительная проковка отлитых изделий без изменения формы в целях повышения твердости, плотности и эластичности (пластичности) материала. Основным видом изделий, подвергавшихся подобной обработке, являлись орудия труда и некоторые виды оружия – мечи и кинжалы. Ковку использовали в процессе изготовления булавок, которые подвергались также гравированию или чеканке. Такие же приемы обработки применяли и к украшениям.

Эпоха металлов наступила тогда, когда повсеместно была освоена технология изготовления литых топоров и мечей. Необходимость объединить в одном орудии труда каменное рубило и деревянную палицу возникла у человека уже в каменном веке. Первые бронзовые топоры, изготовленные методом литья, повторяли форму каменных, однако новые требования к орудиям труда и необычные в сравнении с камнем свойства бронзы способствовали быстрому совершен-



Литье в открытую форму



Литье в разъемную форму с литейным стержнем

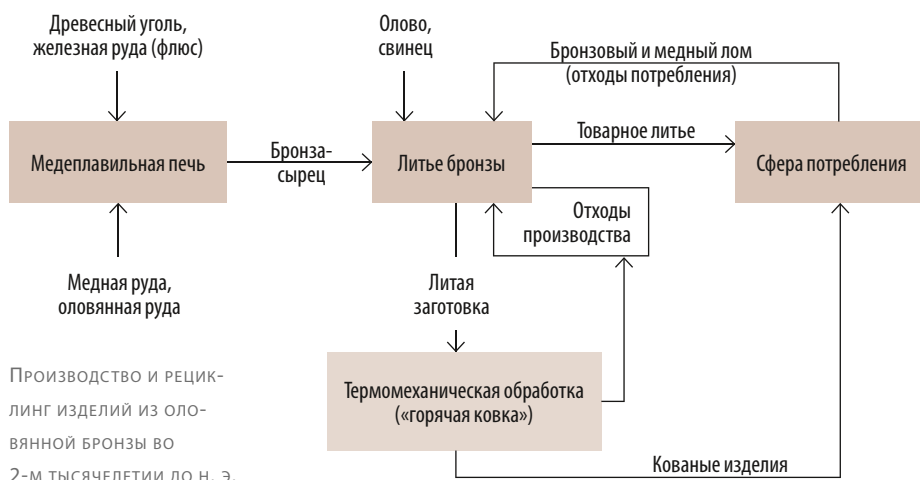


«Классический» литой бронзовый топор – «цельт» (кельт)

Римские булавки для волос времен Империи



Бронзовый меч. Греция, около 1000 г. до н. э.



ствованию литых изделий. Появились топоры сложных форм, с закраинами, вислообушные, кельты. Их изготовление требовало высокого развития литейного ремесла: сложная конфигурация отливки и наличие отверстия значительно усложняли устройство разъемных каменных форм. Появление усовершенствованных литых бронзовых топоров сыграло исключительную роль в развитии многих народов: облегчило строительство жилищ и изготовление других орудий труда и предметов быта, упростило освоение лесистых местностей земледельцами и т. п. Литые мечи и кинжалы раньше других бронзовых изделий стали произведениями искусства. Древние мечи, найденные при археологических раскопках, часто снабжены не только замысловатыми рукоятками с литыми узорами, но и богатой инкрустацией из серебра, золота и драгоценных камней.

Как отмечалось выше, ранний бронзовый век представлял собой эпоху безраздельного господства мышьяковой бронзы. Олово пришло на смену мышьяку только во 2-м тысячелетии до н. э. Отметим, что технология обработки оловянной бронзы заметно сложнее, так как зачастую требует горячейковки (хотя и при низких температурах). На поверхности земли минералы олова встречаются достаточно редко. Почему же в позднем бронзовом веке оловянная бронза практически повсе-

местно вытеснила мышьяковую? Главная причина заключалась в следующем. В древности люди относились к металлическим предметам чрезвычайно бережно ввиду их высокой стоимости. Поврежденные предметы отправлялись в ремонт или на переплавку. Отличительной особенностью мышьяка является возгонка при температуре около 600 °С. Именно при такой температуре проводился отжиг ремонтируемых бронзовых изделий. С потерей мышьяка механические свойства металла ухудшались и изделия, изготовленные из бронзового лома, получались низкого качества. Объяснить это явление древние металлурги не могли. Однако достоверно известно, что вплоть до 1-го тысячелетия до н. э. изделия из медного и бронзового лома стоили дешевле, чем изделия из рудного 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. 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 металлурги часто изображаются хромыми, горбатыми,



Изготовление бронзового топора методом литья в разъемную форму

иногда – карликами, со скверным характером, с косматыми волосами и отталкивающей внешностью. Даже у древних греков бог металлург Гефест был хромым.

### ОЛОВЯННАЯ БРОНЗА

Олово, необходимое для производства оловянной бронзы, стало последним из семи великих металлов древности, ставшим известным человеку. Оно не присутствует в природе в самородном виде, а касситерит – его единственный минерал, имеющий практическое значение, является трудновосстановимым и малораспространенным. Тем не менее, этот минерал был известен человеку уже в глубокой древности, поскольку касситерит яв-

смотрщика подносят металл. Двое рабочих с мехами раздувают огонь в горне. Рядом изображены плавильные тигли и куча 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.

Древнейшими предметами из олова считаются браслеты, найденные на острове Лесбос. Они датируются 3-м тысячелетием до н. э. Олово было одним из наиболее дефицитных и дорогих металлов Древнего мира. Даже в 1-м тысячелетии до н. э. металлическое олово имело крайне ограниченное распространение. Оно применя-



Литье бронзы  
в Древнем Египте,  
около 1450 г. до н. э.

ляется 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 не известны, 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.

В гробнице высокопоставленного египетского чиновника XVIII династии (около 1450 г. до н. э.) найдено изображение технологического процесса получения бронзовых отливок. Трое рабочих под наблюдением над-

лось главным образом, для изготовления мелкой косметической посуды и некоторых деталей защитного вооружения, требовавших высокой пластичности (например, из олова делали кнмиды – доспехи, которые защищали голени и держались на них без шнуров и застежек, а лишь благодаря упругости и эластичности). Практически все добываемое в то время олово расходовалось на производство бронзы.

Бронзовый щит,  
1200-700 гг.  
до н.э.





«Кузница Вулкана».  
Диего де Сильва  
Веласкес (1599-1660)

*Преимущества оловянной бронзы перед медью, мышьяковой бронзой и латунью заключались в высокой твердости, коррозионной стойкости и прекрасной полируемости.*

Основные месторождения олова в эпоху Древнего мира были в Испании, Индокитае, на Британских островах, которые греки называли «оловянными» – касситеридами. Кроме того, оловянная руда добывалась на Апеннинском полуострове (этрусками), в Греции (в Хризейской долине около города Дельфы), в Сирии. По мнению большинства историков, своим названием бронза обязана крупному римскому порту Брундизию, через который осуществлялась торговля империи с восточными странами. Однако существует и другая версия, упоминаемая римским историком Плинием, который считал, что название сплава произошло от персидского слова, обозначавшего «блеск меча».

Преимущества оловянной бронзы перед медью, мышьяковой бронзой и латунью заключались в высоких твердости, коррозионной стойкости и прекрасной полируемости. От способности олова повышать твердость бронзы и происходит его современное международное название – «станнум». Отметим, что корень «ст», звучащий в слове «стан» и во многих производных от него словах современных языков, яв-



ляется одним из древнейших общеиндоевропейских корней и обозначает признак прочности или устойчивости.

### ЗЕРКАЛО, БРИТВА И МАНИКЮРНЫЕ НОЖНИЦЫ

Многие предметы быта и вооружения стало возможно производить только после освоения технологии производства и обработки оловянной бронзы. Это относится, например, к изготовлению длинных мечей, бритвенных ножей и особенно к полированным зеркалам. Можно сказать, что появление оловянной бронзы ознаменовало 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.

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. Перечень требований, предъявляемых в древности к зеркальному сплаву, включал цвет и блеск, имитирующие солнечный, высокую отражательную способность и нетускнеющую поверхность.

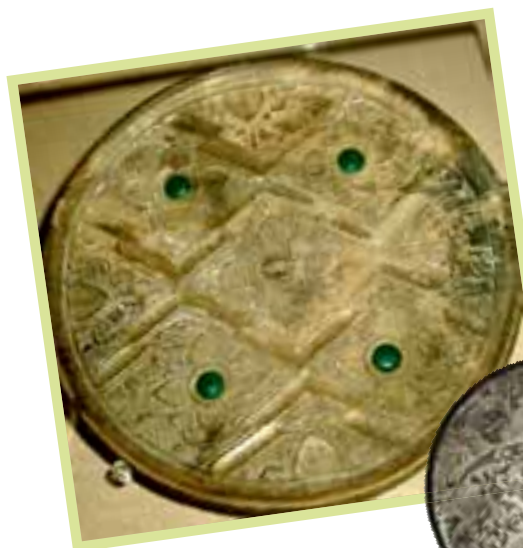
На зеркалах, как ни на одном другом виде бронзовых изделий, можно проследить этапы освоения древними мастерами технологии термической и механической обработки медно-оловянных сплавов. Например, древние греческие, египетские и скифские зеркала, содержащие до 12 % масс. олова, подвергались только холодной ковке. Это 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». Этрусские металлурги проводили гомотенизацию сплава в течение 4–5 ч при температуре около 650 °С. По-



Цельнолитой  
ЭТРУССКИЙ  
ШЛЕМ, VI ВЕК  
ДО Н.Э.

этому этрусские зеркала обладали прекрасной полируемостью и высокой коррозионной стойкостью. Еще больше олова (до 23 %) содержат золотисто-желтые зеркала сарматов, изготовленные в V–III вв. 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.

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



БРОНЗОВЫЕ ЗЕРКАЛА.  
СЛЕВА - Китай вре-  
мен Чжоу или Хань,  
СПРАВА - ЭТРУРИЯ



КИТАЙСКИЕ БРОНЗОВЫЕ  
ВАЗЫ



#### «КУСКОВАЯ ФОРМОВКА»

Уникальные технологии бронзового литья были созданы металлургами Древнего Китая. Известно, что уже во 2-м тысячелетии до н. э. в Китае существовала 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». Технология заключалась в следующем. Сначала из глины изготавливали модель, на которой вырезали требуемый рельеф. Затем получали обратное изображение, напрессовывая пластины глины, кусок за куском, на ранее изготовленную модель. На каждом куске формы выполняли 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 застывший в швах металл приобретал вид изящной кромки, придававшей изделию особый декоративный оттенок. Традиция использования вертикальных литейных швов для украшения изделий стала отличительной чертой китайского металлургического искусства.

Колосс Родосский.

Бронзовая статуя  
высотой 33 м и шири-  
ной 6,2 м (294-282 гг.  
до н. э.)





Изготовление бронзовой статуи (рисунок на керамической вазе)



Воин из Риоса. Бронзовая составная статуя (10 частей), высота 2 м. Греция, III век до н.э.

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, как будто вода, оставаясь холодной, действительно закипела. Современные исследования позволили установить причину такого необыкновенного эффекта: от трения возникают звуковые волны, которые резонируют и вызывают быстрые колебания в литых выступах в днище тазика, в результате чего вверх выталкиваются струйки воды.

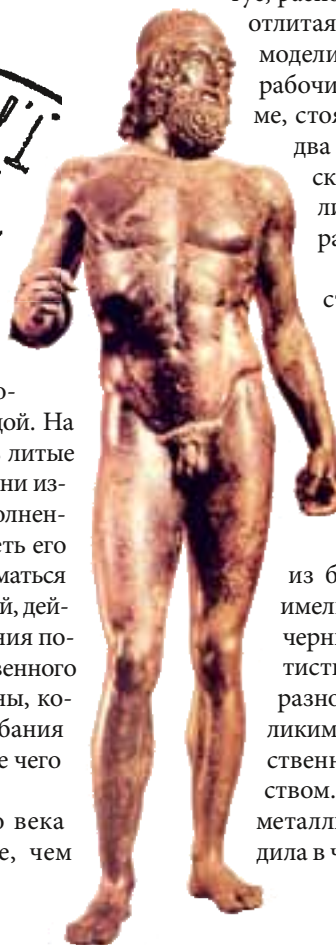
Возможно, ни одна культура бронзового века не соответствует своему названию лучше, чем

культура Древнего Китая в период династии Шан Инь (конец 2-го тысячелетия до н. э.). В то время в городах были целые кварталы ремесленников, занятых обработкой металлов, изготовлением оружия и специальных ритуальных изделий из бронзы. Кроме нескольких мраморных скульптур этой эпохи, все сохранившиеся произведения искусства сделаны именно из бронзы.

### АНТИЧНОЕ СТАТУАРНОЕ ЛИТЬЕ

В античном мире и Римской империи большое распространение получила мода на бронзовые статуи, которые посвящались богам, царям, выдающимся деятелям, победителям игр. Статуи часто переплавлялись, особенно по политическим мотивам. На керамической чаше, относящейся к V в. до н. э., греческий художник изобразил различные этапы изготовления бронзовой статуи человека в натуральную величину. Специальная печь позволяет получать бронзу и поддерживать ее в жидком состоянии. Стоящий за печью юноша раздувает мехи, чтобы увеличить температуру в печи. На рогах висят раскрашенные пластины и маски – это благодарственные приношения, обеспечивающие защиту от неудач в работе, или демонстрация типов изделий, изготавливаемых в мастерской. В следующей сцене мастер прилаживает правую руку к бронзовой статуе, располагающейся на глиняном ложе. Отдельно отлитая голова еще лежит на полу. На стене висят модели кисти руки и ступни. Чуть дальше двое рабочих полируют большую статую воина в шлеме, стоящую на помосте. За работой наблюдают два человека. Предполагают, что один из них скульптор – автор статуи, а другой – бронзолитейщик, воплотивший замысел скульптора в металле.

Обычно после отливки частей и сборки статуи устранили неровности верхнего слоя, полировали поверхность, резцом и зубилом отделяли детали: бороду, волосы, складки одежды. Губы делали из красной меди, зубы – из серебра, глаза инкрустировали стеклянной массой или камнем, наносили цветные штрихи. Древние не любили патину, покрывающую сегодня старинные изделия из бронзы. В момент создания скульптуры имели не нынешние (зеленые, коричневые или черные) оттенки: тон фигур был теплым и золотистым, как бронзовый загар. На фоне обилия разнообразных статуй, посвященных пусть великим, но смертным людям, скульптуры могущественных богов выделялись размерами и убранством. Самая крупная из известных в древности металлических статуй «Колосс Родосский» – входила в число семи чудес света. \*



## Глава 4

# Загадки сыродутного горна

Введение железа в каком-либо народе означает конец его дикого существования и начало образованности.

**Юлий Цезарь, «Записки о галльской войне».**

**ДРЕВНЯЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПЛАВКИ ЖЕЛЕЗА**  
Древняя технология выплавки железа принципиально отличалась от процессов получения других известных металлов. Все металлы выплавлялись из руды в виде расплава, а железо выделялось в виде крицы – твердого пористого конгломерата, сильно загрязненного включениями шлака и несгоревшего древесного угля. Проведение плавки железной руды требовало применения новых навыков и технологических приемов, а главное – надежного агрегата особой конструкции. Таким агрегатом стал сыродутный горн. Это название вошло в обиход в конце XIX в., когда основным способом переработки железных руд стала доменная плавка. Успехи индустриализации позволяли снисходительно относиться к возможностям металлургического «старожила». Однако исследования последних лет указывают на огромные «профессиональные» возможности сыродутного горна. Спектр продуктов сыродутного процесса неожиданно оказался очень широким.

### ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

Окружающий нас мир, в том числе мир техники и технологий, быстро меняется. На смену современным приборам и агрегатам приходят другие, еще более современные. Кажется, что молодому специалисту с университетским дипломом не так уж и трудно проявить себя, придумав что-нибудь «модерновое»! Однако в отраслях тяжелой индустрии нововведения осуществляются не так просто. За примерами далеко ходить не надо: в том же сыродутном горне наши пращуры с успехом производили не только железо, сталь и чугун; они умели получать агломерат, металлизированные продукты и даже плавить «окаыши». А ведь все упомянутые технологии были успешно «изобретены» вновь в XX в. Изучив опыт заслуженных металлургических агрегатов-старожилов, вы обезопасите себя от очередного изобретения сыродутного горна.

### РАБОЧИЙ МЕТАЛЛ ЦИВИЛИЗАЦИИ

На территории Евразии и Северной Африки железо было известно на протяжении всего бронзового века и даже ранее, но применялось оно в то время ограниченно. Известно менее 500 железных предметов, относящихся к 3-му и 2-му тысячелетиям до н. э., в то время как бронзовые археологические находки насчитываются десятками тысяч. Чаще всего железо, метеоритное и металлургическое (в том числе полученное как побочный продукт производства меди и бронзы), использовалось в качестве украшений.

Чтобы определить границу между эпохой бронзы и железным веком английский археолог-металловед Энтони Снодграсс предложил понятие рабочего железа (*working iron*), выполняющего основные технологические (инструментальные) функции. Эпоху, когда железо становится наиболее распространенным режущим металлом цивилизации, принято считать железным веком. Этот период оказался протяженным во времени практически для всех регионов мира, где металлургия железа получила первоначальное развитие. Переход от бронзовых к железным орудиям труда, инструментам и вооружению происходил постепенно, по мере освоения и распространения технологий производства и термомеханической обработки железной крицы. В связи с этим в хронологии цивилизации принято особо выделять ранний железный век, который представляет собой переходную эпоху от бронзы к новому основному металлу цивилизации и, как правило, датируется X–V вв. до н. э.

В Европе раннему железному веку соответствует Гальштатская археологическая культура, названная по могильнику вблизи города Гальштат (Hallstatt, Австрия). Он был обнаружен и подробно изучен в середине XIX в. Были исследованы соляные копи, рудники, кузницы. Характерными металлическими изделиями являются: бронзовые



*Сыродутные горны отличались большим разнообразием конструкций. Чаще всего они строились из высокоогнеупорной глины на каркасе из плетеных прутьев, а для укрепления стенок печи применялись деревянные обручи.*

и железные мечи, кинжалы, топоры, ножи, железные и медные наконечники копий, бронзовые конические шлемы, панцири из отдельных бронзовых пластин, нашитых на кожу, бронзовые сосуды разнообразной формы, фибулы (заколки), бронзовые поясные бляхи.

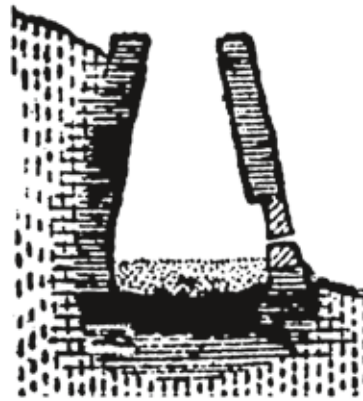
#### **ПЕРВЫЕ СЫРОДУТНЫЕ ПЕЧИ**

Для раннего железного века характерно повсеместное распространение в Евразии и Северной Африке сыродутного процесса обработки железных руд и технологий цементации и закалки кричного железа. Первым сыродутным агрегатом для извлечения железа из руды стала «волчья яма», которую иногда применяли еще 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 устраивали в местах интенсивного естественного движения воздуха: на холмах, в предгорьях, лесных просеках, долинах рек. В таких печах можно было получать железо, используя и принудительное дутье (с помощью мехов). Основным недостатком «волчьей ямы» являлось небольшое рабочее пространство, в котором создавались условия, необходимые для восстановления железа. Это, в свою очередь, ограничивало массу крицы, которую можно было получить за одну плавку. Кроме того, восстановленное железо распределялось по всему объему образующегося шлака, особенно в зонах, расположенных на противоположной стороне от фурмы. Отделение металла от шлака механическим путем неизбежно приводило к его значительным потерям.

Распознавание «волчьих ям» на месте проведения археологических раскопок связано с определенными трудностями и, в частности, с тем, что их часто путают с основаниями других печей, верхние конструкции которых были разрушены. Большая часть обнаруженных печей



А



Б

практически не различалась по конструкции. Они представляли собой яму глубиной примерно 1 м в виде перевернутого конуса, окруженную камнями. Рабочее пространство, выложенное глиной, располагалось в нижней части ямы и имело глубину и диаметр менее 0,5 м. Шлак скапливался в нижней части и удалялся после окончания выплавки.

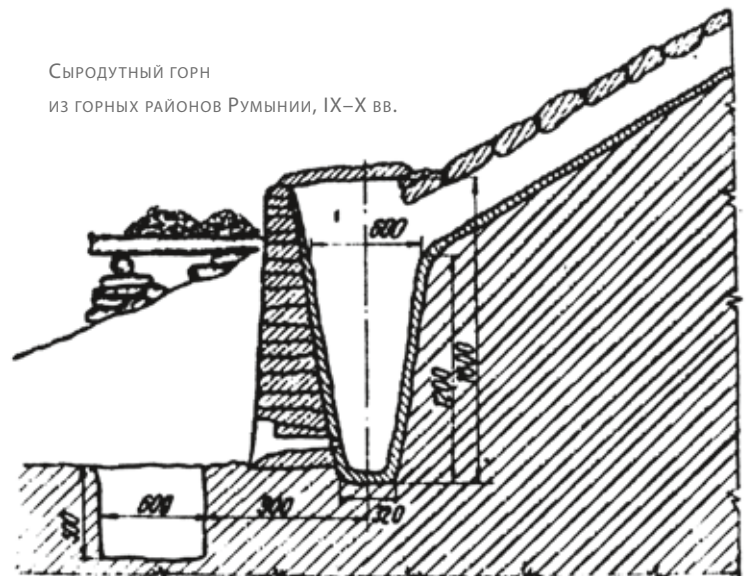
Археологи предполагают, что дутье осуществлялось через ряд сопел непосредственно в рабочее пространство. Круглая насыпь или стена, построенная на краю ямы, позволяла использовать большее количество руды и топлива. Впоследствии для усиления дутья стали использовать надстройку – своеобразную аэродинамическую трубу. Такая возводимая над ямой конструкция гипотетически могла стать родоначальницей агрегата, позднее известного как низкий сыродутный горн, не превышающего в высоту 1,5 м. Печи этого типа обнаруживаются повсеместно на территории Европы, Азии и Африки.

Помимо самого горна в технологическое оборудование для производства железа входили хранилища для сырья (железной руды, угля, глины для строительства и ремонта печей) и установки для подготовки материалов к плавке. Остатки тысяч таких комплексов были обнаружены при археологических раскопках. Некоторые сохранились практически полностью, что позволяет достаточно точно восстановить это фундаментальное устройство, которое служило металлургам более 3 тыс. лет.

Сыродутные горны отличались большим разнообразием конструкций. Чаще всего они строились из высокоогнеупорной глины на каркасе из плетеных прутьев, а для укрепления стенок печи применялись деревянные обручи. Иногда горн полностью помещали в деревянный сруб или обкладывали камнями или кусками шлака. Наиболее распространенные во времена Древнего мира сыродутные горны представляли собой цилиндрическую



Сыродутный горн  
из горных районов Румынии, IX–X вв.



*Первым сыродутным агрегатом для извлечения железа из руды стала «волчья яма», которую иногда применяли еще в начале новой эры.*

конструкцию высотой около 1 м и диаметром 35–40 см. Изнутри их обмазывали огнеупорной глиной, часто с добавлением песка и измельченного рога для улучшения качества огнеупора. Исследованные огнеупорные материалы, применявшиеся для футеровки сыродутных горнов, обладают термостойкостью в диапазоне от 1300 до 1700 °С. Перед плавкой их предварительно нагревали в течение нескольких часов в слабом пламени древесного угля при небольшом потоке воздуха.

Подача воздуха осуществлялась с помощью мехов или посредством создания естественной тяги через различное количество отверстий (сопел), расположенных в нижней части стенок горна. Наиболее часто подача воздуха осуществлялась за счет применения конструкции достаточно высокой и узкой по отношению к диаметру внутреннего пространства, что обеспечивало «эффект трубы». В некоторых случаях печи располагались у подножия холмов, где давление ветра могло быть использовано для увеличения естественной тяги.

В горнах с естественной подачей воздуха процесс плавки был достаточно медленным, плавка одной порции руды (до 100 кг) могла продолжаться до 2 суток и более. При принудительной подаче воздуха с применением мехов плавка проходила быстрее. Небольшое количество руды (20–30 кг) могло быть переработано в течение нескольких часов. Фурмы с внутренним диаметром 2–3 см свидетельствуют об использовании принудительной подачи воздуха.

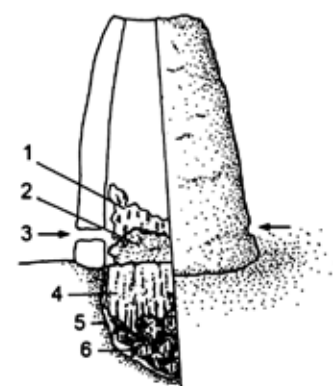
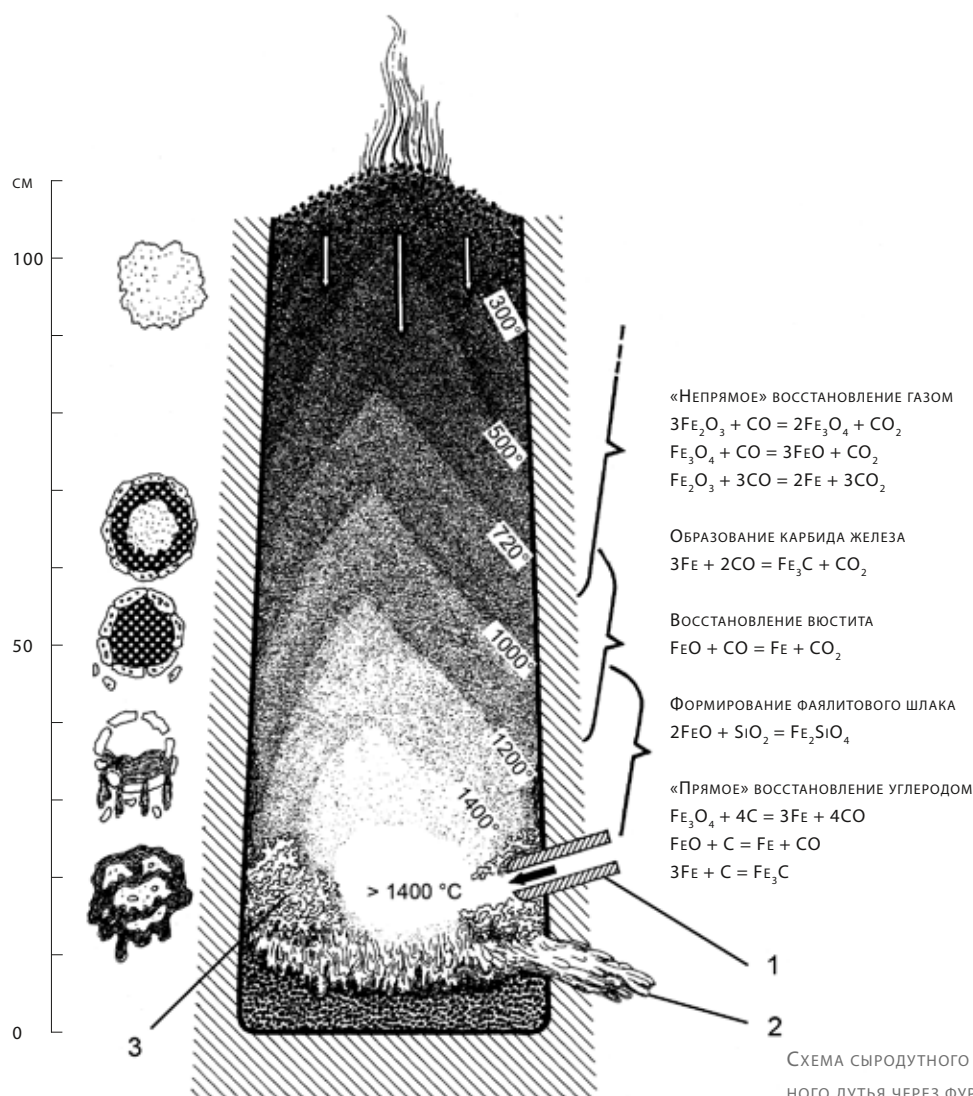
В эпоху Древнего мира добывали руды, представлявшие собой гидрооксиды (гетит), карбонаты (сидерит) и сульфиды (пирит) железа. При нагреве они выделяют большое количество газов, которые препятствуют нормальному ходу процесса, поэтому перед загрузкой в горн железную руду, как правило, укладывали в кучу с дровами, разводили костры и в течение



ПРАКТИЧЕСКАЯ «СЫРОДУТНАЯ» АРХЕОЛОГИЯ XXI ВЕКА

*Для раннего железного века характерно повсеместное распространение в Евразии и Северной Африке сыродутного процесса обработки железных руд и технологий цементации и закалки кричного железа.*





Печь со шлакоприемником из  
ЗАКАРПАТСКОЙ УКРАИНЫ  
(начало 1-го тысячелетия)

СХЕМА СЫРОДУТНОГО ПРОЦЕССА (по Плейнеру и Толандеру): 1 – подача воздушного дутья через фурму; 2 – выпуск шлака; 3 – формирование железной крицы

нескольких суток прокаливали. К составлению шихты подходили с особой ответственностью: ее компоненты тщательно сортировали и измельчали до размера лесного ореха.

Перед плавкой предварительно просушенный и прогретый сыродутный горн примерно на две трети высоты наполняли древесным углем, после чего укладывали шихту. Чаще использовали послойную загрузку руды и древесного угля, но известны случаи составления смесей из кусковой руды, окомкованной рудной мелочи и древесного угля в различных пропорциях. Над верхней частью горна снова укладывали древесный уголь так, чтобы образовалось небольшое коническое возвышение. Воспламенение древесного угля осуществлялось через канал для выпуска шлака или фурменное отверстие. Его наполняли мелкими дровами, хворостом и раскаленными головнями древесного угля. Подача в горн дутья приводила к разжиганию угля, углерод которого в условиях недостатка кислорода горел до образования монооксида углерода. Таким образом в печи создавалась среда, обеспечивающая восстановление железа из оксидов.

## ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СЫРОДУТНОГО ПРОЦЕССА

Несмотря на многочисленные проведенные эксперименты и теоретические описания сыродутного процесса, в нем остается достаточно много неясного. Сторонники традиционной точки зрения считают, что железная руда восстанавливалась до металла в твердом состоянии в виде пористой пастообразной низкоуглеродистой массы, сквозь которую проникал вязкий железистый шлак, хорошо плавящийся при температуре выше 1200 °C. В результате пористое железо образовывало достаточно плотную крицу и обычно не было насыщено углеродом. Лишь в отдельных местах формировались науглероженные зоны. Целью плавки было получение как можно более мягкого (низкоуглеродистого) ковкого металла.

Некоторые исследователи полагают, что в ходе сыродутной плавки в зонах печи, где температура составляла 800–1200 °C, частицы железа сначала науглероживались, а затем плавилась в виде чугуна. Однако потом происходило повторное окисление углерода и металла в фурменной зоне печи, температура в которой превышала 1400 °C. Ряд авторов полагает, что в обеих вышеу-

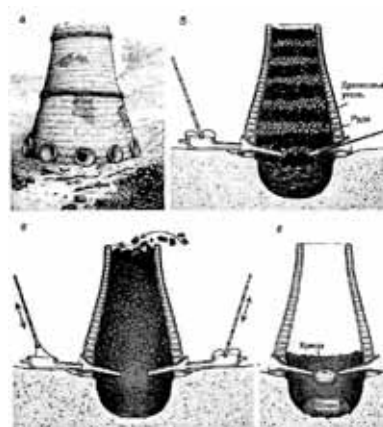
помянутых теориях есть доля истины, так как, несмотря на малые размеры первых сыродутных горнов или благодаря им, а возможно, в зависимости от способа подготовки и загрузки шихты в горн в различных его зонах могли проходить оба процесса. Поэтому продукты сыродутного производства могли содержать и высоконауглерожженный металл, и даже частицы чугуна.

Существует также точка зрения, согласно которой процесс получения крицы мог быть двухстадийным. В этом случае в ходе первой стадии плавки руды получали частично восстановленный или металлизированный «агломерат». На второй стадии этот агломерат переплавляли с получением плотной железной крицы или чугуна.

Согласно описанию авторитетного исследователя сыродутного процесса Р. Плейнера изотермы во время плавки в печи напоминали пламя свечи, что являлось следствием формирования потоков газа и материалов. Температура в зоне горения превышала 1400 °С, однако всего в нескольких сантиметрах от нее она снижалась до 1200–1300 °С, а на колошнике составляла 500–700 °С, что соответствует примерно температуре горения в открытом костре при интенсивном притоке воздуха.

В верхней части печи с температурой 500–550 °С кусок гематитовой руды терял влагу и становился пористым. До зоны с температурной 700–750 °С большая часть гематита ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) руды восстанавливалась до магнетита ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) и монооксида железа ( $\text{FeO}$ ), а на поверхности кусков руды постепенно образовывался тонкий слой металлического железа. Под воздействием сильной восстановительной атмосферы начинался процесс науглероживания. Наиболее активно он проходил в области температур, превышающих 900 °С, когда  $\gamma$ -железо поглощало углерод из газа:  $3\text{Fe} + 2\text{CO} = \text{Fe}_3\text{C} + \text{CO}_2 \uparrow$ .

В кусках частично восстановленной руды содержались остаточные минералы, пустая порода, монооксид железа и металлическое железо. Углерод из  $\text{CO}$  ( $2\text{CO} \rightarrow \text{C} + \text{CO}_2$ ) проникал в трещины и поверхностный слой металлического железа. При этом давление газа оказывалось достаточно высоким для проникновения (диффузии) углерода в железную оболочку. «Конгломерат» из остаточных минералов, монооксида железа, вкраплений древесного угля, заключенных в пористую металлическую пленку, опускался на нижние уровни, где температура составляла около 1200 °С. В этой зоне печи частицы пустой породы активно взаимодействовали с монооксидом железа с образованием фаялита ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ), который представлял собой основную составляющую шлака сыродутной плавки. Расплавленный шлак проникал через поры в «конгломерате» и опускался на подину печи. Поскольку главной составляющей шлака был фаялит, на начальном этапе освоения технологии потери железа со шлаком были чрезвычайно высоки – до 80 % количества железа, загруженного в агрегат.



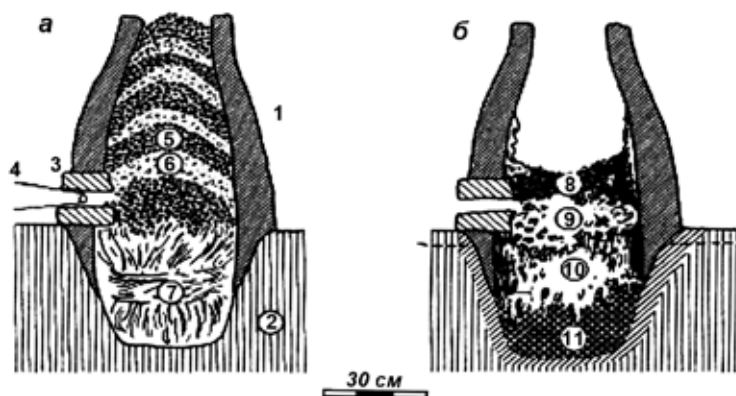
Высокий сыродутный горн из Африки (начало XX в.);  
принципиальная схема процесса и фото



Оболочки металлического железа с разным содержанием углерода, корольки (капли) сильно науглерожженного железа, частички окалины опускались в низ горна и формировали крицу – ком губчатого железа, в который также попадали кусочки несгоревшего древесного угля и комки шлака. На первых порах освоения технологии масса крицы редко превышала 1–2 кг. Она содержала большое количество включений шлака и древесного угля, поэтому ее подвергали механической обработке для удаления примесей. Только после этого приступали к кузнечной термомеханической обработке металла.

#### УДАЛЕНИЕ ШЛАКА

По способу удаления образующегося шлака сыродутные горны принято подразделять на три типа. Первый тип включает печи, в которых не существовало системы



Схемы, поясняющие принцип работы горна со шлакоборником (на основании проведенных раскопок): а – до начала выплавки; б – после выплавки; 1 – шахта; 2 – нетронутая земля; 3 – фурма; 4 – мех; 5 – древесный уголь; 6 – железная руда; 7 – хворост или солома; 8 – шлак, рудный остаток, древесный уголь; 9 – губчатое железо; 10 – застывший шлакообразный блок; 11 – уголь и зола

шлакоудаления во время плавки. Шлак оставался внутри печи в течение всего процесса, он удалялся после окончания плавки и извлечения крицы. В горнах второго типа для шлака подготавливали специальную яму (в форме котла) в нижней части печи, где он постепенно скапливался и затвердевал. Характерные шлаковые блоки являются признаком так называемых печей со шлаковыми ямами. Формирование блока было возможно при условии, что шлакоборник оставался пустым до момента образования шлака. Поэтому перед началом плавки свободное пространство заполняли углем, хворостом и соломой, которые шлак выжигал по мере стекания.

Сыродутные горны, в которых шлак скапливался на чашеобразном поду печи, в современной исторической литературе получили название «печи со шлакоборниками». Такие печи имели большое количество вариантов конструкций. Они могли размещаться в строениях ниже уровня земли (шалашах, сараях) или представлять собой отдельно стоящую глиняную кон-



струкцию. Печи могли быть маленькими (35–40 см в диаметре и 40 см глубиной), в них образовывалось 20–25 кг шлака, или большими, когда диаметр только шлакосборника достигал 80 см, а глубина 90 см с накоплением до 450 кг шлака.

Выдающимся изобретением 1-го тысячелетия стал горн с выпуском шлака (третий тип). Он имел большое количество различных форм и конструктивных особенностей. Такой горн мог быть встроен в укрытия, находящиеся ниже уровня земли, или мог стоять отдельно. Обнаружены доказательства, позволяющие считать, что эти горны иногда являлись переносными. Шлак в виде густой тестообразной массы выгребался через специальную арку в передней стенке печи или вытекал в виде расплава через выпускное отверстие – летку. Для выпуска расплавленного шлака необходимо было обладать высоким уровнем мастерства. Неправильный выпуск шлака мог сопровождаться большими тепловыми потерями, что в свою очередь могло привести к остановке процесса.



*Переход от бронзовых к железным орудиям труда, инструментам и вооружению происходил постепенно, по мере освоения и распространения технологий производства и термомеханической обработки железной крицы.*

Терминология сыродутного процесса

Россия	Англия	Германия
Сыродутный процесс	Bloomery process	Rennverfahren
Крица	Bloom, lump	Flossengarbe, Loupe
Волчья Яма	Bowl furnace	Wolfofen
Сыродутный горн (низкий)	Bloomery forge	Stückofen
Сыродутный горн (высокий)	Shaft furnace	
Печь с выпуском шлака	Slag-pit furnace	Rennofen
Каталонский горн	Catalan forge	

ТЕРМИНОЛОГИЯ СЫРОДУТНОГО ПРОЦЕССА

Выпуск шлака по каналам (леткам) по-немецки назывался «das Rennen», что породило такие термины, как «Rennprozess», «Rennofen», «Renneisen». В английском языке сам продукт производства – the bloom (крица) – явился родоначальником таких терминов, как «bloomery process», «bloomery iron», «bloomery slag».

Русский термин «сыродутный горн» появился 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 знаме-

нитом энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона в статье «Горн металлургический» (автор – А.И. Скиндер) отмечается, что сыродувные (сыродутные) горны применялись для прямого получения железа из руд. Другое название сыродутного горна, используемое в специальной литературе, – «низкий горн» – указывает на то, что его высота, как правило, не превышала человеческого роста, т.е. составляла не более 1,5 м, и он легко обслуживался мастерами-металлургами вручную.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ КРИЦЫ

Для извлечения железной крицы использовались различные способы. В открытых печах (так называемых чашечных печах или «волчьих ямах») конгломерат железа и шлака поднимался через верх. В печах с выпуском шлака крица могла извлекаться или через отверстия в основании печи (через летку или отверстия для подачи воздуха), либо посредством разрушения части стенки горна. Существует несколько предположений, в какой момент времени выплавки крицу извлекали из печи. Это могло происходить сразу после окончания выплавки, когда железо еще было горячим и легко определялось по цвету, или позже, после того как печь немного (полностью) остывала.

Первое предположение (извлечение горячего железа) кажется наиболее приемлемым с учетом того, что большая часть археологических находок шлаковых блоков не содержит металлического железа; в противном случае имелись бы значительные потери железа в результате окис-

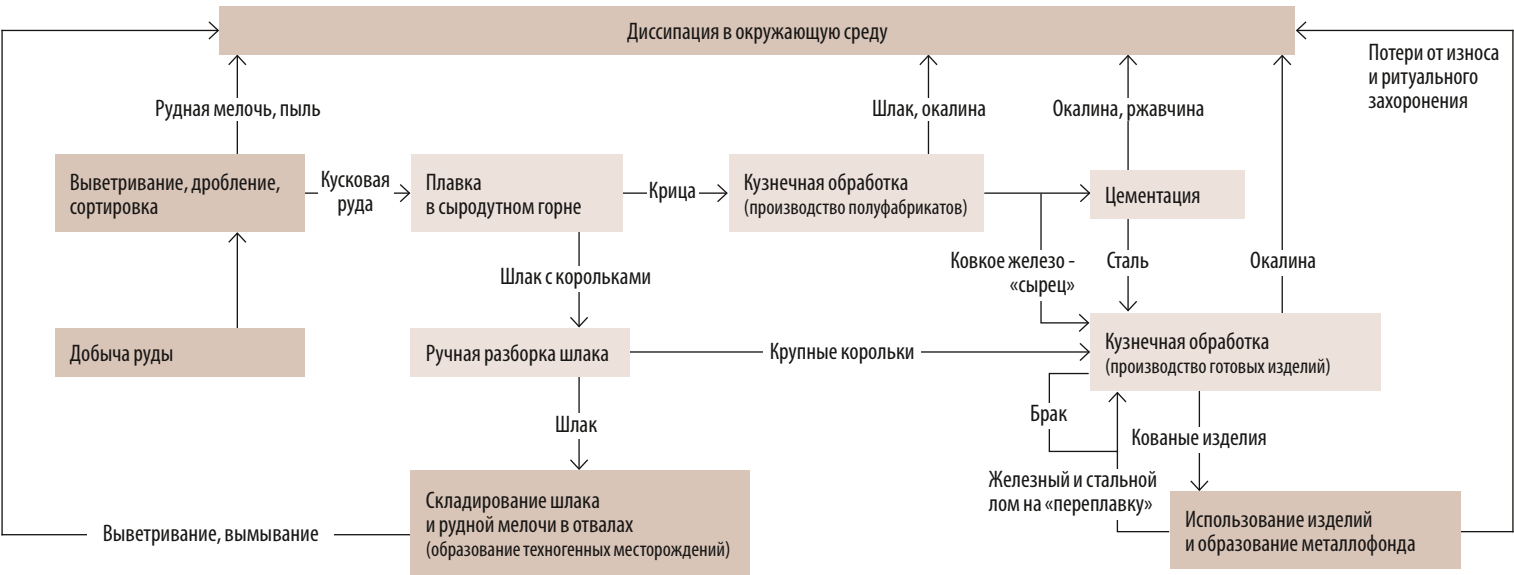


СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕПОЧКИ АГРЕГАТОВ И ПОТОКОВ МАТЕРИАЛОВ (С УЧЕТОМ «ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РЕЦИКЛИНГА») СЫРОДУТНОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗА И СТАЛИ



Сыродутные горны (гравюры из труда Г. Агриколы «12 книг о металлах»):  
СЛЕВА – КАТАЛОНСКИЙ; СПРАВА – НИЗКИЙ

ления во время неконтролируемого процесса охлаждения и других операций, связанных с отделением металла от шлака. В любом случае конечный продукт требовал дополнительной обработки посредством повторного нагрева и проковки для удаления остаточного шлака.

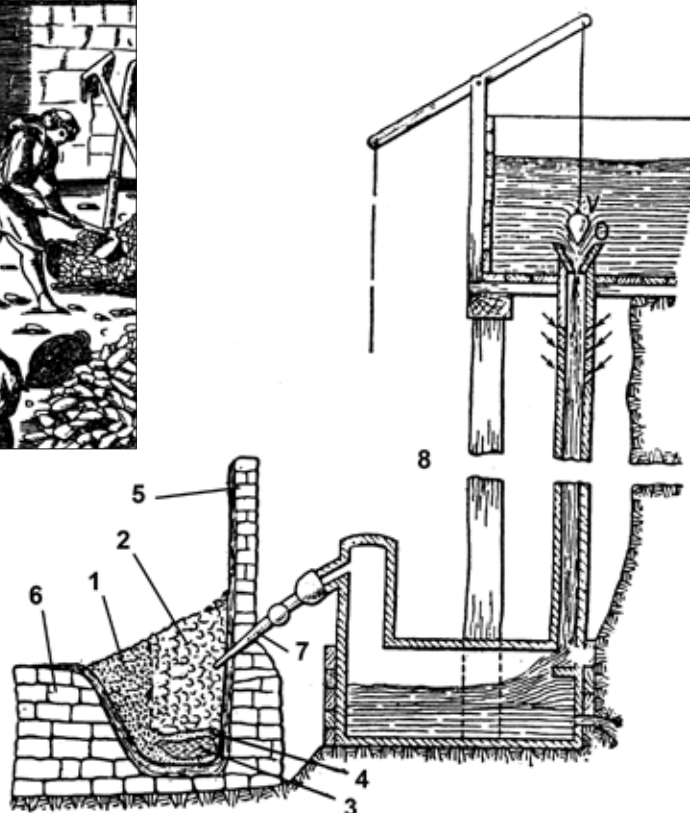
### СРЕДНЕВЕКОВЫЕ СЫРОДУТНЫЕ ПЕЧИ

В конце 1-го тысячелетия до н. э. повсеместное распространение получили наземные горны из камня или глины на каркасе, со шлаковой ямой, в которых можно было проводить до 10 плавов и более и осуществлять дополнительную загрузку шихты в целях увеличения размеров крицы. Славянские и скандинавские народы применяли печи, нижняя часть которых располагалась в землянке, а верхняя выступала над поверхностью земли. С началом новой эры появились настоящие металлургические комплексы, наиболее крупным (с несколькими сотнями сыродутных горнов) из которых является Свентокшиский (Центральная Польша). На территории России в Опутятском городище в Прикамье (V–VI вв.) обнаружено несколько десятков сыродутных горнов.

В средние века в Европе развитие сыродутных горнов шло за счет увеличения высоты, в результате чего усиливалась тяга в агрегате и улучшались условия теплообмена. Такие горны получили название «штюкофен» (кричная

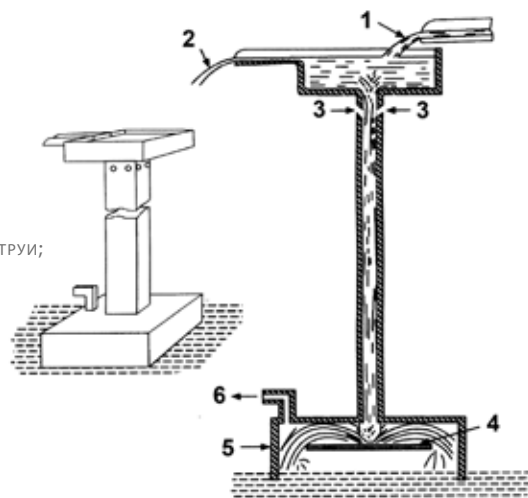
КАТАЛОНСКИЙ ГОРН С ВОДОТРУБНОЙ  
ВОЗДУХОДУВКОЙ – «ТРОМПОЙ»:

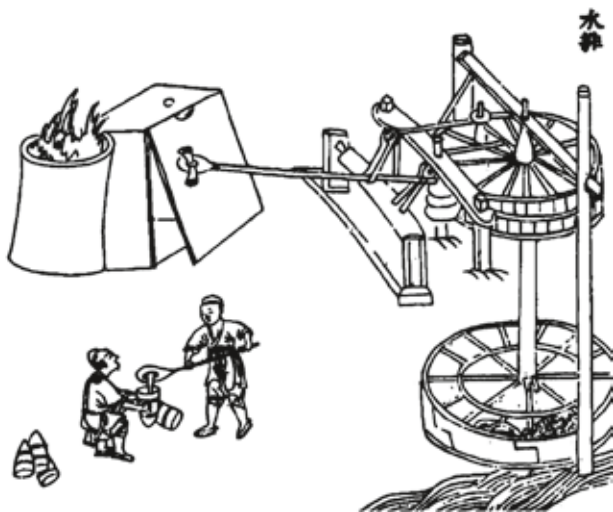
- 1 – ЖЕЛЕЗНАЯ РУДА; 2 – ДРЕВЕСНЫЙ УГОЛЬ;
- 3 – КРИЦА; 4 – ШЛАК; 5 – ФУРМЕННАЯ СТЕНА;
- 6 – ПРОТИВОФУРМЕННАЯ СТЕНА;
- 7 – ВОЗДУШНАЯ ФУРМА; 8 – ТРОМПА



УСТРОЙСТВО ТРОМПЫ:

- 1 – ПОТОК ВОДЫ;
- 2 – ПЕРЕЛИВ;
- 3 – ПОДСОС ВОЗДУХА;
- 4 – ДОСКА  
ДЛЯ РАЗБИВАНИЯ СТРУИ;
- 5 – ДУХОВОЙ ЯЩИК;
- 6 – ВОЗДУХ,  
ВЫТЕСНЯЕМЫЙ  
ИЗ ЯЩИКА





Привод воздуходувного ящика китайской вагранки  
от водяного колеса



Выпуск чугуна из вагранки  
и разливка его в формы



*Одной из самых крупных мастерских была литейная Гун-сянь в провинции Хэнань, где археологами были раскопаны 18 печей для получения чугуна из руды, несколько печей для высокотемпературного литья и еще несколько – для выплавки стали.*

печь). Другим типом высокопроизводительных печей, широко распространенных на юго-западе Европы, стали низкие каталонские горны с постоянно подгружаемой шихтой. Эти горны, в которых, начиная с XVII в., применялись мощные водотрубные воздуходувки, находились в эксплуатации в Испании, Италии и во Франции до середины XIX в. даже после появления мощных доменных печей.

### КИТАЙСКАЯ СЫРОДУТНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Уникальным является опыт китайской сыродутной металлургии. В Китае и на близлежащих территориях Дальнего Востока уже в начале 1-го тысячелетия до н. э. была освоена выплавка чугуна в тиглях. Для получения чугуна в тигли помещали шихту, состоящую из кричного железа и древесного угля. Затем тигли в течение длительного времени выдерживали в горнах при температуре выше 1200 °С. Постепенное растворение углерода в железе позволяло получить из твердого кричного железа насыщенный углеродом жидкий чугун.

Несколько позднее была изобретена специальная печь для выплавки чугуна из железной руды или кричного железа – так называемая «китайская» вагранка. В отличие от современной ваграночной печи, представляющей собой агрегат шахтного типа, китайская вагранка являлась сыродутным горном высотой не более 1 м, переоборудованным для переплавки кричного железа в чугун. Вагранка снабжалась специальным дутьевым

ящиком, работа которого обеспечивала интенсивный приток воздуха в агрегат. В книге «Юйгун» древнекитайского сочинения «Шаншу» (VII–VI вв. до н. э.) описывается технология переработки железных руд с получением чугуна, применявшаяся в провинции Сычуань. Уже в эпоху Чжаньго (V–III вв. до н. э.) китайские металлурги научились получать сложные чугунные отливки и положили начало художественному чугунному литью.

Широкое применение чугун нашел в сельском хозяйстве. Остатки плавил и многочисленных инструментов указывают на то, что в IV в. до н. э. его использовали для изготовления плужных лемехов, мотыг, кирок, лопат, граблей, серпов и топоров. В 1954 г. были исследованы остатки мастерской времен государства Янь у города Синлуна в провинции Хэбэй. Мастерская, построенная вблизи двух железорудных шахт, располагала 40 наборами литейных форм, которые использовались главным образом при производстве чугунных изделий для сельского хозяйства.

Хотя чугун представлял собой более хрупкий сплав, чем бронза, необходимости в улучшении его качеств не было. Он стоил относительно дешево, поэтому чугунные орудия были доступны крестьянам. Их применение существенно облегчило обработку земли, крестьяне могли возделывать большие площади и глубже вспахивать почву. В эпоху Хань (206 г. до н. э. – 221 г. н. э.) в крестьянский обиход повсеместно вошел высокопроизво-

дительный чугунный плуг с двумя лемехами, который тянула пара волов. Более высокие урожаи можно было получать благодаря другому изобретению – сеялке, снабженной несколькими тонкими железными трубками. Ее применение позволяло укладывать зерно в землю с одинаковыми интервалами и на глубину, благоприятную для развития растения. Для большинства крестьян эпохи Хань именно массовое производство орудий труда из чугуна являлось главным фактором успешного ведения хозяйства.

Выплавка чугуна в крупных литейных мастерских, контролируемых государством, уже ко II в. до н. э. привела китайцев к массовому производству этого сплава с максимальным использованием в шихте чугунного и железного лома. К 100 г. до н. э. правительство создало литейные мастерские во многих провинциях, монополизировав производство железа и чугуна. Государственные литейные мастерские начали изготавливать орудия труда для сельского хозяйства, бытовые предметы, оружие, детали для повозок и другие специализированные товары.

Одной из самых крупных мастерских была литейная Гун-сянь в провинции Хэнань, где археологами были раскопаны 18 печей для получения чугуна из руды, несколько печей для высокотемпературного литья и еще несколько – для выплавки стали. В некоторых печах эпохи Хань можно было получать в день тонну металла благодаря применению воздуходувных мехов с обратным клапаном, что обеспечивало непрерывную подачу дутья. Ручной труд, который первоначально применялся для приведения мехов в действие, был заменен использованием энергии воды с помощью горизонтально установленного водяного колеса, приводимого в действие речным потоком.

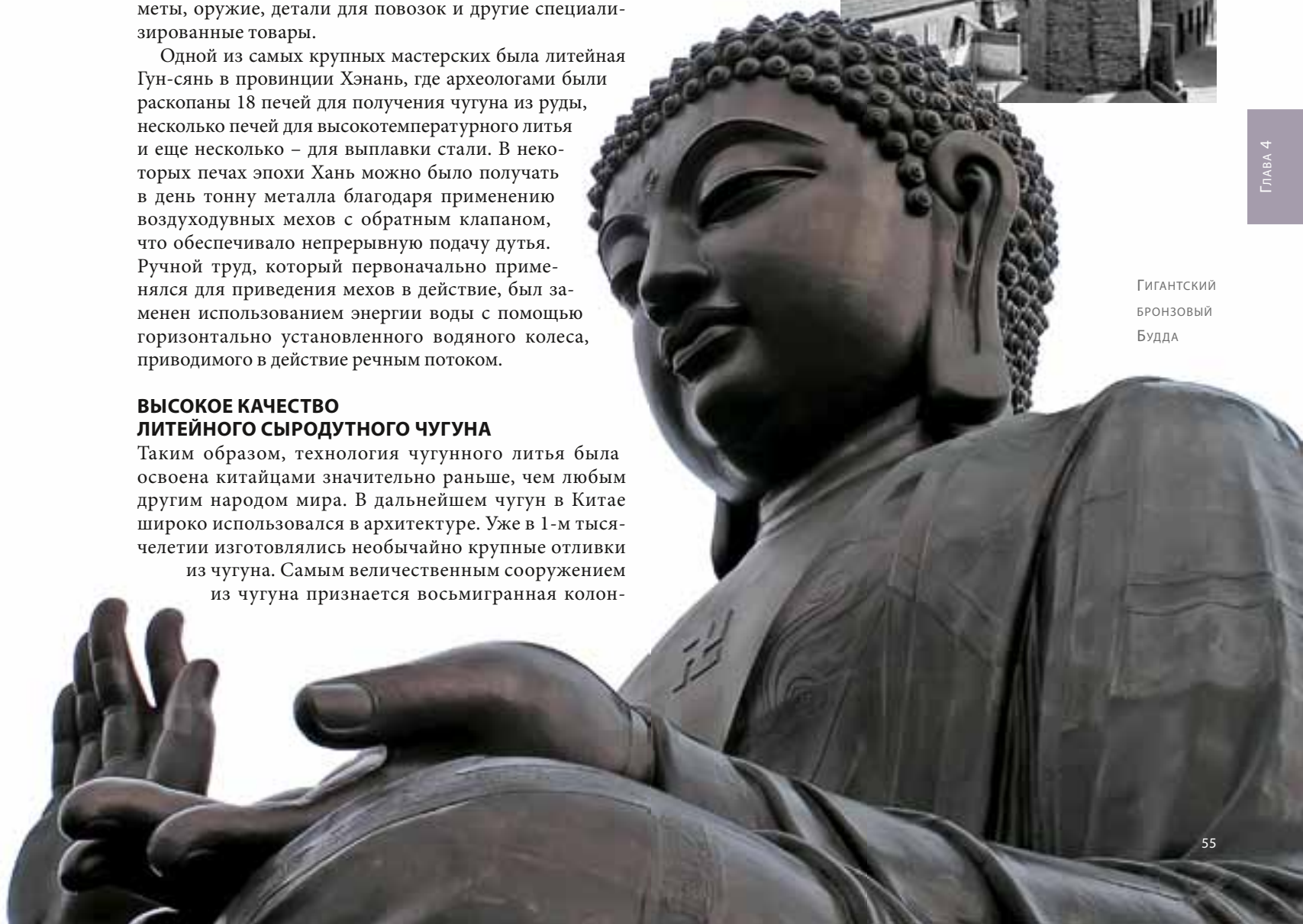
### **ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО ЛИТЕЙНОГО СЫРОДУТНОГО ЧУГУНА**

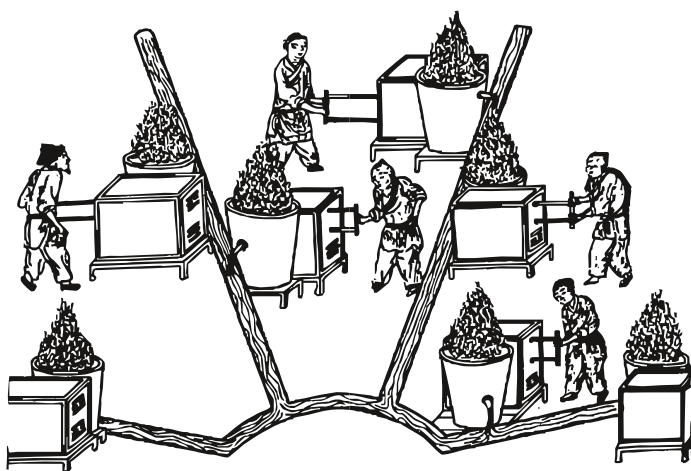
Таким образом, технология чугунного литья была освоена китайцами значительно раньше, чем любым другим народом мира. В дальнейшем чугун в Китае широко использовался в архитектуре. Уже в I-м тысячелетии изготавливались необычайно крупные отливки из чугуна. Самым величественным сооружением из чугуна признается восьмиступенчатая колон-

Чугунная пагода  
высотой около 24 м  
(Лонин, провинция  
Шантун, 1105 г.)



Гигантский  
бронзовый  
Будда





ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ЧУГУНА ПО КАНАЛАМ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ  
КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОТЛИВОК

на под названием «Небесная ось, знаменующая добродетель Великой династии Чжоу с ее сонмом земель». Она была воздвигнута по приказу императрицы У Цзэ-тянь в 695 г. на чугунном фундаменте, длина окружности 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, длина окружности 9 м), который, в свою очередь, венчают четыре бронзовых дракона, каждый высотой 3,6 м, поддерживающих позолоченную жемчужину. На сооружение этой конструкции было израсходовано 1325 т металла. Наиболее известной пагодой является знаменитая «Железная пагода» в Даньяне (провинция Хубэй). Она построена в 1061 г., и ее высота составляет 13 м.

Шицзы Ван, также известный под названием «Великий лев Цзан-чжоу», – самое крупное в мире цельнолитое сооружение из чугуна. Его воздвигли по приказу императора Шицзуна (династия Чжоу) в честь его похода на монголов в 954 г. Высота этого уникального монумента – 5,4 м, длина – 5,3 м, ширина – 3 м. Толщина стенок пустотелой статуи составляет 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. Китайские ученые установили, что литейная форма была изготовлена по глиняной рубашке, для отделения которой от стержня и кожуха была применена прослойка из грубой ткани (ее следы были обнаружены при раскопках). 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, когда в стране началась кампания против буддизма. В 1803 г. Шицзы-Ван серьезно пострадал 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 проводилась одновременно во множестве специально построенных агрегатов. Из них расплав стекал в единую литниковую систему, следы которой сохранились на спине статуи.

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

Редким исключением из мировой практики является участие в денежном обращении Китая 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 металла и его сплавов был запрещен. В некоторых регионах



Шицзы-Ван (Лев-Царь), 40 тонн - самое крупное цельнолитое  
сооружение из чугуна (Гуанчжоу, провинция Хубэй, X в.)

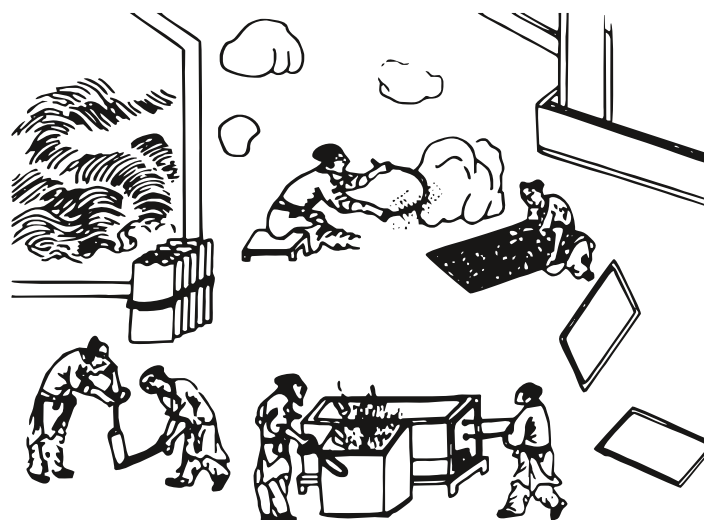
страны в целях экономии меди имели хождение только чугунные монеты. Все китайские монеты, начиная с древних, отливались с отверстиями для ношения их на специальных шнурах. В связке, как правило, было 400 или 1000 монет, причем счет деньгам в крупных торговых сделках вели именно связками. Постепенно общераспространенной 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.

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.

### НАДЕЖНЫЙ АГРЕГАТ

Долгое время считалось, что в Европе технология производства чугуна была освоена только в XI–XII вв., однако последние археологические находки опровергают это мнение. Недавние исследования римского железного блока, найденного в Контиомагусе (ныне Диллинген-Пахтен) и датированного периодом между 75 и 150 гг. до н. э., показали, что он был получен в результате кристаллизации высокоуглеродистого (чугунного) расплава. Таким образом, в Контиомагусе было обнаружено и доказано самое раннее производство чугуна за пределами Китая. Упомянутая находка не доказывает, что в античном мире осуществлялась выплавка передельного чугуна в больших масштабах. Однако она подтверждает, что в античных сыродутных горнах также было возможно получение жидкого чугуна.

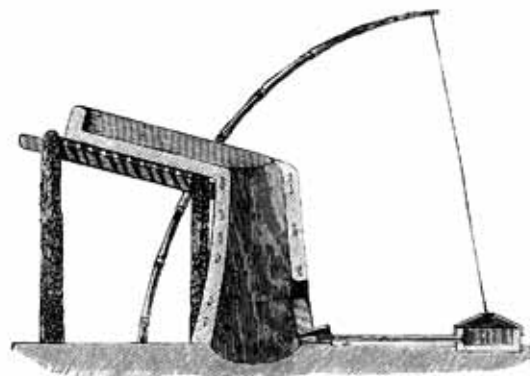
Сыродутный процесс, возможности которого, как это следует из вышеизложенного, были достаточно значительными, сохранялся в разных вариациях до первой половины XX века. Он был описан европейскими этнографами в Азии и Африке. В XVI–XX вв. сыродутные печи высотой до 3 м производили крицу массой до 150 кг и полностью обеспечивали потребности в железе таких стран, как Китай и Индия. Преимуществом сыродутных горнов долгое время оставалась дешевизна устройства и быстрота получения готового товара. В США, лидере мировой черной металлургии второй половины XIX в., еще в 1853 г. эксплуатировалось до 400 таких печей. \*



Последовательность операций литья монет (из древней китайской книги)



Китайская монета из чугуна (АВЕРС И РЕВЕРС)



Сыродутный горн. Бенгалия, XIX в.

## Глава 5

# Древесноугольная металлургия

Уголь у них с дедушкой Нефёдом, конечно, первосортный выходил, а всё же, как станут разбирать угольные кучи, одна в одну никогда не придётся...

**П. Бажов. Живинка в деле**

**П**ОСЛЕДНИЕ 150 ЛЕТ СУЩЕСТВОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ индустрии отмечены постоянным усложнением и специализацией отдельных составляющих её производств. В частности, получение металлургического топлива в настоящее время зачастую воспринимается как самостоятельное производство, слабо связанное собственно с металлургией. Подобному взгляду особенно способствовало развитие переработки побочных химических продуктов, выделяемых из каменного угля в процессе коксования, что привело к «перемещению» коксохимической подотрасли в область химических технологий. Между тем, без специального топлива, которое в металлургии по совместительству является и восстановителем, невозможен процесс производства из руд железа и большинства цветных металлов. На протяжении нескольких тысяч лет получение металлургического топлива воспринималось как неотъемлемая часть металлургического производства.

### ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

Благодаря современным средствам массовой информации сегодня вряд ли найдется человек, не имеющий представления о проблеме парниковых газов, главным источником которых является использование ископаемого топлива. Наиболее эффективно «борются» с этими опасными спутниками прогресса растения, поглощающие углекислый газ (диоксид угле-

рода) и производящие кислород. В ряде стран мира, и прежде всего в Бразилии, в доменном производстве активно используют древесный уголь, который получают из эвкалиптов – быстрорастущих деревьев. Для этого создают специальные плантации с высоким «оборотом» выращиваемой и периодически вырубаемой древесины. При получении древесного угля, выплавке чугуна и сжигании доменного газа диоксид углерода выделяется, а при выращивании эвкалиптов – поглощается, причём поглощается почти в три раза больше. Итак, хотим победить парниковый эффект – возрождаем древесноугольную металлургию?!

Конечно, в этом призыве есть доля шутки: подобное возможно лишь в ограниченных объёмах и в странах, где климат способствует быстрому росту деревьев. В противном случае использование древесного угля приведёт лишь к сведению лесов, что хорошо видно из следующего очерка. Однако в условиях, когда прирост древесины превышает её вырубку, доменное производство с применением древесного угля оказывается действительно эффективным как с точки зрения экономики (для удовлетворения нужд местных потребителей, когда не требуются большие объёмы производства), так и с точки зрения охраны окружающей среды.

### ДРЕВНЕЙШЕЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО

Практически все издревле доступные человеку химические элементы на нашей планете, кроме благородных металлов, присутствуют в природе в составе соединений с кислородом, реже с серой и другими элементами. Это означает, что для их выделения в чистом виде необходимо затратить энергию. Лишь один элемент, благодаря тому что растения, ассимилируя энергию солнца, используют её для строительства клеток, находится в состоянии, позволяющем ему окисляться с выделением тепла. Че-





*Технологию производства древесного угля можно по праву считать самой консервативной в истории человечества – она просуществовала практически в неизменном виде несколько тысяч лет, со времени своего зарождения до середины XIX в.*

Человек давно оценил эту данную природой возможность, что позволило ему выжить в суровой дикой природе, постепенно улучшить условия существования, а позднее – производить из руд металлы, построить индустриальную цивилизацию и обеспечить комфортный уровень жизни.

Вряд ли когда-нибудь будет достоверно установлено, когда и в какой части планеты человек впервые установил, что обугливание древесины без сгорания позволяет получить топливо, гораздо более удобное в использовании и функциональное – древесный уголь. Разделение эндотермического процесса обугливания (удаления из древесины влаги, кислорода и водорода) и экзотермического процесса горения, которые «в условиях костра» происходят одновременно, позволило в случае применения древесного угля снизить потери тепла и получить существенно более высокую температуру.

Использование древесного угля, особенно совместно с применением принудительного воздушного дутья, привело к увеличению «температурного потенциала» цивилизации, что способствовало развитию производства керамики и стекольного дела. Благодаря тому что, в отличие от дров, древесный уголь является практически бездымным топливом, он нашёл широкое применение в быту при приготовлении пищи и обогреве помещений с использованием открытых жаровен. Наконец, именно благодаря древесному углю человечество получило возможность выплавлять из руд медь и железо.

#### **САМАЯ КОНСЕРВАТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

Технологию производства древесного угля можно по праву считать самой консервативной в истории человечества – она просуществовала практически в неизменном виде несколько тысяч лет, со времени своего зарождения до середины XIX в. Причём на протяжении многих веков это производство было самым масштабным – ведь



оно поставляло топливо для всех производств, требующих высоких температур, а также для многочисленных домашних хозяйств.

К сожалению, о технологии углежжения в период зарождения и становления металлургического производства известно только благодаря археологическим раскопкам в местах концентрации древних производств. При этом исследователи, как правило, основное внимание уделяют непосредственно производству керамики, стекла и металла, а вот вопросам производства металлургического топлива посвящено совсем немного специальных исследований.

Известно, что древесный уголь широко применялся при получении и обработке металлов в Древнем Египте. Образцы его найдены археологами в захоронениях, относящихся к раннединастическому (4000–2680 гг. до н. э.) периоду и периоду I династии (3050–2850 гг. до н. э.). Особенно масштабным производство древесного угля было на территории Аравийской пустыни и на Синайском полуострове. Это привело к практически полному сведению лесов на этих территориях. Существует версия, что

*Теофраст отмечает, что самый лучший уголь получается из деревьев с плотной древесиной, в частности из дуба и земляничного дерева.*



именно истощение запасов топлива, а не руд, вынудило египтян перенести производство металлов на периферийные территории государства с последующей транспортировкой готовых слитков в метрополию (например, медь в основном выплавляли в Тимне, недалеко от современного города Эйлата в Израиле).

В Месопотамии древесный уголь был известен с незапамятных времён, в частности, он применялся в качестве пигмента при раскраске гончарных изделий. При этом он всегда представлял существенную ценность в этом бедном лесами регионе. Найдено письмо вавилонского царя Хаммурапи (1793–1750 гг. до н. э.) к его слуге Син-Идиннаму, в котором он даёт распоряжение о скорейшей поставке дров для производства металла из поселения при рудниках Дур-Гургурри в Вавилон, чтобы тамошние металлурги «не сидели с пустыми руками». При этом царь обращал особое внимание на то, чтобы поставлялся только свежесрубленный лес, без сухих деревьев.

В местностях, бедных лесом, в качестве заменителя древесного угля использовались верблюжьи кизяки и кусты колючки. Греческий историк и географ Гней Помпей Страбон (ок. 64 г. до н. э. – ок. 23 г. н. э.) упоминает о том, что мастера по бронзе использовали финиковые косточки в качестве заменителя древесного угля. Гай Плиний Секунд (Плиний Старший, 23–79 гг. н. э.) в «Естественной истории» пишет об использовании в Египте корней папируса для замены угля при кузнечной обработке железа.

### ПИСЬМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ

Первое описание свойств и способов использования древесного угля принадлежит перу (а точнее – стилосу) древнегреческого философа и естествоиспытателя Тиртама. Тиртам – ученик Платона, а позднее – любимый ученик, друг и преемник Аристотеля. Именно Аристотель наградил его прозвищем, под которым он и остался в памяти потомков – Теофраст, т.е. «божественный оратор». За свою долгую и плодотворную жизнь (372–287 гг. до н. э.) Теофраст написал свыше 200 трудов по естествознанию, среди которых две книги о растениях: «История растений» и «Причины растений». Помимо основ классификации и физиологии растений, эти труды содержат описание горючих свойств различных видов древесины и получаемого из них угля. Кроме того, в сочинении «Об огне» Теофраст поясняет, почему «приготовленный» (древесный) уголь более чёрный, чем ископаемый, и даёт рекомендации по более эффективно его сжиганию, а в сочинении «О камнях» упоминает о том, что ископаемый уголь активно используется в кузнечном деле.



Теофраст отмечает, что самый лучший уголь получается из деревьев с плотной древесиной, в частности из дуба и земляничного дерева.

Такие угли горят дольше и позволяют достичь более высоких температур, поэтому их охотно используют в процессе производства серебра «для первой переплавки руды» (имеется в виду первая стадия производства серебра – выплавка его из руды, а при дальнейших операциях по его очистке от примесей предъявлялись менее строгие требования к качеству топлива).

При этом из всех плотных углей дубовый содержит самое большое количество золы, что ограничивает его применение при производстве металлов. По словам Теофраста, в случае если требуется мягкий уголь, например при производстве железа, «когда оно уже расплавилось» (описывается стадия процесса плавки, когда уже произошло разделение на металл и шлак и требуется меньше тепла), используют уголь из эвбейского ореха, а при производстве серебра (речь идёт о стадии очистки серебра от примесей) – уголь из алеппской сосны. Кузнецы предпочитают сосновый уголь дубовому, поскольку его легче разжечь, и, хотя он и даёт меньше жара, но горит ярким пламенем, а не тлеет.

Дерево для производства угля должно быть свежим и не старым (о том же писал Хаммурапи). Лучший уголь получается из зрелых деревьев, у которых плотность, влажность и количество золы находятся в оптимальных пропорциях. Что касается собственно выжигания угля, то



Добыча руды, углеж-  
жение и выплавка  
железа у средневеко-  
вых германцев.  
По Г. Агриколе

Теофраст рекомендовал выбрать гладкие и прямые поленья, чтобы можно было сложить их как можно плотнее в кучу, укрыть её дёрном, поджечь и периодически «помешивать» шестами. Также он даёт подробное описание процесса выделения газов при сжигании и обугливание различных пород дерева и рекомендации по использованию дров и изготовлению деревянного огнива.

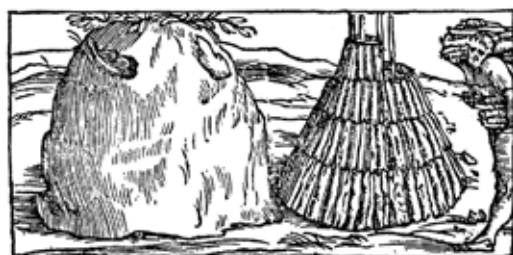
Практически идентичные рекомендации по технологии производства древесного угля даёт и Плиний Старший в «Естественной истории». Кроме того, он подробно описывает технологии производства различных металлов и, в том числе, особенности использования древесного угля. Также он описывает возможности использования смолы, выделяемой при производстве древесного угля, особенно из деревьев хвойных пород. Об использовании смолы пишет и Теофраст – по его словам, она использовалась в качестве связующего для брикетирования угольной мелочи.

## ЭКОЛОГИЯ УГЛЕЖЖЕНИЯ

Благодаря римлянам, технология кучного (как вариант – ямного) выжиг древесного угля постепенно распространилась по всему Pax Romana (римскому миру). Кроме того, римляне осуществляли торговлю углём, производимым в «промышленных центрах» в Греции, Македонии, Галлии и других областях, что позволило жителям Империи оценить удобство этого вида топлива по сравнению с дровами.

В этом аспекте необходимо особо отметить проблему воздействия производства топлива на окружающую среду, а особенно, когда дело касается древесного угля, проблеме уничтожения лесов – обезлесение. Отметим, что если рассматривать средиземноморский регион античного времени в целом, то, в первую очередь, растительности наносили урон бесчисленные овечьи стада. Что касается угля, то, по свидетельству Страбона, только его производство для выплавки меди и серебра позволило привести в порядок заросший дикими лесами Кипр. Однако в окрестностях крупных производственных центров дело обстоит иначе. Так, на острове Эльба – крупнейшем римском центре по производству железа – леса были вырублены ещё во времена Римской республики, и по этой причине добытую на острове руду перевозили в Популонию, расположенную рядом с богатыми лесом Лигурийскими горами.

Плиний отмечал, что вследствие сведения лесов в Галлии приходится производить второй обжиг руды с помощью древесного угля (привезённого из других мест) вместо дров, что, безусловно, приводит к удорожанию производства. Он также отмечал недостаток древесного угля для обеспечения металлургии в области Кампанья. Несмотря на это, производство в этих областях продолжалось в течение сотен лет без каких-либо изменений за исключением роста себестоимости металла из-за увеличения затрат на перевозку топлива.



Кучное (вверху) и  
ямное (внизу) произ-  
водство древесного  
угля. По В. Бирин-  
гуччо



## ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ, ЛАНДШАФТНЫЕ И ПОГОДНЫЕ ФАКТОРЫ

После падения в 476 г. Западной Римской империи на протяжении всего средневековья технология производства древесного угля не претерпевала существенных изменений. Так, описание процесса выжига в изданном в 1540 г. труде «Пиротехния» («Pirotechnia») итальянского инженера и учёного Ванноччо Бирингуччо (Biringuccio, 1480–1539 гг.) мало чем отличается от аналогичных описаний Теофраста и Плиния Старшего. Бирингуччо, так же как и его предшественники, даёт наставления по выбору древесины для производства металлургического угля, характеризует её свойства в зависимости от условий произрастания деревьев, описывает технологию подготовки и обугливания дров, а также приводит советы по использованию различных сортов древесного угля. В частности, Бирингуччо рекомендует использовать ямный уголь только в кузнечных операциях, а для плавки руд применять кучной.

Технология углежжения с использованием в качестве покровных материалов дёрна и земли могла применяться только в тех областях, где эти материалы имелись в наличии (в частности, в Европе). На Ближнем Востоке и

в Египте, в регионах с песчаными почвами, обугливание древесины осуществляли, по-видимому, в ямах. Также проблема отсутствия качественных покровных материалов решалась путём сооружения специальных печей из камня.

При этом следует иметь в виду, что печи для выжига древесного угля целесообразно

было применять только там, где нельзя применить другой способ изолирования тлеющих дров от атмосферного воздуха. На первый взгляд это странно – ведь капитально построенная печь, в отличие от «кустарно» покрытой кучи, обеспечивает более высокое качество угля, позволяет существенно снизить трудоёмкость процесса, при этом требования к технологической дисциплине менее строгие и, наконец, сводится к минимуму риск для жизни и здоровья углежогов. Дело в том, что строить капитальное сооружение, работающее «на дровах», не имело никакого смысла – ведь окружающие лесные ресурсы довольно быстро истощались, а транспортировка готового угля требует гораздо меньше затрат, чем перевозка дров. При истощении леса углежогои просто переходили на другое место, где лес рос в изобилии, и продолжали там свою деятельность. При переходе на новое место пришлось бы бросать печи и строить новые, что, конечно, увеличило бы затраты на производство.

Результатом неизбежного удаления угольного производства от металлургического, как уже говорилось выше, было постепенное удорожание угля, поскольку к нему добавлялась стоимость транспортировки, но другого выхода не было. В качестве примера можно отметить, что в конце XIX в., в заключительный период существования уральской древесноугольной металлургии, транспортировать дрова для обеспечения заводов топливом приходилось сплавом по реке, поскольку на заводах имелись печи для выжига угля. Это существенно снижало их и без того крайне низкую экономическую эффективность.

Производство древесного угля в кучах представляет собой многофакторный процесс: для того чтобы получить качественный древесный уголь, мастеру требовалось учитывать буквально всё – от свойств используемого дерева до погодных условий. У «певца Урала» Павла Бажова в коротком рассказе «Живинка в деле» есть два предложения, которые очень точно характеризуют эту особенность: «По нынешним временам, при печах-то, с этим попроще стало, а раньше, как уголь в кучах томили, вовсе мудрёное это дело было. Иной всю жизнь колотится, а до настоящего сорта уголь довести не может».

## ЗАГОТОВКА ДРЕВЕСИНЫ

Рассмотрим подробно кучное углежжение во второй половине XIX в. Несмотря на то что в это время в результате внедрения изобретений Бессемера, Томаса и Мартена, стремительно увеличивались объёмы металлургического производства, а каменноугольный кокс так же стремительно вытеснял древесный уголь из доменного производства, именно этот период принято считать наивысшим расцветом технологии выжига древесного угля.

Процесс производства древесного угля начинался с выбора древесины. Древесные породы подразделялись углежогоми на так называемые твёрдые (тёмные, или тя-

Ульевые печи для производства древесного угля. Ок. 1867 г. Национальный парк «Долина Смерти». Шт. Калифорния, США



Операции подготовки площадки, укладки и покрытия дровяной кучи. Гравюра из «Энциклопедии, или Толкового словаря наук, искусств и ремёсел» Дидро и Д'Аламбера. (1751 г.)



жёлые), мягкие (белые, или лёгкие) и смолистые. Твёрдые породы давали самый прочный и плотный уголь, выделяющий при горении наибольшее количество тепла.

Значительное влияние на качество угля оказывало состояние дерева – оно не должно было быть слишком молодым или старым, червоточным или подгнившим. В этом случае уголь получался хрупким, и выход его был низким. Существенное значение имела система рубки.оборот древесины, т.е. время, через которое можно возобновлять рубку леса, составляет 60–100 лет для смолистых, 20–60 лет для твёрдых (бук и граб – 120 лет) и 18–20 для мягких пород. Рубка должна была производиться таким образом, чтобы ежегодный прирост компенсировал количество вырубленного леса. В частности, рубка леса в России производилась на заводских дачах (приписанных к заводу

участках леса) площадками, расположенными вокруг завода в шахматном порядке так, чтобы среднее расстояние перевозки угля было бы примерно одинаковым.

Поскольку вопрос сбережения и воспроизводства лесных ресурсов стоял очень остро – от этого зависело само существование заводов – ему всегда уделялось самое пристальное внимание. В частности, российский министр финансов Е.Ф. Канкрин (1774–1845 гг.), руководивший горнозаводской отраслью в течение 20 лет, считал «науку лесного хозяйства» на заводах не менее важной, чем собственно горные науки. Его перу принадлежит «Инструкция об управлении лесной частью на горных заводах хребта Уральского, по правилам лесной науки и доброго хозяйства», призванная служить «руководством к исполнению существующих узаконений».



фото Stefan Jansson

В качестве основы своей системы Канкрин использовал практику управления лесным хозяйством, принятую в Германии. В европейской практике считалось, что лучше всего заготавливать дрова зимой, когда деревья бедны соком, либо осенью, в этом случае они лучше сохнут. Порядок заготовки дров в России существенно отличался. Ещё со времён Виллима де Геннина (1676–1750 гг.) на Урале было заведено, что на рубку леса крестьян созывали к 20 марта. Реально работа начиналась с апреля, потому что глубокий снег не позволял подбираться к стволам так, чтобы не оставлять высоких пней. Рубка продолжалась весь апрель, чтобы «с мая месяца для пахоты и посева хлеба отпущать крестьян из дровосеков в дома». Позже окончание заготовки приурочили к началу страды (Петров день, 12 июля (29 июня по старому стилю).

Заготовка дров заключалась в валке деревьев, очистке их от веток и сучьев с последующим распилом на поленья определённой длины. В российской практике с поленьев, называемых ёлтылями, также снимали кору – «облывали». Корни иногда корчевали и также использовали для углежжения, однако отдельно от поленьев. После этого поленья складывали для просушки в вентилируемые поленницы, специальные отапливаемые помещения или (на Урале) в виде пирамид – скоростен. Для просушки в естественных условиях выбирали сухое, возвышенное место. Сушка продолжалась в течение полугода. Оптимальной считалась средняя степень просушки – слишком сухое дерево быстро обугливалось, в результате чего сильно угорало и давало лёгкий уголь, а из влажных дров уголь получался трещиноватый. Приступали к выжигу угля в России осенью, а в Европе – в середине лета.

### ПОДГОТОВКА К УГЛЕЖЖЕНИЮ

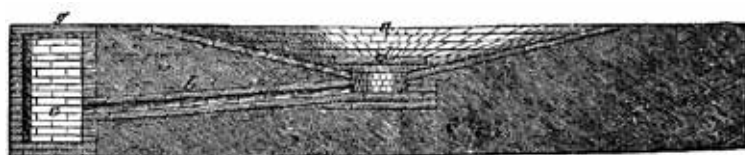
Подготовка к выжигу заключалась в организации площадки, укладывании дров в кучу специальным образом и покрытии кучи дёрном и землёй для изоляции от атмосферного воздуха.



### ФЕСТИВАЛЬ УГЛЕЖЖЕНИЯ НА ПОЛУОСТРОВЕ ГАЛО, ШВЕЦИЯ

Долгое время Швеция являлась лидером по производству древесноугольного чугуна, соперничая на этом поприще лишь с Россией. Современные шведы с почтением относятся к наследию той эпохи, регулярно устраивая тематические праздники, посвящённые реконструкции старинных технологий.

Подобные мероприятия ежегодно проводятся активистами ассоциации Gålö Gärsar полуострова Гало (Gålö) муниципалитета Ханинге и традиционно собирают большое количество посетителей. Интересно, что куче для выжига угля даётся имя: так в 2008 г. она именовалась в честь самой младшей жительницы полуострова – Эммой, а в 2010 г. в честь старейшей – Ингой-Бритт.



Постоянный ток со  
сборником жидких  
продуктов перегонки

В состав бригады угольщиков, как правило, входило 8–10 человек. Мастер и помощник подготавливали место для углежжения, покрывали кучу, наблюдали и регулировали процесс углежжения, разбирали кучу с готовым углём. Двое или трое настильщиков перевозили дрова 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.

Работа углежого была одной из самых трудных и опасных в металлургическом производстве – она требовала постоянного напряжения и внимания в течение длительного времени, углежог постоянно вдыхал химические продукты, выделяемые древесиной при перегонке, кроме того, обслуживание кучи требовало периодического нахождения углежого на её поверхности, в результате чего он в любую минуту мог оказаться в огненном пекле. При этом платили за готовый уголь не особенно много, что в условиях горнозаводского Урала провоцировало периодические выступления и даже бунты углежогов, особенно в те годы, когда из-за неблагоприятных погодных условий снижался выход годного угля. Известно, например, что углежогии были самыми активными сторонниками Емельяна Пугачёва.

Работу начинали с выбора особого места – куреня. Оно должно было удовлетворять следующим условиям: удобно располагаться по отношению к запасам древесины, иметь свободные площади для операций разгрузки, складирования и погрузки, быть защищенным от ветра. Рядом должна была иметься вода, рыхлая почва и дёрн, а сам грунт под кучей должен был пропускать воздух (но не чрезмерно) и жидкие продукты процесса углежжения. Последнее условие – самое важное, при его несоблюдении в брак уходило от пятой до четвертой части выжигаемого угля. Поэтому глинистые и песчаные грунты были непригодны для углежжения.

После выбора места готовили площадку (она называлась «ток») – удаляли дёрн и корни, утрамбовывали грунт и придавали ему лёгкий наклон от центра по радиусу. В случае влажного места делали настил, а в случае песчаного грунта – увлажняли и перемешивали с глиной или землёй. Если имелась возможность осуществлять дешёвую транспортировку леса издалека (сплавом по реке или зимой по санному пути), то устраивали постоянные токи. В этом случае площадка выкладывалась кир-

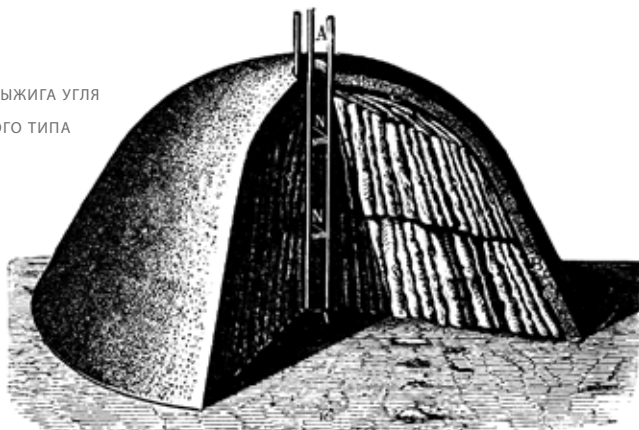
пичом с наклоном по радиусу от центра, либо наоборот – к центру, в этом случае также сооружали резервуар для сбора жидких продуктов перегонки.

Впрочем, такие токи использовались нечасто, поскольку при наличии возможности недорогой доставки дров выгоднее было выжигать уголь в печах, а не в кучах. Следующей важной операцией была кладка кучи (в России её называли «кабан»). Очень образно описана эта операция у Бажова: «Как стали плахи в кучи устанавливать, дело вовсе хитрое пошло. Мало того, что всякое дерево по-своему ставить доводится, а и с одним деревом случаев не считаешь. С мокрого места сосна – один наклон, с сухого – другой. Раньше рублена – так, позже – иначе. Потолще плахи – продухи такие, пожиже – другие, жердовому расколу – особо. Вот и разбирайся. И в засыпке землёй тоже».



Кучи для выжигания  
угля: ВВЕРХУ – ИЗОБРАЖЕНИЕ  
КУЧИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО  
ВЫЖИГА УГЛЯ ИЗ РУКОВОДСТВА  
ПО МЕТАЛЛУРГИИ XIX в.; В  
СЕРЕДИНЕ И ВНИЗУ – КУЧИ,  
ИСПОЛЬЗОВАВШИЕСЯ В  
ФИНЛЯНДИИ (1900 г.)

Куча для выжига угля  
валлонского типа



### ФОРМИРОВАНИЕ КУЧИ

При формировании кучи требовалось укладывать дрова как можно плотнее для устранения циркуляции воздуха внутри кучи. Если это нельзя было обеспечить вследствие неправильной формы брёвен, то промежутки засыпали древесной или угольной мелочью. Крупные сучковатые поленья, которые невозможно было расколоть, ставили в центр кучи, где процесс шёл интенсивнее и дольше. Ближе к центру также клали самые сухие и смолистые поленья, поскольку разжигание кучи производилось от центра.

Поленья ставили по возможности вертикально (при этом качество угля было выше), однако небольшой наклон был необходим для удерживания покрывки кучи. В двух нижних ярусах кучи поленья ставили толстой частью вверх, а выше – толстой частью вниз. При этом поленья ориентировали так, чтобы их сердцевина была обращена к центру кучи. Эти условия были необходимы для уменьшения пустого пространства между поленьями, а последнее – для ускорения процесса. Нежелательно было смешивать плотные и мягкие породы дерева, поскольку скорости их обугливания существенно различаются. Если все же приходилось добавлять твёрдое дереву к мягкому или наоборот, то твёрдое клали ближе к центру. Диаметр кучи составлял от 3 до 15 м, в основном использовались кучи диаметром 6...9 м, высота составляла от трети до половины диаметра. В зависимости от длины поленьев, они складывались в 3–4 яруса. Небольшие кучи было легче обслуживать, однако потери древесины в них были больше.

Существовало несколько способов укладки дров в кучу (они использовались в разных регионах):

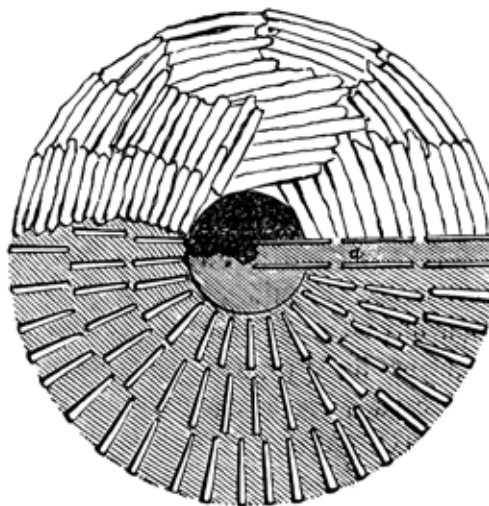
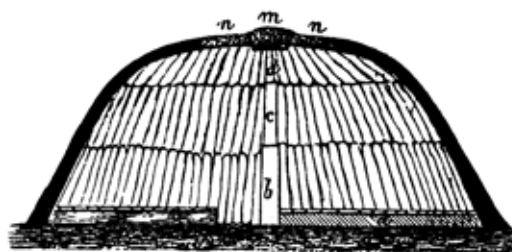
- валлонский (Бельгия) способ – в этом случае в центре ставили три жерди, которые после распорки и перевязки образовывали трубу. Вокруг неё укладывали хорошо просушенные дрова, щепки и головни от предыдущих операций утлеживания, чтобы обеспечить быстрое разжигание. Далее вокруг концентрическими окружностями почти вертикально устанавливались поленья, причём наклон постепенно увеличивался для удерживания покрывки. Для удерживания купола (головы)

*Разжигание кучи производили на рас-  
свете – это давало возможность в  
течение всего дня контролировать  
процесс и вносить коррективы, если  
что-то пойдёт не так.*

кучи верхний ряд поленьев клали плашмя, ориентируя их по радиусу. Если куча была большого размера, то в средний ярус клали самые толстые поленья, поскольку температура там выше; если куча была маленькая, то она состояла из одного яруса;

- итальянский способ – отличался от валлонского тем, что верхний ярус состоял из коротких поленьев, расположенных наклонно. Кроме того, куча при этом способе обычно располагалась на деревянном настиле;

- тирольский (Австрия) способ – в этом случае брёвна настила располагались не радиально, а по касательной, и размещались на лежаках из радиально расположенных брёвен. Разжигание производилось не через трубу, а через специально устроенный канал в настиле (располагался с наветренной стороны). Характерной особенностью этого способа также является ось, составляемая из поленьев разной толщины.



Структура кучи  
(сверху) и настила  
(снизу) для выжига  
угля тирольского типа



Обкладка кучи дёрном. DEAN HERITAGE MUSEUM. ФОТО KAREN L. DAVIES (2009 г.)

- суксунский (Россия) способ схож с тирольским, однако ось в этом случае была не составной, а цельной.

- уральский, или славянский (Россия) способ – в этом случае настил не использовался, а труба сооружалась не из кольев, а из дров, сложенных «клеткой». В подошве кучи располагался горизонтальный зажигательный канал.

После сложения кучи необходимо было выровнять её поверхность, заделав все щели и промежутки между поленьями, для чего использовали щепу, угольную мелочь и прочий древесный мусор. На Урале для этой цели также использовали «хвою» – мелкие ветки, в большом количестве образующиеся при заготовке дров, и хворост, производя, таким образом, очистку леса и снижая риск возникновения лесных пожаров. Затем производили операцию дернения, т.е. обкладывали поверхность кучи обращённым внутрь дёрном, а поверх укладывали второй слой покрывки – утрамбованную землю. В голове кучи толщину покрывки увеличивали.

При тирольском и итальянском способах вместо дёрна и земли для покрывки использовали увлажнённый угольный мусор от предыдущих операций углежжения. Для предотвращения осыпания покрывки использовали подпорки различной конструкции. Если место или сезон были ветреными, то с подветренной стороны ставился забор.

Разжигание кучи производили на рассвете – это давало возможность в течение всего дня контролировать процесс и вносить коррективы, если что-то пойдёт не так. Если использовалась куча с трубой, для разжигания

в неё бросали раскалённые угли, а после того как дрова разгорались, полностью заполняли холодным углем. Аналогичным образом разжигали и кучу с каналом у основания, только в этом случае горящий материал помещали в центр кучи с помощью длинного шеста. Иногда разжигание производили не от центра, а с головы кучи, для чего использовалась короткая труба. Разница состояла в том, что при обугливания от центра образовавшийся там уголь измельчался вышележащей массой и окислялся, однако процесс в этом случае шёл быстрее. При разжигании же с головы утар меньше, зато процесс шёл дольше.

### ОБУГЛИВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ

Обугливание в кучах, ямах и печах представляло собой процесс частичного горения в отличие от перегонки древесины в реторте при полном отсутствии воздуха. Поэтому искусство управления процессом углежжения заключалось в том, чтобы, проделывая отверстия (обычно черенком лопаты) в покрывке кучи, обеспечивать сгорание части дров для повышения температуры, но при этом предотвращать сгорание готового угля путём своевременного заделывания отверстий. Здесь снова уместно процитировать Бажова: «По этим вот ходочкам в полных потёмочках наша живинка-паленушка и поскакивает, а ты угадывай, чтоб она огнёвкой не перекинулась либо пустодымкой не обернулась. Чуть не доглядел – либо перегар, либо недогар будет. А коли все дорожки ловко улажены, уголь выйдет звон-звоном».

Первые сутки после разжигания были самыми опасными и ответственными. В это время выделяющиеся из

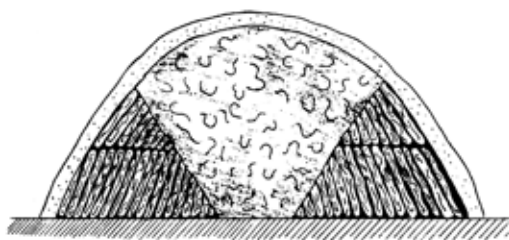
дров монооксид углерода, водород и некоторые органические соединения, скапливаясь под покрывкой и смешиваясь с воздухом, образовывали гремучую смесь, которая часто взрывалась, срывая часть покрывки. При этом уголёг должен был как можно быстрее восстановить повреждённый участок. Для предотвращения взрывов увеличивали приток воздуха в кучу для «дожигания» вышеупомянутых соединений. С началом выделения из поленьев влаги процесс образования гремучей смеси прекращался.

Вторым опасным моментом были пустоты, образующиеся под покрывкой при сгорании и усадке дров, особенно при неплотном их укладывании. Следствием этого мог стать провал головы кучи, поэтому уголёги пытались обнаружить пустоты с помощью спе-

*«По этим вот ходочкам в полных потёмочках наша живинка-паленушка и поскакивает, а ты угадывай, чтоб она огнёвкой не перекинулась либо пустодымкой не обернулась. Чуть не доглядел – либо перегар, либо недогар будет».*



ОПЕРАЦИИ РАЗЖИГАНИЯ, РЕГУЛИРОВАНИЯ ГОРЕНИЯ И РАЗГРЕБАНИЯ УГОЛЬНОЙ КУЧИ. Гравюра из «Энциклопедии» Дидро и Д'Аламбера



циальной колотушки (по звуку) или шупа. Если удавалось обнаружить пустоту, производили операцию «кормления» – покрывку удаляли и заполняли пустоту дровами, углём, мусором, после чего покрывку восстанавливали. Кроме того, куча постепенно оседала, что приводило к образованию трещин в покрывке, которые требовалось периодически заделывать.

Собственно процесс обугливания делился на три периода:

1. Потение, или парение – в этот период (примерно через 1–2 суток после разжигания) начиналось активное испарение влаги из основной части дров, при этом водяной пар и продукты разложения конденсировались в непрогретых частях кучи и могли её потушить. Для предотвращения этого устраивали многочисленные отверстия-отдушины в покрывке, через которые происходило удаление влаги и газов, вплоть до полного открытия подошвы кучи. Выделяющийся при этом газ был плотный, стелящийся по земле вблизи кучи, цветом от жёлто-серого до жёлто-чёрного. Продолжительность этого периода составляла от нескольких дней до недели и более, в зависимости от размера кучи. Его по возможности старались сократить, поскольку в течение всего периода необходимо было обеспечивать приток воздуха в кучу, что приводило к угару. Об окончании потения сигнализировало изменение дыма, который становился прозрачным и лёгким. Уголь в период парения, согласно исследованиям французского химика Ж. Эбельмана, образовывал перевернутый конус, в нижней части кучи находились необугленные дрова.

2. Перегонка – собственно период обугливания сухих дров в течение 2–4 суток. В начале периода углежог укрывал подошву кучи и в течение всего периода следил за целостностью покрывки и равномерности обугливания (ориентируясь по «жару», исходящему от кучи с разных сторон). Если обугливание шло неравномерно, для его регулирования проделывали либо заделывали отверстия в покрывке. Также необходимо было обеспечить свободный выход продуктов разложения древесины).

3. Поджигание – этот период длился 4–8 суток, а при больших размерах кучи и дольше. В этот период необходимо было обуглить дрова, находившиеся вблизи поверхности кучи, особенно в нижней её части у подошвы. Для этой цели в покрывке проделывали несколько десятков

отверстий для локального повышения температуры. При этом отверстия делали по окружности, начиная сверху, постепенно спускались к подошве. На следующий уровень спускались, когда дым из отверстий становился бледно-голубым. Когда в отверстиях появлялось пламя, их заделывали, покрывку усиливали и кучу оставляли примерно на сутки для охлаждения, после чего приступали к разборке (разломке).

Общая продолжительность процесса составляла от 6 суток для куч диаметром 3 м, до 14–17 суток для куч диаметром 7...9 м и до месяца и более для куч диаметром 12...15 м. Сырое дерево или влажная погода увеличивали продолжительность на неделю. Кроме того, по уральскому способу кучу охлаждали в течение 2–3 суток, а по суксунскому – разбирали сразу же после заделки всех отверстий. По внешнему виду кучи после окончания обугливания можно было судить о качестве угля – если куча оседала неравномерно, была сильно деформирована, это говорило о неравномерном ходе процесса и большой доле брака. Помимо мастерства углежога, существенную роль здесь играли погодные условия.

## РАЗБОРКА КУЧИ И СОРТИРОВКА УГЛЯ

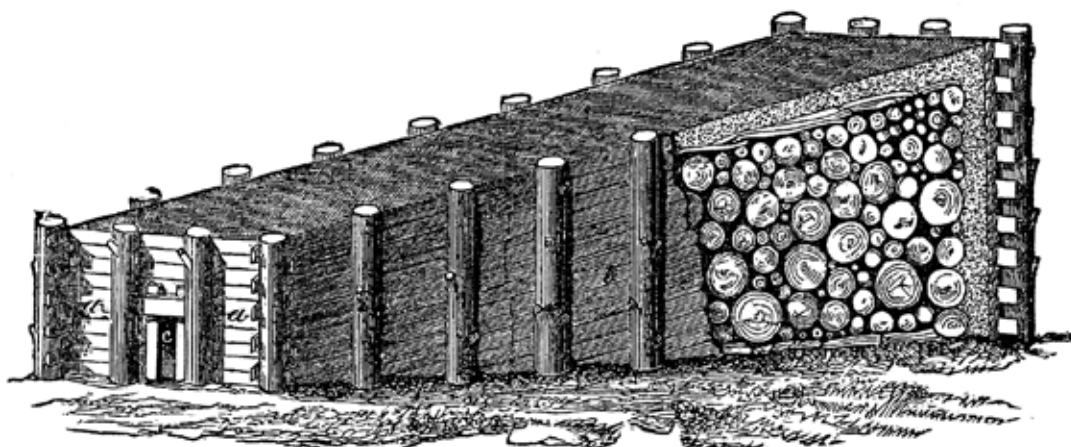
Разбирали кучу сверху, вынимая уголь граблями и одновременно засыпая тлеющий в куче уголь землёй; по другому способу разборка осуществлялась по концентрическим окружностям от подошвы к голове. Вынутый уголь также засыпали землёй или заливали водой и складировали в виде невысокого вала вокруг тока, сортировали, а затем грузили в короба для транспортировки.

Разломка кучи продолжалась 8–10 дней. При сортировке различали следующие сорта угля:

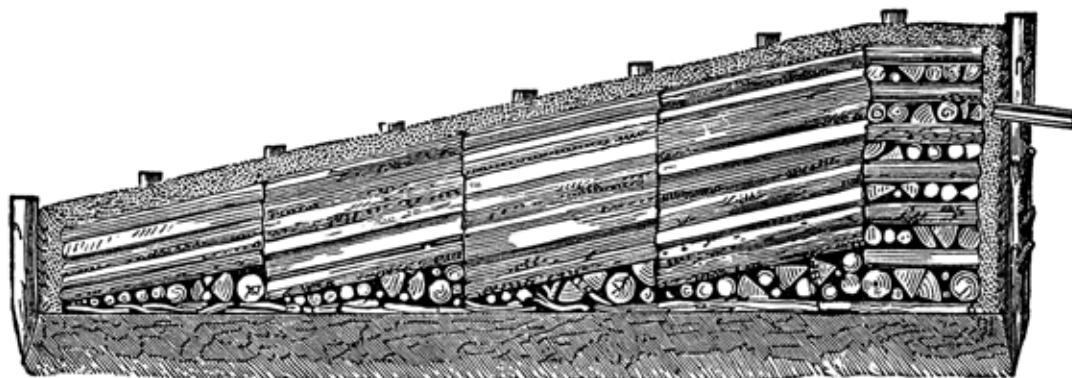
● крупный уголь – самый плотный, иногда представлял собой целое обугленное полено;

УДАЛЕНИЕ ПРОДУКТОВ  
РАЗЛОЖЕНИЯ ДРЕВЕСИ-  
НЫ ЧЕРЕЗ ОТВЕРСТИЯ В  
ПОКРЫШКЕ





Лежащая куча для выжиги угля  
с поперечной (вверху) и про-  
дольной (внизу) укладкой дров



применялся в доменном производстве и других шахтных печах;

- горновой уголь – также плотный, но более мелкий, величиной с кулак, из средней части кучи между трубой и покрывкой; использовался в кузнечных и кричных горнах;

- центральный уголь – мелкий и неплотный из-за частичного выгорания угля от оси кучи;

- угольная мелочь – размером 2...3 см;

- угольный порошок – образовывался при разломке и перевозке, вместе с мелочью использовался для обжига руд, извести и т.п.;

- угольный мусор – смесь порошка с землёй, использовался при последующих выжиганиях, например, для покрывки;

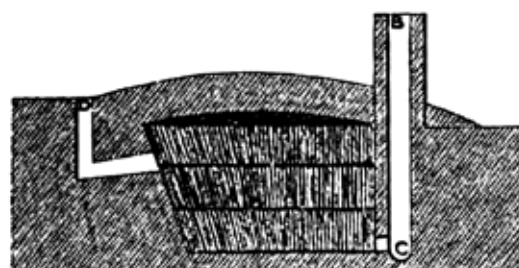
- бурый уголь и головни – недопечённый уголь, применялся для уплотнения или для «кормления» при последующих выжиганиях.

Для больших куч при нормальном ходе процесса отношение первых двух сортов к остальным составляло 11 к 1, а для маленьких – 6 к 1. Хороший «чёрный» древесный уголь должен был обладать глубоко-чёрным цветом, не пачкать руки, быть звонким при ударе и хорошо выдерживать статическую нагрузку. Существовал также «красный» уголь – не полностью обугленное дерево. Этот уголь получался при «оптимальном» обугливание, когда процесс прекращали до его естественного завершения, снижая за счёт этого угар. Однако широкого распространения этот способ не получил.

### ВЫЖИГ В БАЛАГАНАХ И СТАЦИОНАРНЫХ ПЕЧАХ

Помимо выжиги угля в стоячих кучах существовал способ обугливания в лежащих кучах – балаганах. Уголь при таком способе получался высокого качества, в частности отсутствовал центральный уголь, однако требования к древесине были существенно выше – фактически тре-

*Хороший «чёрный» древесный уголь должен был обладать глубоко-чёрным цветом, не пачкать руки, быть звонким при ударе и хорошо выдерживать статическую нагрузку. Существовал также «красный» уголь – не полностью обугленное дерево.*



КИТАЙСКАЯ ПОДЗЕМ-  
НАЯ КАМЕРА ДЛЯ  
УГЛЕЖЕНИЯ

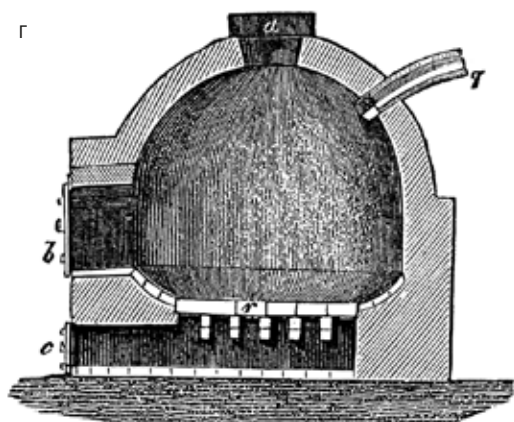


бовался не дровяной, а строевой лес, что ограничивало применение этого способа. Использовался он преимущественно в Швеции и Австрии.

Также для производства древесного угля применялись стационарные каменные печи различных конструкций. В этом случае роль отверстий в покрывке играли отверстия в кладке, которые можно было открывать и закрывать.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНОГО УГЛЯ

Масса полученного в результате выжигания угля составляла 20–26 % от массы дров. Содержание углерода увеличивалось приблизительно от 45 % масс. в древесине до 85 % масс. в древесном угле. Перевозился уголь в коробах объёмом не более 3 м<sup>3</sup> для снижения потерь от разрушения кусков, при отсутствии хороших путей сообщения использовали кули объёмом 0,2 м<sup>3</sup>, перевозимые гужевым транспортом. Перед использованием в доменном производстве уголь должен был пролежать несколько месяцев для поглощения из атмосферы 10–12 % масс. влаги. При этом снижался его расход и исключалась опасность в жаркую погоду перегреть печь. Но надо было учитывать, что при содержании влаги более 20 % масс. уголь рассыпался в ходе доменной плавки. С учётом этих особенностей доменные производства должны были иметь специальные угольные сараи для хранения в оптимальных условиях запаса угля на 8–10 месяцев работы. При соблюдении условий хранения уголь мог быть использован и через два года после производства.



### КИТАЙСКИЙ ВАРИАНТ УГЛЕЖЕНИЯ

В Китае отдавали предпочтение выжигу древесного угля в ямах, при этом применялись два варианта технологии. Если почва была песчаная и хорошо пропускала воздух, обугливание проводили в круглых ямах глубиной примерно 1,5 м и диаметром около 4 м с дымоходом. Процесс обугливания занимал 5–6 дней, а выход угля составлял 30–35 % масс. Если же почва была глинистая, то сооружали перекрытую сверху подземную камеру аналогичных размеров с дымоходом и каналом для подачи воздуха. При этом для контроля хода процесса применялись жерди, проходящие насквозь через камеру, которые периодически вынимали и по их внешнему виду судили о ходе обугливания. ✱

СТАЦИОНАРНЫЕ ПЕЧИ  
для выжигания древес-  
ного угля: А, Б – имитирующие стоячую  
кучу, В – имитирующие лежащую кучу,  
Г – с нижним разжи-  
ганием и улавлива-  
нием продуктов  
перегонки



### «КУЧНОЕ УГЛЕЖЖЕНИЕ» – ОДНА ИЗ АКВАРЕЛЕЙ ИВАНА БОЯРШИНОВА ИЗ «АТЛАСА ЗЛАТОУСТОВСКОЙ ОРУЖЕЙНОЙ ФАБРИКИ»

Соблюдая традицию подарков к знаменательным датам членов правящей династии, руководство Златоустовского горного округа в 1827 г. распорядилось изготовить «Технический кабинет», который был подарен будущему императору Александру II (1818–1881) в день его десятилетия.

«Кабинет» должен был показать весь процесс производства холодного оружия. В комплект входили: историческое, технологическое и статистическое описание Златоустовской оружейной фабрики, деревянное бюро с выдвижными ящиками, в которых находились предметы, последовательно представляющие весь процесс производства оружия – от простой

болванки до готовой шашки, от сырья до миниатюрных моделей машин, станков, доменных и других металлургических печей в масштабе 1:23,3.

«Технический кабинет» также включал образцы природного сырья и металлургических полуфабрикатов: угля, руды, флюсов, шлаков, чугуна, железа, стали и прочего полного набора инструментов, используемых на фабрике, образцов клинков и оружия в разных переделах и пять украшенных офицерских клинков. Всего коллекция включала 504 предмета. К «Техническому кабинету» был приложен «Атлас Златоустовской оружейной фабрики».

Над выполнением работы по созданию «Технического кабинета» и

альбома трудилось большое количество мастеров, в том числе знаменитые златоустовские художники – братья Василий и Иван Бояршиновы.

Уникальный альбом «Атлас Златоустовской оружейной фабрики» включает 60 листов акварелей, чертежей и рисунков, представляющих процесс изготовления холодного оружия, и по сей день широко используется при иллюстрировании исторических изданий, посвященных этой теме. Две превосходные акварели для альбома: «Вид заводской площади» и «Селение иностранных мастеров» выполнены Василием Бояршиновым. Иван с натуры изобразил для данного альбома «Добычу руд» и «Кучное углежжение». ❁

## Глава 6

# От колесницы до подковы

И предал их Господь в руки Иавина, царя Ханаанского, который царствовал в Асоре... И возопили сыны Израилевы к Господу, ибо у него было девятьсот железных колесниц, и он жестоко угнетал сынов Израилевых двадцать лет.

**Книга Судей, глава 4, стих 2**

**У** МАСТЕРОВ МНОГИХ ПРОФЕССИЙ СУЩЕСТВУЮТ изделия, являющиеся их своеобразным фирменным знаком. Труд кузнеца уже давно символизирует железная подкова. Кажется, что она всегда была неотъемлемой частью кузнечного ремесла. Колесница или другой конный экипаж представляются изделиями явно более сложными, чем простая подкова. И, тем не менее, колесница старше подковы как минимум на три тысячи лет! Причина кроется в особенностях древних металлургических технологий.

### ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

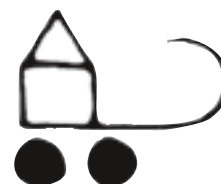
В век мобильного стиля жизни порой трудно себе представить, что путешествия в экзотические уголки нашей планеты могут не состояться по причине отсутствия материалов для средств передвижения. Спутниковая связь есть, системы навигации позволяют лететь в космос и штурмовать глубины океана, а что «на ноги надеть»? Пример колесницы и подковы наглядно демонстрирует, что высокотехнологичное транспортное средство из сотен деталей (колесница) иногда оказывается бесполезным без, казалось бы, тривиальной подковы. Итак, прежде чем планировать штурм очередной вершины (или глубины), убедитесь в том, хорошо ли вы для этого подкованы.



### ЕЩЁ ОДНО ДОСТИЖЕНИЕ НЕОЛИТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Одомашнивание животных стало прямым следствием развития земледелия в эпоху неолитической революции. Производя излишки пищи, земледельцы получили возможность вскармливать детенышей убитых на охоте животных. Сначала были одомашнены козы и овцы, несколько позже – крупный рогатый скот и лошади.

Распространено заблуждение, что подковы, стремена и металлические элементы конской упряжи появились именно тогда, когда в жизнь человека прочно вошли лошади и металл, т.е. примерно в 4-м тысячелетии до н. э. Однако археологических подтверждений этому нет. Известная в то время бронза не годилась ни для подков, ни для стремей. Животные работали нековаными, хотя люди уже хорошо знали о необходимости сохранения рогового башмака от стирания. Защита копыт достигалась тем, что животных в течение длительного времени держали на сухом каменном полу, отчего копытный рог высыхал и становился крепким. Однако эта мера была недостаточна; известно, что в древнее время иногда даже прекращались военные походы, так как копыта лошадей были чрезмерно стерты и болели.



Пиктограмма первоначального шумерского письма – первое известное изображение повозки на колесах (около 3000 г. до н. э.)



САМОЕ РАННЕЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ШУМЕРСКОЙ КОЛЕСНИЦЫ. «ВОЕННАЯ» СТОРОНА «ШТАНДАРТА ИЗ УРА», ОКОЛО 2600 г. до н.э.

### ДРЕВНЕЙШИЙ ВИД ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

Развитие цивилизации Древнего мира потребовало создания транспорта и строительства дорог. Для транспортного сообщения использовались, прежде всего, естественные водные магистрали и многочисленные каналы. Первым техническим достижением цивилизации в области сухопутного транспорта стала колесная повозка, для изготовления которой применялись бронзовые и медные инструменты и детали. Кроме того, колесницы стали древнейшим способом использования лошадей на войне, а также древнейшим видом военной техники вообще.

Как свидетельствуют изображения на Штандарте из Ура, они появились в начале 3-го тысячелетия до н. э. Месопотамская колесница имела двухместную повозку и





ШУМЕРСКАЯ  
(СЛЕВА) И АРИЙ-  
СКАЯ КОЛЕСНИЦЫ  
(РЕКОНСТРУКЦИЯ)

была двухосной. У шумерских колесниц не было спиц, колеса представляли собой составные деревянные диски сложной конструкции. Однако эти древнейшие военные колесные повозки уже включали такой характерный элемент конструкции, как высокий щит, защищавший спереди экипаж из двух человек. К колеснице крепилась коробка с запасом дротиков.

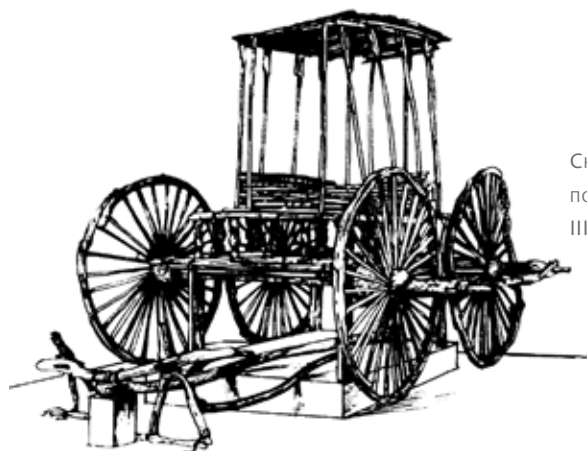
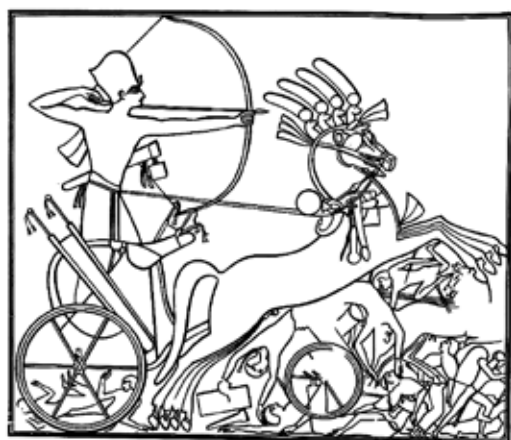
Шумерская колесница имела упряжку из четырех лошадей, но таких маленьких, что некоторые исследователи на основании барельефов предположили, что это скорее куланы или даже ослы. Однако дикие предки лошади были размером с крупного осла, т.е. имели рост около 120 см в холке. Основным оружием колесницы уже тогда служили копыта лошадей. Двухсоткилограммовые шумерские кони могли давить врагов, и барельефы отражают это. Упущение, в силу которого колесничные лошади могли быть приняты за ослы, вскоре было исправлено. В начале 2-го тысячелетия до н. э. колесницы стали использоваться в Египте, и на египетских рисунках уже видны рослые лошади. За четыре-пять веков рост колесничных лошадей был доведен до 160 см.

### КОЛЁСА СО СПИЦАМИ

Честь изобретения классических колесниц с колесами на спицах принадлежит индоевропейским племенам, кочевавшим на юге России. Древнейшая известная ученым колесница классического типа обнаружена в районе Кривого Озера (Челябинская обл.) и датируется 2000 г. до н. э. Арийские племена хоронили своих воинов вместе с лошадьми прямо в колесницах. Фундаментальное изобретение ариев – боевая двухколесная колесница – стала причиной массовых миграций арийских народов в XVIII–XVI вв. до н. э. В то время они заняли значительную часть Ближнего и Среднего Востока и даже достигли Китая.

Постепенно умение делать колеса со спицами распространилось практически по всему миру. Долгое время колесница оставалась самым быстрым средством передвижения. В то же время ее проходимость (особенно при движении галопом, когда попавший под колесо камень мог выбросить экипаж или вообще развалить коляску) была неудовлетворительной, и всадник в движении имел лучшие возможности для ведения боя. Тем не менее, именно колесницы, действующие наездом, составляли

ЕГИПЕТСКАЯ КОЛЕСНИЦА  
(2-е тысячелетие  
до н. э.)



СКИФСКАЯ КОЛЕСНАЯ  
ПОВОЗКА.  
III в. до н. э.

Бронзовый макет  
колесницы из захо-  
ронения Первого  
Императора Китая,  
III век до н.э.



главную силу армий до середины 1-го тысячелетия до н. э. Самой крупной колесничной битвой в истории считается Битва при Кадеше (1299 г. до н. э.), в которой со стороны египтян и хеттов участвовало 5 тыс. колесниц.

Пока колесницы сохраняли главенствующее положение на поле боя, их постоянно стремились совершенствовать. В XIV в. до н. э. хетты ввели в экипаж третьего человека, – щитоносца, поэтому при стрельбе с остановок лучник и возница оказывались защищенными. В первой половине 1-го тысячелетия до н. э. ассирийцы на ступицах колес трехместных колесниц стали устанавливать ножи – так появились «серпоносные» колесницы. Серпы оказывали на противника сильное моральное воздействие и увеличивали протяженность фронта, на котором пехота поражалась наездом. Наконец, в V в. до н. э. в Персии колесницы достигли предела своего развития: в дополнение к установке серпов персы стали защищать лошадей броней.

Колесницы эпохи Древнего мира представляли собой дорогостоящие и высокотехнологичные изделия. В Ассирии имелся царский завод по производству колесниц,

причем стратегические материалы (металлы и дерево разных пород) свозились со всего известного ассирийцам мира. Только ценой подобных затрат удавалось сочетать прочность конструкции с ее легкостью.

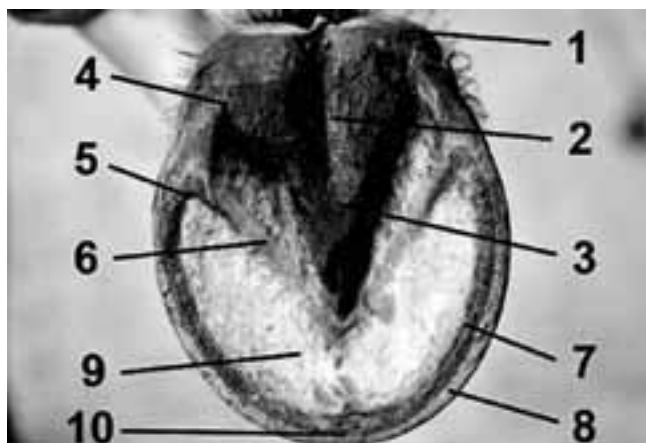
Двухколесные колесницы в эпоху Древнего мира получили широкое распространение. Они служили не только для военных целей, но и для передачи сообщений, быстрого транспортирования, соревнований и охоты. В них запрягали исключительно лошадей. Важнейшим элементом конструкции, естественно, были колеса. Со второй половины 2-го тысячелетия до н. э. известны колесные ободья из меди и бронзы. Цельнолитые бронзовые колеса с четырьмя или восемью спицами появились в начале 1-го тысячелетия до н. э. Тогда же начали использовать железные ободья.

Колесницы хеттов  
(2-е тысячелетие до  
н. э.) в битве при  
Кадеше

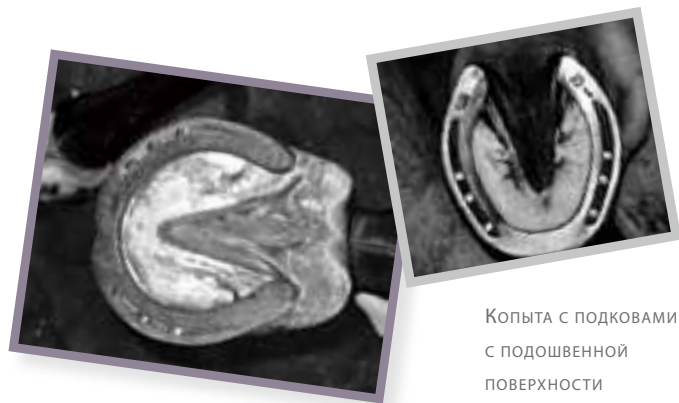


Боевая колесница  
Урарту, VIII-VI  
вв. до н. э.

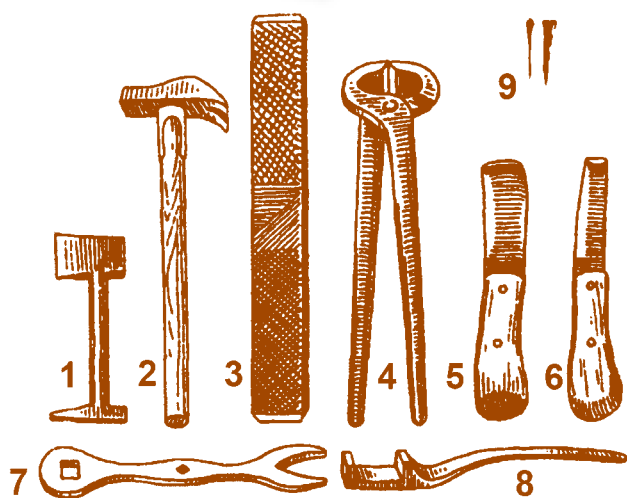




Анатомические составляющие копыта: 1 – мякиш; 2 – стрелка; 3 – заворотная часть стенки; 4 – роговая подошва; 5 – подошвенные края роговой стенки; 6 – белая линия; 7 – зацепная часть; 8 – боковые части; 9 – подошвенный рог; 10 – зацеп



Копыта с подковами с подошвенной поверхностью



Ковочный инструмент: 1 – обсекка; 2 – ковочный молоток; 3 – копытный рашпиль; 4 – ковочные клещи; 5 – секач; 6 – копытный нож; 7 – шиповой ключ; 8 – лапа

*Старая испанская пословица гласит: «Из-за гвоздя теряется подкова, из-за подковы – лошадь, а из-за лошади гибнет всадник». Повсеместнаяковка лошадей начала применяться в Европе только с XIII в.*



По представлениям древних греков, колесницы богов должны были быть богато украшены металлами. Вот как описывает колесницу главной богини Геры в «Илиаде» великий Гомер:

*Тотчас сама устремилась коней запрягать  
златосбруйных  
Дочь великого Крона, богиня старейшая Гера.  
Геба ж с боков колесницы набросила гнутые круги  
Медных колес восьмиспичных, ходящих  
по оси железной.  
Ободы их – золотые, нетленные, сверху которых  
Плотные медные шины наложены, диво для взора!*

### УЗДА, СТРЕМЕНА И ПОДКОВЫ

Новая эра в использовании возможностей лошадей наступила после внедрения передовых для своего времени литейных технологий. В начале 1-го тысячелетия до н. э. металлургия освоили приемы литья в разъемные металлические формы с литейным стержнем и для изготовления элементов конской сбруи и наконечников стрел стали применять литье в кокиль. Например, для производства строгих удили с трензелями из нескольких соединенных звеньев использовали технологию литья, при которой на каждое звено формировался отдельный литник для впуска металла, и применялась складная форма, по крайней мере, из четырех частей. Непрерывное совершенствование конской сбруи и стрелкового вооружения дало возможность применять новую военную тактику, основанную на эффективном использовании всадниками лука. Следующим шагом в повышении роли всадников стало изобретение стремян, которое дало возможность применять саблю и наносить урон врагу не только стрельбой из лука, но и непосредственно в ближнем бою. Однако только освоениековки подков надолго (практически на всю эпоху средневековья) превратило всадника в главную боевую единицу.

Следует отметить, что и до появления железных подков многие народности предохраняли копыта ло-

шадей различными способами. Японцы обматывали копыта лошадей циновками из соломы или материей, татары – кожаными ремнями, киргизы укрепляли копыта роговыми накладками. Наиболее древняя железная «обувь» для лошадей была обнаружена в Зальцбурге при археологических раскопках римской крепости I в. Это были еще не подковы, а специальные железные накладки или башмаки, называемые «солеа», которые прикреплялись к ногам лошадей ремнями. В них «обували» лошадей римской и греческой конницы. Хотя эта «обувь» и предохраняла копыта животных, но на практике была неудобной и широкого распространения не получила.

Изготовление первой настоящей подковы, крепившейся к копыту гвоздями, относится приблизительно к V в. Она не была случайным изобретением одного человека и даже одной страны. Имени кузнеца, впервые прикрепившего подкову гвоздями к копыту лошади, никто не знает, но ученые предполагают, что первыми ковку лошадей освоили кельты. В VI в. лошадей подковывали германцы, славяне, вандалы.

В средневековье подковка лошадей требовала большого искусства. Обычным делом для молодого кузнеца было изготовление подковы без снятия мерки. Перед кузницей проезжали три раза на лошади, которую требовалось подковать, и кузнец по следу лошади ковал подкову, а затем «на руках» подковывал лошадь. Старая испанская пословица гласит: «Из-за гвоздя теряется подкова, из-за подковы – лошадь, а из-за лошади гибнет всадник». Повсеместная подковка лошадей начала применяться в Европе только с XIII в.

Существуют незначительные различия в работе ковалей разных стран. Только в Европе насчитывается не-



Подпружная бронзовая пряжка в виде оленя. КАЗАХСТАН. VII-VI век до н.э.

сколько стилей подковывания. Например, в одних странах ковали откусывают кончики подковых гвоздей, в других – загибают. Настоящие мастера подковывают лошадей на горячую подкову. Работать с ней должен очень профессиональный человек, поскольку малейшая ошибка может привести к пожизненной травме лошади. Однако в такой ковке есть и несомненное преимущество: горячая подкова вплотную прилегает к копыту, благодаря чему под нее не попадают камешки и мусор, разрушающие копытный рог и приводящие к травмам.

Легенды и всевозможные поверья о подкове, приносящей счастье, имеют под собой глубокие исторические и психологические корни. В средние века любая вещь из железа считалась ценностью. А в крестьянском хозяйстве железо было еще большей редкостью, и поэтому найти подкову, из которой можно было изготовить что-либо для дома – нож или

просто гвоздь, действительно было счастьем. Поверья гласят, что злой дух не проникнет в дом, если на его двери висит подкова, причем подвешенная определенным образом – «клещами» вверх, т.е. раскрытой частью к небу. Это объясняется тем, что добрые силы, спустившись с неба, войдут в подкову и останутся в доме. Если же «клещи» смотрят вниз, то добрые силы уйдут в землю.

В Англии существует легенда о кузнеце Данстене, который заставил дьявола оставить в покое дома, на дверях которых были прибиты подковы. А сделал он это так. Когда однажды к нему в кузницу пришел дьявол и попросил подковать ему хрому ногу, кузнец привязал черта к наковальне и стал бить его молотом до тех пор, пока тот не взмолился о пощаде. Только тогда кузнец отпустил черта, но с условием, чтобы он никогда не переступал порог дома, на дверях которого прибита подкова. \*



Подковка (слева направо): А – заключительная операция изготовления; Б – готовые подковы; В – нагрев подковы перед ковкой; Г – ковка лошади

## Глава 7

# Труба – вечный символ империи

Кто осмелится сравнивать с праздными пирамидами или какими-нибудь никчемными, хотя и знаменитыми, творениями греков наши водопроводы – эти великие сооружения, без которых неммыслима жизнь человека?!

**Секст Юлий Фронтин, О водопроводах города Рима (de aquaeductibus urbis Romae).**

Водопроводы всегда доказывали присутствие образованности. **А.С. Пушкин**

**КАК ИЗВЕСТНО, ДОРОГИ (А БОЛЕЕ ШИРОКО – транспортные системы)** представляют собой вторую по важности проблему Отечества, которая мешает России занять ведущее место в числе передовых индустриальных стран. Проблема создания транспортных систем имеет долгую историю, и многим народам мира удавалось её решать весьма эффективно: выдающимися достижениями считаются каменные дороги Чако, дороги и мосты инков, китайские каналы и, конечно же, дороги, мосты и водопроводы Римской империи. Римляне оставили после себя множество уникальных сооружений. На символ Римской империи могут претендовать: Колизей, Пантеон, дорожная сеть, знаменитый меч гладиус. Сами же жители империи, почти наверняка, отдали бы предпочтение баням и связанной с ними системе водоснабжения, важнейшее место в которой занимали металлические трубы.

### ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

Современное трубное производство ассоциируется с инновационными высокотехнологичными материалами: специальными сталями, пластмассами, уникальной керамикой. Трубы находят все большее применение в топливно-энергетическом и агропромышленном комплексе, машиностроении, жилищно-коммунальном хозяйстве. В настоящее время производственными мощностями по выпуску стальных труб располагают 60 стран, их производство сосредоточено в 500 трубных компаниях. Годовой потенциал выпуска стальных труб превышает 110 млн т, в том числе около 35 млн т – бесшовных труб. Стальные нефте- и газопроводы, протянувшиеся на тысячи километров, являются важнейшим приоритетом государственной политики и определяют энергетическую безопасность передовых стран мира. История трубного производства, насчитывающая почти четыре тысячи лет, показывает, что эта отрасль индустрии всегда представляла собой симби-

оз высокой культуры быта (водопроводы и канализация), экономической безопасности (солеварение), уникальных инженерных решений и металлургических технологий.


### ТРАНСПОРТНЫЕ АРТЕРИИ РИМСКОЙ ИМПЕРИИ

Римлян, с полным на то основанием, можно считать настоящими революционерами в области транспортных систем и коммуникаций. Античная поговорка «Все дороги ведут в Рим» наиболее ярко отражает этот факт. Строительство передовых для своего времени путей сообщения и транспортных артерий представляет собой характерную черту римского государства на всём протяжении его существования. Ещё в 450 г. до н. э., когда Римская республика представляла собой лишь небольшое государство на территории Апеннинского полуострова, «Законом 12 таблиц» был установлен стандарт на ширину дорожной колеи, который затем неукоснительно соблюдался.

Первая римская мощёная дорога (350 км) была построена Клавдием Аппием между Римом и Капуей в 312 г. до н. э., в конце III в. общая длина сети подобных дорог составляла более 80 тыс. км. Вдоль важных дорог ставили мильные камни – каменные столбы высотой от полутора до четырех метров, на которых выбивали название дороги и расстояние до ближайшего населённого пункта.

Главным достоинством римской дороги была её многослойная конструкция. В нижний слой, фундамент (statumen), укладывали большие необработанные камни. Выше насыпали щебень или гравий, а ещё выше – слой песка или земли. Вблизи городов дороги мостили плоским булыжником. На некоторых мощёных дорогах в булыжном покрытии выбивали колею для колесниц. Конструкция дорог была столь удачной, что они прослужили не меньше тысячи лет, а некоторые служат и до сих пор.

Дорожная сеть включала многочисленные каменные мосты, имевшие сплошные своды и мощные опоры, ши-



*«Если кто оценит потщательнее обилие вод в общественных местах, банях, водоёмах, каналах, домах, садах, загородных виллах, расстояния подачи воды, воздвигнутые арки, прорытые горы, выровненные долины, то признает, что во всем мире не было ничего более поразительного».*  
Плиний Старший (23/24–79 гг. н. э.)



а – Аппиева дорога на карте Италии; б – одна из колонн, обозначавших окончание дороги в порту Бриндизи; в – современный вид одного из участков дороги

*Римлян, с полным на то основанием, можно считать настоящими революционерами в области транспортных систем и коммуникаций. Античная поговорка «Все дороги ведут в Рим» наиболее ярко отражает этот факт.*

рина которых достигала половины пролёта. Впоследствии опыт строительства подобных сооружений позволил римским инженерам создать разветвлённую сеть водопроводов. Она предоставляла жителям Империи привычные бытовые удобства практически в любой точке Pax Romana (Римского мира): от военного форта у Вала Адриана в далёкой Британии (на границе «цивилизованного мира») до не менее далёких провинций Иудеи и Сирии на другом конце Империи.

Общая протяжённость римских водопроводов превышала 500 км, 55 из которых проходили по аркам акведуков (30 акведуков сохранилось до нашего времени). С Секстом Юлием Фронтином, мнение которого о римском водопроводе приведено выше в качестве эпиграфа, были солидарны многие римские историки, например, Плиний Старший (23/24–79 гг. н. э.) писал: «Если кто оценит тщательнее обилие вод в общественных местах, банях, водоёмах, каналах, домах, садах, загородных виллах, расстояния подачи воды, воздвигнутые арки, прорытые горы, выровненные долины, то признает, что во всем мире не было ничего более поразительного».



Устройство и ход сооружения римской дороги



Аппиева дорога связывала Рим с южными провинциями и портами и имела важнейшее хозяйственное и военно-стратегическое значение.

Она вымощена многоугольными базальтовыми плитами, строительство её началось в 312 г. до н.э. При строительстве использовались многочисленные геодезические инструменты – предшественники современных: диоптр (прообраз теодолита), хоробат (длинный ватерпас), грома – для определения линии дороги и разметки углов.

Почти сразу вдоль дороги стали размещать престижные фамильные захоронения – гробницы, мавзолеи и колумбарии, а также загородные виллы.



### ДРЕВНЕЙШИЕ ТРУБОПРОВОДЫ

Великие цивилизации Древнего мира формировались в долинах полноводных рек. Так было в Египте, Месопотамии, Индии, Китае. Быстрое развитие этих регионов мира, несмотря на наличие значительных водных ресурсов, рано или поздно приводило к дефициту питьевой воды. Поэтому уже в 4-м тысячелетии до н. э. в вышеупомянутых регионах начали строить трубопроводы для обслуживания наиболее густонаселённых территорий.

Первоначально использовались деревянные трубы, например, в Древнем Китае в качестве трубопроводов служили обработанные стволы бамбука, затем, с освоением керамики – гончарные трубы из обожжённой формованной глины. По мере развития металлургии возрастала роль металлических труб, имеющих перед деревянными и гончарными изделиями ряд технико-эксплуатационных преимуществ, прежде всего продолжительность срока эксплуатации и меньшие габариты.

Наиболее ранние из известных в настоящее время трубопроводов, в которых применялись металлические трубы, обнаружены в Египте. При раскопках



Висячие сады Семирамиды

*Первоначально использовались деревянные трубы, например, в Древнем Китае в качестве трубопроводов служили обработанные стволы бамбука, затем, с освоением керамики – гончарные трубы из обожжённой формованной глины.*





Труба из г. Остия Антика в устье Тибра – главной гавани Рима;

дворцовой части пирамиды фараона Сухаре в Абу-сире были найдены фрагменты медных труб, применявшихся для сбора дождевой воды и отвода канализационных стоков. Трубы имели диаметр около 45 мм при толщине стенок 1,4 мм. Они были изготовлены из листового металла и соединялись друг с другом внахлест. Канализационные медные трубы были уложены между известняковыми плитами внутри постройки. Во дворе они сообщались с закрытыми канавами, выдолбленными в толще дворового замощения, по которым загрязнённая вода отводилась за пределы сооружения. Приблизительное время создания трубопровода – 2500 г. до н. э.

Наиболее широкое применение в древних водопроводах нашёл свинец. Этот металл обладает массой достоинств: он очень пластичен, прокатывается до тончайшего листа, легко подвергается механической обработке, обладает прекрасными литейными свойствами. Из недостатков можно отметить лишь невозможность изготовления из него проволоки. 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.

### ТРУБНАЯ ИНДУСТРИЯ ДРЕВНЕЙ ГРЕЦИИ И РИМСКОЙ ИМПЕРИИ

Большое распространение водопроводы получили в Древней Греции. Характерной особенностью античной цивилизации является обилие городов. Для обеспечения их жителей водой греческие инженеры проявляли большую творческую изобретательность. Античные авторы

Труба для подачи воды в Большой бассейн Римских терм, Великобритания (фото ANDREW DUNN, 2005 г.);



Труба Римских терм, Великобритания (2007 г.)



ТРУБА, ИЗГОТОВЛЕННАЯ В ПРАВЛЕНИЕ ТИБЕРИЯ КЛАВДИЯ (ФОТО JOE GERANIO, 2008 г.);  
ТРУБА, ИЗГОТОВЛЕННАЯ В ПРАВЛЕНИЕ МАРКА АВРЕЛИЯ



*Первым известным сочинением по гидравлике, в котором содержались расчеты водопроводных и канализационных систем, считается трактат Архимеда «О плавающих телах», написанный около 250 г. до н. э.*



ФРАГМЕНТЫ РИМСКИХ ТРУБ  
РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ

упоминают водопроводы и канализационные сооружения, построенные в греческих городах: Афинах, Микенах, Фивах, Пергаме, Херсонесе.

В качестве источников воды использовались реки, ключи, искусственные резервуары для сбора дождевых вод. Вода подводилась к городам по подземным каналам и трубам. Трубы из глины, свинца, бронзы и меди укладывались в грунте. Стыки труб тщательно заделывались известковым раствором или заливались свинцом. При переходах через реки и овраги устраивались сифоны и дюкеры. Применялась запорная арматура, металлические краны. Канализация представляла собой систему подземных каналов и гончарных труб, отводивших стоки на поля орошения. В период наивысшего расцвета Афины с населением около 200 тыс. человек обслуживались 18 водопроводами. Первым известным сочинением по гидравлике, в котором содержались расчеты водопроводных и канализационных систем, считается трактат Архимеда «О плавающих телах», написанный около 250 г. до н. э.

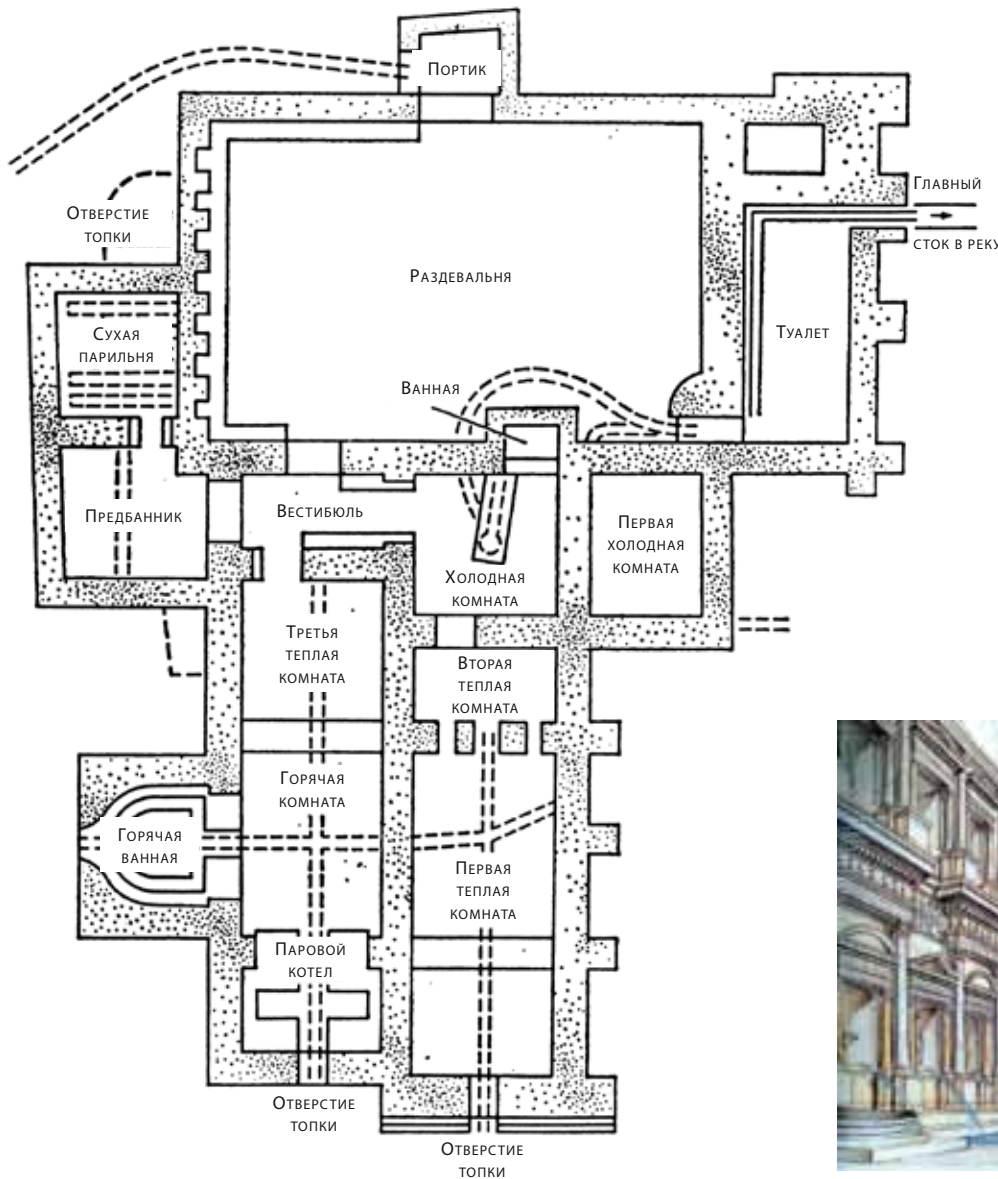
Наибольшее развитие в эпоху Древнего мира трубное производство получило в Римской империи. В Риме, по свидетельству современников, существовала настоящая индустрия трубного производства с соответствующими товарными знаками, клеймами мастеров и штампами заказчиков. На основании подсчетов Фронтин можно считать, что ежедневное потребление воды на душу населения составляло в среднем от 600 до 900 л. Для сравнения, в 1900 г. потребление воды в Петербурге составляло 200 л, а в современных индустриальных мегаполисах потребление питьевой воды 300...400 л на человека в день.



СХЕМА ЧЕСТЕРСКИХ ТЕРМ РИМСКОЙ ЭПОХИ,  
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ



ХУДОЖЕСТВЕННАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО БЛОКА (218×112 м) ТЕРМ КАРАКАЛЛЫ



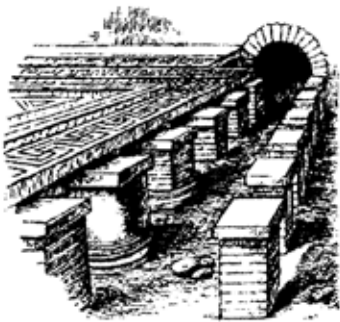
Помимо бытового потребления, вода расходовалась на ирригацию многочисленных садов, производственные нужды, снабжение фонтанов и цирков. Кроме того, в каждом римском городе, военном форте (оппидуме), сельском поселении (викусе) существовали общественные бани (термы) и туалеты (латрины).

### РИМСКИЕ ТЕРМЫ

Низкие цены, устанавливаемые законодательно, делали термы доступными всем слоям населения. Если городская баня была платной, то город обычно сдавал её в аренду, и на арендатора (conductor) налагался договор ряд обязательств, выполнение которых проверялось

эдилами. Несмотря на ничтожность входной платы, бани, тем не менее, приносили доход за счёт дополнительных услуг: аренды рабов для охраны вещей, массажа, косметических процедур, а также организации питания посетителей.

Термы представляли собой комплекс комнат с различной температурой. Первая – раздевалка (аподитериум). Вторая комната – холодная (фригидариум). Здесь почти весь пол занимал бассейн с холодной водой. Стены отделялись мрамором и мозаикой. От них 3–4 ступеньки вели к полу и бассейну, а вдоль стен были расположены ниши со скамьями и стульями. Вода всегда была свежей и чистой: почти во всех обще-



Гипокаустум под тепидарием Стабиевых терм в Помпеях



*Низкие цены, устанавливаемые законодательно, делали термы доступными всем слоям населения. Если городская баня была платной, то город обычно сдавал её в аренду, и на арендатора (conductor) налагался договором ряд обязательств, выполнение которых проверялось эдилами.*

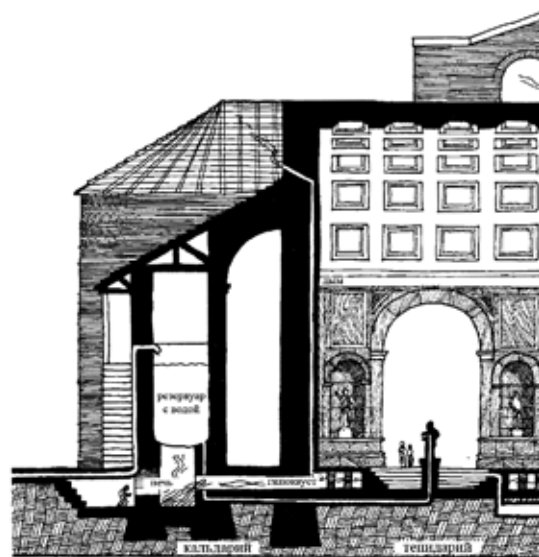
ственных банях имелась помпа для смены воды, производимой дважды в день. Третья комната – тёплая (тепидариум). Здесь проходил подготовительный этап разогрева, здесь же тело посетителя натирали ароматическими маслами, готовя к жаркой бане. Четвертое помещение – горячее (калидариум), в нём располагался продолговатый бассейн с горячей водой. Пятая комната – парная, «сердце» термы (судаториум, или лаконикум), где температура поднималась до 85 °C и где человек обильно потел, а в нишах стояли ванны, в которых можно было окатиться холодной водой. И, наконец, последнее помещение – лавариум, где обливались водой, принимали ванны, натирались ароматическими маслами и т.д.

В банях были также «натуральни», «чистильни», залы для научных бесед (экседры), залы для игры в мяч, места для прогулки, лавки и даже гостиницы, библио-



теки и художественные галереи. Первоначально судаториум обогревался с помощью печи-жаровни: на бронзовой решётке над раскалёнными углями разогревались крупные камни. Поливая их водой, получали влажный пар. Позже, с I в. до н. э., была разработана эффективная система центрального отопления с подогревом пола и стен – гипocaust (hypocaustum). В термах с помощью печи (praefurnium) нагревались вода и воздух, которые затем циркулировали под полом и в полостях стен. При этом использовались двойные покрытия, чтобы пол не был очень горячим.

Верхнее покрытие состояло из больших кирпичей, слоя битой глины и основного покрытия. Оно держалось на небольших кирпичных опорах, размещенных в шахматном порядке. В стены были встроены прямоугольные полые кирпичи, которые крепились металлическими скобами. Если хотели получить очень большой нагрев, то горячий воздух направляли ещё и в стены, которые делали из полого кирпича. Вода разной температуры подавалась в термы по трубам из трёх больших медных котлов, помещенных над печью один над другим так, что в нижнем была горячая вода, в среднем – умеренно тёплая, а в верхнем котле – холодная. Вода пропусклась по медным трубам по периметру банных помещений и подводилась к водоразборным кранам и фонтанам.



ВАРИАНТ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ  
И ОТОПЛЕНИЯ РИМСКИХ ТЕРМ

ПАНОРАМА ТЕРМ КАРАКАЛЛЫ, СОВРЕМЕННЫЙ ВИД







Лоуренс Альма-Тадема. Термы Каракаллы (1899 г.)



Большой бассейн Римских Терм, г. Бат (Ватн), Великобритания



Устройство римских терм, гравюра XVI в.



Лоуренс Альма-Тадема. Любимое занятие (1909 г.)



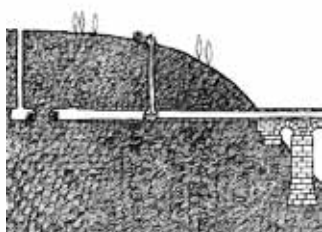
Пересечение акведуков Клавдиев – Новый Анио и Марциев – Тёплый – Юлиев над дорогой Виа Ла-тина недалеко от Рима, художественная реконструкция

Акведук Pont du Gard («мост через реку Гар»), подававший воду в древний Немаус в Южной Галлии (ныне Ним, Южная Франция)

## ВОДОПРОВОДЫ И ВОДОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Водопроводы строились следующим образом. На довольно высоком месте находили обильный источник воды и устраивали искусственный водоём. Он должен был находиться выше уровня города, который он обслуживал, а сам водопровод должен был иметь постоянный уклон вниз, чтобы вода свободно стекала под действием силы тяжести (самотёком). Водопровод включал как надземные, так и подземные участки. Подземные трубы выполнялись из дерева, глины или свинца. В местах пересечения водопровода с твёрдыми скальными породами вырубались водоотводные каналы; в мягких грунтах эти каналы выкладывались камнем и над ними сооружались





Прокладка римского водопровода

своды. На определённом расстоянии друг от друга делались отверстия для вентиляции, чтобы вода оставалась чистой и свежей.

Надземные каменные водопроводы имели гидроизоляцию из водонепроницаемой замазки (она состояла из извести и измельченной терракоты) и отверстия сверху для доступа

воздуха. Там, где это было возможно, жёлоб водопровода лежал в земле, но мог и подниматься на фундамент из каменной кладки. Арки акведуков образовывали один или несколько ярусов, что позволяло сооружать водопроводы через реки в виде мостов и прокладывать по ним дороги. На крутых склонах устраивались вертикальные участки, похожие на небольшие водопады.

При подходе водопровода к городу сооружались водонапорные башни с распределительными системами для воды (*castellum*), откуда вода поступала в водопроводную сеть из



Акведук в г. Сеговия, Испания

*Водоснабжение Рима затруднялось из-за сильно пересечённой местности, так как город расположен на семи холмах, окруженных равнинами Кампании. Водоснабжение осуществлялось с помощью водоводов, которые в пределах города располагались на акведуках (от лат. *aqua* – вода и *ducere* – вести) – специальных сооружениях в виде мостов.*

Часть акведука Клавдиев – Новый Анио

свинцовых или глиняных труб к местам общественного и частного потребления или в следующие водораспределительные башни и в водохранилища (*lacus*). Также водопровод включал закрытые водоотстойные резервуары (*piscina*).

Основное количество воды распределялось между тремя категориями: императорскими парками и дворцами, общественными учреждениями (термы, сады, амфитеатры, склады, рынки) и большими фонтанами. Фонтанов в Риме было множество: Проперций писал, что «по всему городу раздаётся тихий плеск воды». Они устраивались на перекрёстках улиц и служили для обеспечения водой жителей домов, не имевших водоснабжения, в основном, многоквартирных, т.е. выполняли функцию уличных водопроводных колонок в современных деревнях и небольших городках.

Для оптимального распределения воды между группами потребителей была организована оригинальная система, описываемая Марком Витрувием Поллио, автором известного римского трактата об архитектуре и строительном деле, так: «При входе воды в город делают водоподъёмную башню и соединённый с этою башней тройной бассейн, а из башни проводят три одинакового размера трубы внутрь баков, соединённых так, чтобы излишек воды из крайних выливался в средний бак. Из среднего ведут трубы во все вместилища и водомёты (фонтаны), из второго – в бани, для доставления городу ежегодного дохода, из третьего – в частные дома, чтобы

у населения не было недостатка в воде; таким образом, частные лица не смогут отводить воды, которая с самого начала распределяется по особым категориям. Такое распределение мною и установлено для того, чтобы обыватели, проводящие в свои дома собственные водопроводы, обеспечивали их податями через откупщиков».

Строительство водопроводов в Древнем Риме осуществлялось на общественные средства, но, прежде всего, на средства, полученные в результате победоносных войн. Так, водопровод *Aqua Anio* был построен на средства, полученные в результате разгрома Пирра, а *Aqua Marcia* – на средства, полученные после взятия Коринфа. Затраты на эксплуатацию водопроводов покрывались за счёт специальных налогов на бани и каналы.

### АКВЕДУКИ

Водоснабжение Рима затруднялось из-за сильно пересечённой местности, так как город расположен на семи холмах, окруженных равнинами Кампании. Водоснабжение осуществлялось с помощью водоводов, которые в пределах города располагались на акведуках (от лат. *aqua* – вода и *ducere* – вести) – специальных сооружений в виде мостов. Водовод проходил по верху акведука и представлял собой канал в виде жёлоба, выполненный из камня, кирпича или бетона.

Стоит отметить, что римляне не были здесь первопроходцами. В VII в. до н. э. около Ниневии – древней столицы Ассирии – был выстроен большой водовод



Судоходный акведук Понткирилл, канал Лланголлен, Уэльс, Великобритания (фото ADRIAN PINGSTONE)

длиной 40 км. Для переброски его через долину реки ассирийцы построили каменный акведук с пятью сводчатыми арками, каждая пролётом 2,74 м. На протяжении 900 м он представлял собой открытый канал шириной около 2,3 м, проложенный в искусственном каменном ложе. Возможно, это был один из первых акведуков, построенных людьми. Сооружали акведуки и в Древней Греции. Самым выдающимся акведуком Геродот считал акведук на острове Самос. Этот акведук историк включил в список чудес света. В Новом Свете акведуки появились существенно позже: обнаруженные в конце 2009 г. в мексиканском городе Паленке акведук и водопровод майя были построены около 750 г. В 2010 г. в Перу был обнаружен водопровод инков.

Для прокладки водопровода через ущелья или крутые низины римляне применяли два различных способа: либо строили мост-акведук с небольшим уклоном в сторону стока, либо использовали принцип сифона, согласно которому вода в трубе должна всегда возвращаться к своему первоначальному уровню. Мосты иногда представляли собой настоящие архитектурные шедевры. Например, через долину реки Гар к городу Ниму (Франция) проведён водопровод длиной почти 50 км, в состав которого входит перекинутый через реку трёхъярусный акведук максимальной высотой 50 м и длиной 269 м. Он сооружён из громадных каменных блоков массой до 6 т, которые укладывались друг на друга без раствора, «насухо». Внутренняя часть опор сделана из римского бетона. Поражает точность сооружения: уклон его составляет лишь 34 см на километр и общее падение высоты на протяжении 50 км составило всего 17 м. Через Пон-дю-Гар проходило 20 тыс. м<sup>3</sup> воды в день. Самый длинный римский акведук был построен во II в. для обеспечения водой Карфагена (современный Тунис), его длина составляла 141 км.

### СИФОНЫ И ДЮКЕРЫ

Если сооружение моста было невозможно или нецелесообразно, например, если ущелье было слишком глубоким, сооружали сифон. В этом случае применяли систему труб, которые круто спускались по одному склону ущелья и поднимались по другому. Известно более двадцати сифонных сооружений, относящихся ко времени Римской империи. 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, введённая на одном конце, поднимется до того же уровня на другом. Римские сифоны имели значительную длину, поэтому потери на трение становились за-

Римский акведук Пон-дю-Гар близ города Ним, Франция. Входит в список объектов мирового наследия, охраняемых UNESCO



Водопровод внутри акведука Пон-дю-Гар

Римский акведук около Касселя, Германия





СХЕМА ДРЕВНЕРИМСКОГО СИФОНА  
(МАСШТАБ ПО ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСИ УВЕЛИЧЕН)

метными, и приёмный конец приходилось устраивать на уровне несколько ниже подающего конца.

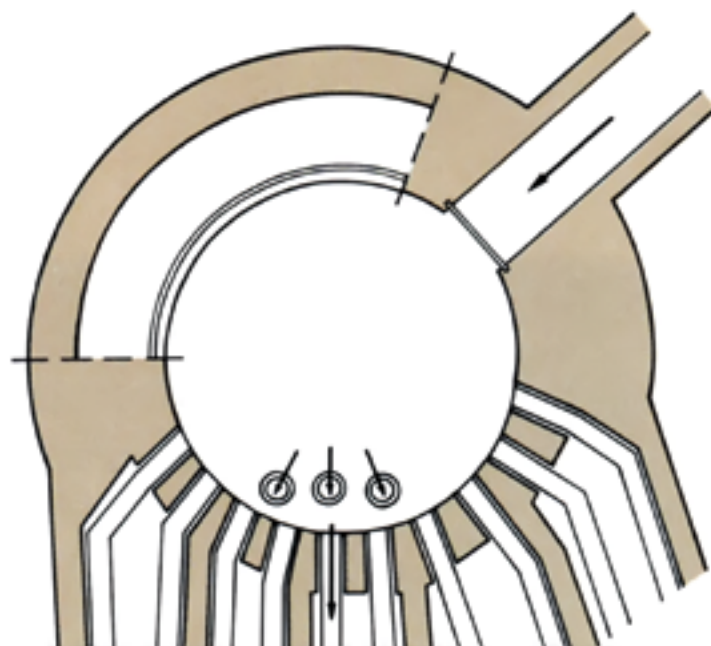
Обычно сифон начинался в точке, где водопровод, проложенный в виде открытого канала из каменной кладки, достигал края ущелья, которое нужно было пересечь. В этом месте вода стекала в напорный резервуар, выложенный из кирпича и установленный поперек канала (castellum). По существу, этот резервуар был 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.

Подсоединённые к напорному резервуару трубы опускались по короткому откосу до земли и проходили по склону ущелья с заглублением примерно на 1 м. Подземная прокладка труб предотвращала их чрезмерное расширение 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 сокращал расстояние от верха до низа U-образного сифона и, следовательно, уменьшал статическое давление, однако создавал два резких перегиба (геникулус) на концах моста, из-за чего могли возникать напряжения в стыках труб при ударе водяной струи, поэтому римляне обычно укрепляли здесь трубы массивной каменной кладкой. После второго геникулуса трубы поднимались по противоположному склону ущелья. Наверху вода поступала в приёмный резервуар, аналогичный напорному, а из него – в обычный водопровод.

Сифоны как инженерные сооружения внушают уважение уже своими размерами. Потрясающие воображение сифоны сохранились возле городов Аспендос (Турция) и Лион (Франция). Общая длина девяти сифонов в лионской водопроводной системе достигает 16,6 км. Каждый сифон состоял из девяти труб, а их общая длина достигала 150 км. Для изготовления такого количества труб требовалось 12...15 тыс. т свинца, и очевидно, что добыча и транспортировка такого огромного количества металла требовала гигантских усилий. По-видимому, это и послужило причиной невысокой распространён-

ности в Римской империи сифонов по сравнению с каменными мостами-акведуками. Так как римляне строили только сложные сифоны, очевидно, что более широкому применению сифонов препятствовали вовсе не технические трудности. Несомненным фактом является то, что сифоны обходились римлянам намного дороже, чем мосты.

Древние греки также применяли сифоны, из которых 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.) 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



РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ БАССЕЙН (CASTELLUM) АКВЕДУКА В НИМЕ, ФРАНЦИЯ:  
СХЕМА И СОВРЕМЕННЫЙ ВИД





ВАРИАНТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ШВА  
ДРЕВНЕРИМСКИХ СВИНЦОВЫХ ТРУБ

многих лет этот сифон был причиной многих заблуждений учёных. Поскольку многочисленные римские сифоны 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

Римское трубное производство подробно описывает Витрувий в восьмой книге сочинения «Архитектура» (I в. до н. э.). В ней главное внимание уделено водопроводам и материалам, из которых делают трубы.

Канал водовода сверху перекрывался каменными плитами во избежание засорения и испарения воды, а также воздействия на нее ультрафиолета солнечных лучей, из-за которых, как предостерегал Витрувий, в воде начинается быстрый рост водорослей. Обычно часть трассы водопровода вблизи и в самом городе проходила над поверхностью земли для удобства её разводки. Крупнейшей аркадой акведука была так называемая аркада Палатинского ответвления, построенная при Нероне. Она достигала почти 20 м высоты и состояла более чем из 200 арок пролетом 7,75 м и несущих столбов толщиной 2,3...2,4 м. Почти вся она была сделана из бетона.

Разводка воды по отдельным домам и другим сооружениям осуществлялась с помощью водоводов, в основном под землёй. Водоводы представляли собой свинцовые и керамические трубы или траншеи в виде каналов. Размеры труб были строго стандартизированы и выпускались в специализированных мастерских. Фронтин разработал стандартные размеры водопроводных труб для 25 диаметров, хотя использовали только 15.



ФРАГМЕНТ ДЕРЕВЯННОГО ВОДОПРОВОДА,  
МУЗЕЙ «ЛЬВОВСКАЯ ПИВОВАРНЯ»

ФРАГМЕНТ КАМЕННОГО ВОДОПРОВОДА Г. ЭРЕБУНИ (ЦАРСТВО УРАРТУ)



ДЕРЕВЯННЫЕ ТРУБЫ  
ВОДОПРОВОДА XVII в. в  
Коломенском



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 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, уплотнённые замазкой. Труба получалась овального или грушевидного поперечного сечения с непрерывным продольным швом. Интересно, что шов не был самым слабым местом трубы; в испытаниях, проведенных Бельграном, разрушение происходило не по шву, а по боковой стенке. Таким способом было трудно готовить трубы большого сечения, поэтому римские сифоны состояли из нескольких тонких труб. Диаметр труб составлял от 20 до 300 мм. Обычно они имели наружный диаметр 250...270 мм и толщину стенки от 30 до 50 мм. Трубы замуровывали в каменную кладку, чтобы сохранить их герметичность.

По свидетельству Витрувия, самая большая свинцовая труба имела длину окружности 100 дюймов (порядка 60 см

в диаметре). Днища и стены каналов водоводов делались или бетонными со слоем штукатурки, или каменными, а крыша – из плоских каменных плит или плит, уложенных в два ската. Со времени Нерона покрытия каналов в основном выполняли в виде бетонного цилиндрического свода. Размеры просвета канала делались таким образом, чтобы человек проходил по нему почти не сгибаясь. Высота сечения составляла 1,5...3 м, а ширина – 0,6...1,2 м.

Римлянами были разработаны бетонные трубы, которые, по оценкам современных специалистов, могли выдерживать более высокие давления жидкости, чем керамические или свинцовые. Прототипом им служили трубы из естественного камня с выдолбленными в средней части отверстиями. Бетонные трубы снаружи имели квадратную форму с размером сторон 21 см, а внутренний диаметр труб составлял 6...8 см. Трубы изготавливались в виде отдельных звеньев длиной около 95 см и соединялись между собой «стык в стык» с последующей зачеканкой стыка раствором и бетоном. Такие трубы были обнаружены западногерманскими археологами в Тунисе, в районе Карфагена и других бывших провинциях Римской империи.

### СВИНЦОВОЕ ОТРАВЛЕНИЕ – ПРИЧИНА ЗАКАТА РИМСКОЙ ИМПЕРИИ?

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 зачастую не превышала 25 лет. Многие знатные римляне со временем стали отличаться быстрой утомляемостью, вялостью, склонностью к бездействию и безразличием.

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 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 нём и, постепенно замещая кальций, входящий в состав костей, вызывает хроническое отравление.

Однако более поздние исследования опровергли гипотезу о том, что именно свинцовый водопровод стал причиной катастрофических последствий для Римской империи. На

внутренней стороне каждой свинцовой трубы учёные обнаружили непроницаемый слой безопасных для человеческого организма соединений кальция, возникший благодаря постоянному контакту труб с богатой кальцием горной водой. Вода текла по водопроводу непрерывно и поэтому была в контакте со свинцовыми трубами лишь недолгое время. Толстая корка карбоната кальция, которая образовывалась в трубах, слу-



лучше, доказывается обиходом, так как всякий, хотя бы столы его и были уставлены серебряной посудой, тем не менее, пользуется, ради чистоты вкуса, глиняной».

Скорее всего, причиной свинцового отравления был не столько водопровод, сколько использование свинца в быту. Так, римляне добывали сахар посредством выпаривания виноградного сока при длительном кипячении в свинцовой посуде. Свинцовые сосуды широко использовались для хранения вина, поскольку свинец придаёт вину сладкий привкус и способствует консервации. Кроме того, у зажиточных римлян было принято покрывать тонким слоем этого металла внутреннюю поверхность бронзовых кубков, жаровен и иной посуды. Свинец мог взаимодействовать с кислотами,

содержащимися в вине, и в составе растворимых солей непрерывно поступать в организм.

Широко применяли в античной



*По широко распространённой в середине прошлого века гипотезе американских токсикологов, свинцовый водопровод являлся одной из причин быстрой деградации римской нации, вызывая отравление свинцом.*

жила изоляцией, так что через некоторое время после установки сифонных труб прямой контакт воды со свинцом прекращался полностью.

Кроме того, оказалось, что римляне были прекрасно осведомлены о токсических свойствах свинца. По этому поводу Витрувий писал: «преимущества водопроводов с глиняными трубами следующие. Во-первых, если в них произойдёт какое-нибудь повреждение, его всякий может исправить; затем, вода из этих труб гораздо здоровее воды из свинцовых, так как у свинца тот недостаток, что из него образуются свинцовые белила, считающиеся вредными для человеческого тела. А раз то, что из свинца образуется, вредно, несомненно, что и сам он не здоров.

Это можно видеть на примере литейщиков свинца, цвет тела у которых чрезвычайно бледен. Ибо когда свинец при литье плавится, то пары его, оседая в частях тела и день ото дня выжигая их, лишают находящуюся в членах кровь её сил. Поэтому, если мы хотим иметь здоровую воду, никоим образом не следует проводить её по свинцовым трубам. И то, что вкус воды из глиняных труб

древности и свинцовые краски – белую и красную. Их использовали наряду с сурьмой в косметических средствах.

### АКВЕДУКИ ЭПОХИ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ

С конца VIII в. в результате варварских нашествий и общего упадка началось разрушение римских акведуков (римляне вернулись к пользованию колодцами, как в древнейшие времена), и только с XV в. их начали постепенно восстанавливать. Большая часть опыта



СВЕРЛЕНИЕ ТРУБ И ПОДЪЁМ  
ВОДЫ (из труда Г. Агриколы  
«12 КНИГ О МЕТАЛЛАХ»)



ПРОЦЕСС ВЫПАРИВАНИЯ  
СОЛИ А – котлы;  
В – треножник; С – черпак;  
(из труда Г. Агриколы,  
«12 КНИГ О МЕТАЛЛАХ»)

римских инженеров была потеряна, и в Европе строительство акведуков практически прекратилось до XIX в. Известным исключением была Новая река – искусственный водный путь в Англии, открытый в 1613 г. для снабжения Лондона свежей питьевой водой. Её длина составляла 62 км.

Развитие каналов дало новый толчок в строительстве акведуков. Однако только в XIX в. их строительство возобновилось в крупных масштабах, чтобы поставлять воду в быстрорастущие города и промышленные регионы. Разработки новых материалов (бетон и чугун) и новых технологий (паровой двигатель) позволили провести множество существенных усовершенствований. Применение чугуна дало возможность строить дюкеры, рассчитанные на высокое давление, а создание насосов с паровым приводом позволило значительно увеличить скорость и объём водяного потока.

В XIX в. Англия стала ведущей державой в строительстве акведуков, обеспечивая водой крупнейшие промышленные города, такие как Бирмингем, Манчестер и Ливерпуль. Самые большие акведуки были построены в Соединённых Штатах Америки. Акведук Catskill доставлял воду в Нью-Йорк на расстояние 190 км. Это достижение было превзойдено на крайнем западе страны; наиболее примечательным стал акведук Colorado River, который снабжал водой Лос-Анджелес и окрестности с расстояния в 400 км.

### СОЛЕВАРЕНИЕ – ГЛАВНЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ СРЕДНЕВЕКОВОГО ТРУБНОГО ПРОИЗВОДСТВА

После падения Римской империи технология производства металлических труб пережила период длительной стагнации. В большинстве средневековых городов прокладывались деревянные трубопроводы. Отдельные звенья делались из цельных стволов деревьев, из которых вручную высверливалась сердцевина. Сверление было очень трудоёмкой работой. Один мастер за день мог изготовить не больше десяти метров труб. Если трубу нужно было разветвить, то использовали естественную развилку дерева, также высверленную насквозь. Известно, что около 1430 г. в Германии появилась специальная сверлильная машина для производства деревянных труб. Леонардо да Винчи занимался усовершенствованием этой машины, введя в её состав ускоритель вращения. В XVII в. эта машина была снабжена водяным приводом.

Одной из важнейших отраслей средневекового производства, регулярно потреблявшей значительное количество труб и полосового железа, являлось солеварение. О том, какую большую роль играла соль в жизни народов, говорят многие географические названия. Кельты,



Добыча и переработка рассола: А – солеварни; В – разрисованные вывески; С – первое отделение; D – среднее отделение; E – заднее отделение; F – окна в задней стене; G – окно в кровле; H – колодец; I – колодец другого устройства; K – ушат; L – носильный шест; M – вилы, на которые уставшие носильщики опирают шест (из труда Г. Агриколы, «12 книг о металлах»)

германцы, славяне почитали места добычи соли священными, а саму соль использовали в качестве денег. Интересно, что латинское слово «salarium» – соляной паек, который получали в Древнем Риме, со временем трансформировалось в «salar» – заработная плата. Аналогом латинского слова «соль» (sal) в кельтском языке служило слово «hall». Римляне и самих кельтов называли галлами, подчёркивая их принадлежность к соляному промыслу.

На карте Европы можно найти множество географических названий с корнем «галл» – свидетельств кельтских соляных разработок. Одно из самых любопытных: Галле-

на-Залле (буквально – «соль на соли»). Соляной промысел имеет отношение и к названиям многих русских городов и посёлков, например: Солицы, Усолье, Усть-Сысольск, Соликамск (Соль Камская), Соль Выгодская, Соль Галицкая, Соль Тотемская, Соль Старой Руссы.

Соль получали как из легкодоступных солёных ключевых, речных, озёрных и морских вод, так и из подземных источников. Во втором случае добыча могла производиться шахтным способом – когда залежи представляли собой горную породу, а также с помощью колодцев и скважин для извлечения на поверхность соляного раствора – рассола. Производство поваренной соли из воды солёных источников (салин) требовало большого количества топлива. Воду непрерывно выпаривали в больших железных котлах, которые не выдерживали силы огня более полугода.

В Восточных Альпах, в районе Зальцбурга (кстати, тоже города соли), дефицит топлива для выпаривания соли ощущался уже в начале XIII в. В 1237 г. было запрещено хлебопашество на вырубках вокруг солеварен в расчёте на то, что со временем эти земли опять покроются лесом. В начале XVII в. обратились к другому пути решения проблемы – транспортировать соляной раствор в более богатые лесом места с помощью трубопроводов. Они строились из сверлённых еловых бревен, служивших без замены по 80 лет и более. В 1607 г. такой трубопровод длиной около 35 км связал главные притоки реки Трауна. Раствор шёл самотёком. Спустя десять лет был реализован более сложный проект – из-за оскудения лесов в бассейне реки Залах воду из соляных источников направили в долину Трауна. Проблема заключалась в том, что задуманная трасса трубопровода представляла собой гигантский сифон. Необходимо было преодолеть подъём до водораздела в 260 м. Для строительства были использованы 9 тыс. отборных еловых брёвен. По трубопроводу транспортировали 60 л солёной воды в минуту.

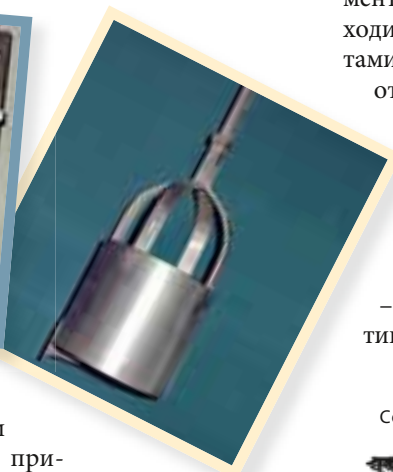
## БУРЕНИЕ СКВАЖИН

В большинстве регионов Европы и Азии основным источником соли были подземные воды – рассолы. Первоначально для их добычи применялись колодцы, как правило, в сечении квадратной формы. Когда глубина колодца достигала слоёв земли, богатых рассолами, колодец ещё немного углубляли и закрепляли сруб. С течением времени на дне накапливался рассол, который вычерпывали обыкновенной бадьёй. Такая технология широко применялась практически повсеместно и в эпоху Древнего мира, и в средние века. Однако по мере истощения верхних горизонтов, приходилось осваивать всё большие глубины, и на смену колодцам пришли скважины.

Бурение скважин как способ разрушения горных пород для различных хозяйственных надобностей человечество применяло с давних времен. Исследования еги-



Желонки, долота, тюрки с клапаном для очистки обводнённых скважин от песка и других наносов, из коллекции буровых инструментов Усольских и Ленвенских соляных промыслов Строгановых. Дар С.А. Строганова Политехническому музею, 1896 г.



петских пирамид и каменоломен показывают, что при добыче и обработке камня применяли сверление довольно глубоких шпуров. Оно производилось медной трубкой или стержнем, под который подсыпались зёрна кварца; для охлаждения трубки в неё подливалась вода. В Древнем Египте применялось и ударное бурение – долбление пород ударами медных клиньев, зубил и резцов. Зарождение собственно бурения – получения глубокого отверстия в недрах земли – произошло в Китае в 1-м тысячелетии до н. э., когда ударное бурение начали применять для проходки скважин на воду глубиной до 500 м.

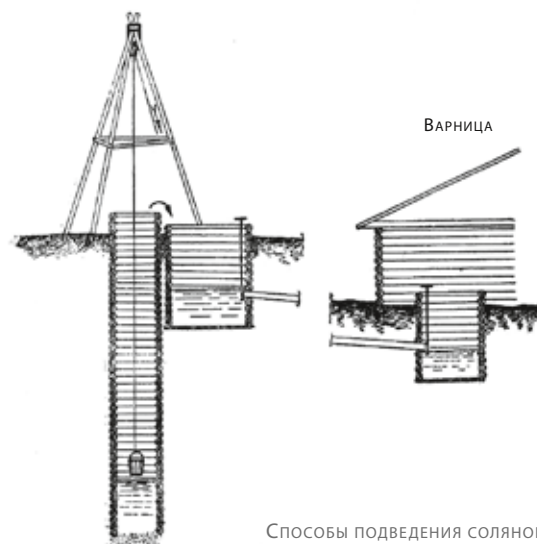
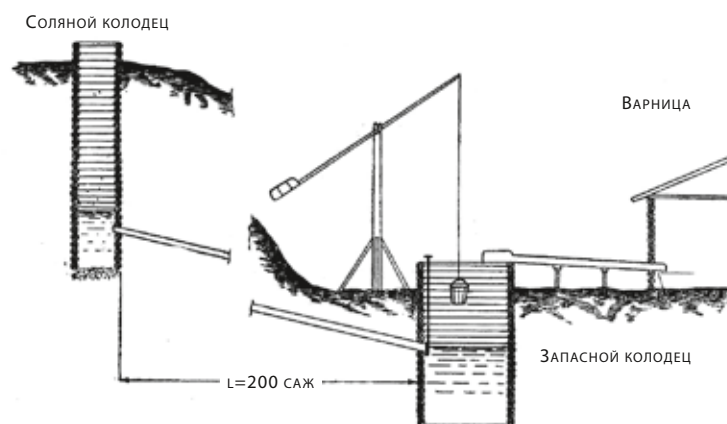
В средневековье главнейшую принадлежность большинства солевых заводов составляли трубы и варницы. С помощью труб рассол извлекался из недр земли и транспортировался к местам переработки, а в варницах он освобождался от воды и посторонних примесей.

История отечественного бурения началась в XII–XIV вв., когда на северо-западе европейской части России и в Предуралье стали добывать подземные рассолы из скважин. Первые «трубы» глубиной до 174 м были проведены на Тотемских соляных промыслах в Вологодской области. Уже к началу XVI в. в Тотьме использовались скважины глубиной до 200 м, а в конце XVIII в. была пробурена скважина глубиной 268 м. В этом же городе историком Н.Н. Прозоровым в 1867 г. была обнаружена самая древняя отечественная инструкция по проведению буровых работ: «Роспись, как зачат делать новая труба на новом месте», которая датируется XV–XVI вв. В ней используются 128 специальных русских буровых терминов, свидетельствующих о самобытности этого промысла.

Отечественными мастерами была разработана оригинальная технология бурения специальных «рассолоподъёмных» скважин. Буровой инструмент – кованые долота и сверла (желонки) укреплялся на еловых шестах, скреплённых железными скобами.

В мягких породах с глубины 25...30 м, бурение велось сверлением – вращательным способом («ходом») инструментами вращательного бурения, твёрдые породы проходились ударным способом («боем») различными долотами. Продолжительность бурения скважины составляла от 3 до 5 лет. При этом, например, только в Тотьме в конце XVII в. функционировали 133 скважины.

Начинали бурение широким буравом. С погружением бурава для предупреждения обвала земли в углубление вставляли круглую деревянную трубу, которая называлась матицей. Когда доходили до первого твёрдого слоя земли, формировали порог – закраину, на который устанавливали (садили) матицу. После укрепления матицы бурение производили



Способы подведения соляного рассола

более узким буравом и продолжали работу до тех пор, пока не доходили до слоя, богатого рассолом известной «доброты». «Доброту рассола» (крепость) определяли особым инструментом, который в более позднее время получил название ареометра. Первоначально ареометром служил пустотелый деревянный волчок, на боках которого были сделаны деления (градусы), называвшиеся «лотами». Позднее его заменил латунный солемер, а в XIX в. был создан ареометр из стекла.

Если по ареометру добываемый из трубы рассол оказывался достаточной доброты, вполне пригодный для варки соли, бурение останавливалось, формировали новый порог и на него от поверхности земли спускали более тонкие, чем матица, трубы, которые на Руси назывались «весёлыми». «Весёлые» трубы большей частью изготавливались из меди. После укрепления и посадки «весёлых» труб бурение продолжалось на небольшую глубину третьим наиболее узким буравом. Эта последняя часть углубления называлась «копёж», потому что здесь накапливался рассол. В XVII в. скважины достигали 300...400 м и более, так как крепкий рассол в большинстве случаев находился на значительной глубине.

Иногда при бурении скважины находили провалы (подземные соляные озёра), наполненные рассолом. Из таких озёр рассол по трубе поднимался самотёком и в первое время даже бил фонтаном. Однако, как правило, рассол приходилось поднимать из трубы искусственно. Для этого в медные трубы опускали бадьи в виде цилиндра, имевшие на дне, как обыкновенная помпа (насос), кожаный клапан. Бадья вмещала около четырёх ведер рассола. Бадью вытаскивали с помощью ворота. Позднее рассол выкачивали из трубы особыми машинами с конным приводом. Рассол по желобам или бревенчатым трубам стекал в варницу.

### СРЕДНЕВЕКОВЫЕ ВАРНИЦЫ

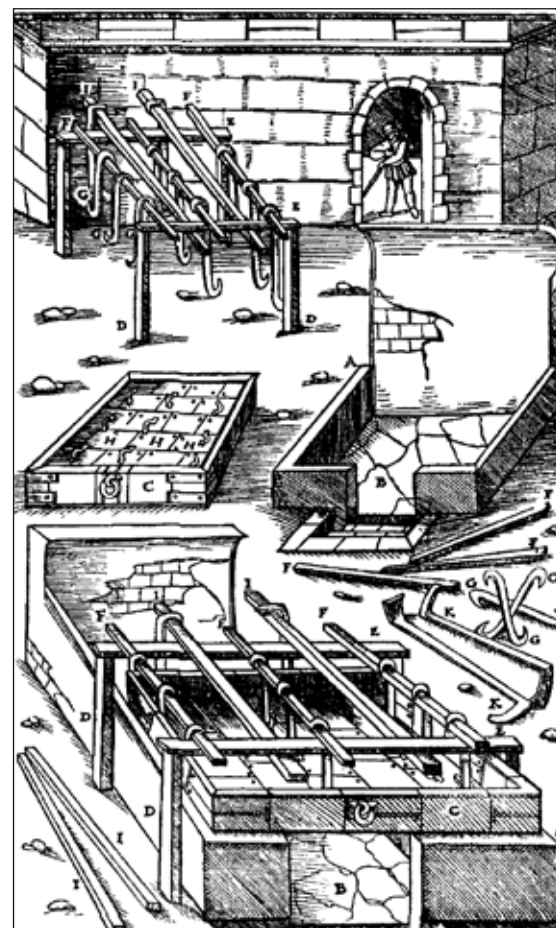
Варница представляла собой деревянное или каменное здание, в котором на железных четырёхугольных сковородах – противнях площадью до 65 м<sup>2</sup> и массой до 650 кг – цренах (цыренах или чренах) производили солеварение. Посреди варницы устраивалась печь. Снаружи здания в печь для притока свежего воздуха под землёй подводили широкий воздуховод (поддувало), выложенный кирпичом или укрепленный досками. Над печью на железных крючьях вешали црен так, чтобы поднимающийся из печи огонь охватывал его с боков. Црен ковался из толстых железных листов, которые назывались полицами. Размер его достигал 7 м в длину, 5 м в ширину, глубина составляла 40...60 см.

Очаг под цреном и колосниками, как правило, разделялся на две топки. Дым из печи через широкие железные трубы отводился в смежное помещение – сушильню, где трубы изгибались, формируя несколько оборотов, и вы-

### ОБОРУДОВАНИЕ

#### СОЛЕВАРНИ:

- А – очаг;
- В – устье очага;
- С – црен;
- Д – столбы;
- Е – балки, наложенные на столбы;
- Ф – короткие брусья;
- Г – железные шесты с крючьями;
- Н – скобы;
- И – длинные брусья;
- К – большие железные шесты с крючьями (из труда Г. Агриколы, «12 книг о металлах»)



ходили в дымовую трубу. В сушильню на полатах складывалась сырая соль, которая сушилась воздухом, нагретым трубами. Если рассолоподъёмная труба давала много рассола, то строили несколько варниц, а кроме них ещё и запасные, чтобы не прекращать солеварения в случае ремонта. В варницах было очень жарко, поэтому работать приходилось совершенно раздетыми, только голову покрывали круглыми шапочками из соломы, а на бёдра надевали пояски.

Сама варка соли состоит из двух операций. Во-первых, кипячение, или уваривание до засола, до густоты. При этом из рассола помимо соли выделялись гипс, соли кальция, магния, оксид железа, органические вещества, которые необходимо было удалять. Во-вторых, осаждение соли, или «привод», когда, приглушая топку под цреном, давали соли осесть, после чего её выгребали.

Оставшийся маточный рассол (тотымичи называли его «семенами») не выливался, а в црен сразу же начинали наливать новый рассол и вновь кипятить. Так продолжалось четыре раза, после чего варница полностью остужалась, происходил осмотр црена, частичный его ремонт, обмозка



РУССКАЯ СОЛЕВАРНЯ XVII в.  
из альбома Пальмквиста

ржаной мукой по углам и линиям склёпывания полиц – железных листов, из которых изготовлялся црен, печь чистили от золы и вновь обмазывали. Периодические остановки были необходимы ещё и потому, что если долго не выливать оставшийся маточный рассол, то он становился горьким и ухудшал качество соли. В период остановки варницы на время ремонта црена или при наличии излишков рассол продавался, а при нехватке его приходилось покупать.

### ЖЕЛЕЗНЫЕ ПОЛИЦЫ И ЦРЕНЫ

Црены были наиболее уязвимым звеном в варницах, быстро корродируя от постоянного контакта с горячим рассолом и пламенем. Г. Агрикола писал: «Мастер и его заместитель попеременно варят рассол днём и ночью... и добывают из него соль. Ни один црен не может выдержать силы огня больше полугода». Капитальный ремонт их производился не менее одного раза в 1,5 года, текущий – гораздо чаще. Мастера, занимавшиеся ремонтом старых и изготовлением новых цренов, считались наиболее квалифицированными рабочими. Труд этих мастеров оценивался очень высоко. Заработная плата составляла до 10 руб. в год на человека. Их также называли циренщиками, откуда происходят такие фамилии, как: Цырен(ь)щиков, Цирен(ь)щиков и Церен(ь)щиков, наиболее распространённые в регионах, где существовала развитая солеваренная промышленность. Также на промысле существовала профессия поличных мастеров – кузнецов, изготавливавших полицы.

Ремонтные работы являлись обыденным, регулярным занятием, на которое отвлекалась значительная часть сырья, денежных средств и рабочей силы (до 19 % всех затрат расходной части бюджета солеваренной отрасли хозяйства). Полицы, цренные гвозди и остальная оснастка частично изготавливались на месте, но в основном закупались.

В XVI в. Соловецкий монастырь был одним из главных заказчиков изделий из «болотного» железа и скупал у местного лопарского населения в больших количествах

«цренные полицы». О масштабах закупок свидетельствуют сохранившиеся документы монастыря. Например, в 1588 г. Соловецкий монастырь закупил у местного жителя по имени Данила 1300 железных полиц и 40 топоров. В 1609 г. трое корелян продали монастырю 1569 полиц. В тот же год монастырь приобрел у двух корелян из Шуи 1582 полицы, 671 пудов и 24 фунта уклада.

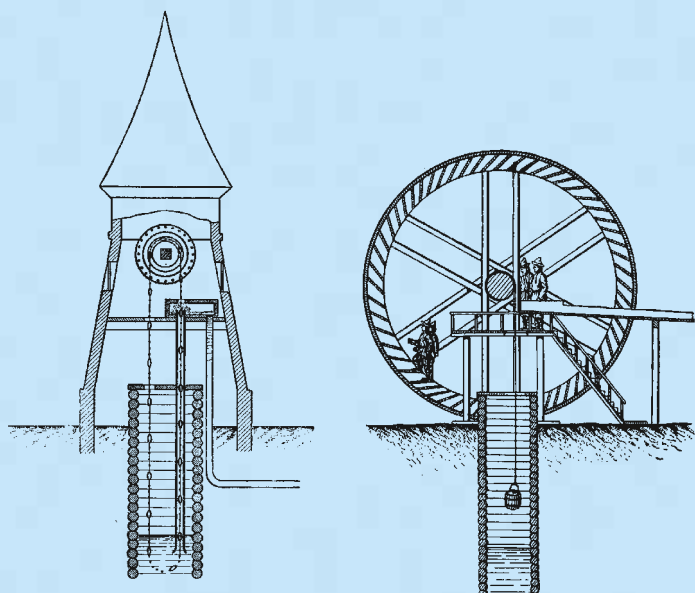
Активно закупали железо для цренов и другие монастыри. Во второй половине XVI в. цена железа на внутреннем рынке Поморья доходила до 76 копеек за пуд. А так как црены часто прогорали, спрос на железные полицы год от году увеличивался.

Оценим объём потребления железа в солеварении Московской Руси XVI–XVII вв. Масса полицы составляла в среднем около 4 фунтов. Соловецкий монастырь закупал их более 2000 штук в год. Учитывая, что подобных центров в стране насчитывалось около двадцати, ежегодное потребление железа только для изготовления цренов, без учета оснастки, составляло более 15 т.

### ВОДОСНАБЖЕНИЕ МОСКВЫ

Уровень организации водоснабжения в Древней Руси в основном соответствовал достижениям в этой области в европейских странах. В XI или начале XII в. первый водопровод из деревянных труб появился на Ярославовом дворище в Новгороде. Позднее в царских поместьях, монастырях, крупных хозяйствах строились водопроводы, в конструкции которых использовались металлические трубы. Согласно описям 1641–1662 гг., колодец Троице-Сергиевой лавры был оборудован чёточным водоприёмником с системой подъёма воды по медным трубам.

Оригинальная водопроводная система существовала в Московском Кремле. При постройке князем Дмитрием Донским в 1367 г. каменного города на территории, примерно равной площади нынешнего Кремля, был сооружен каменный тайный ход к воде. Однако, кроме тайников, в



Четочный (А) и колёсный (Б) подъёмники Троице - Сергиевой лавры.

Реконструкция проф. Н.И. Фальковского

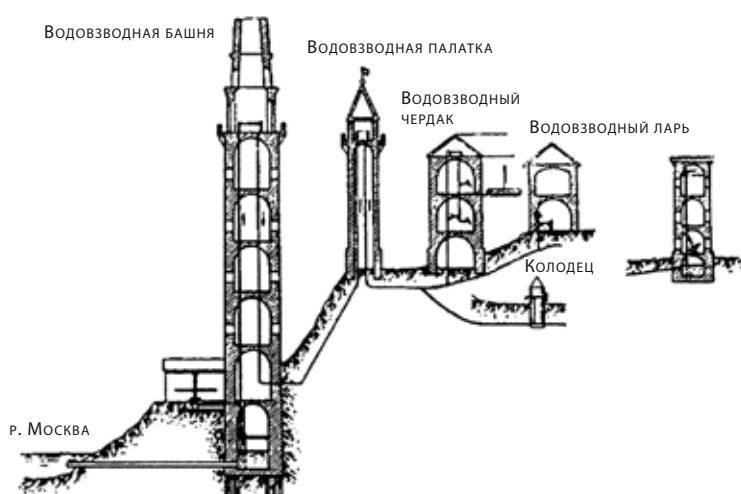
Кремле был построен и первый самотёчный водопровод. Источником водоснабжения служил обильный родник, выбивавшийся в подземелье Угловой (Собакиной, Арсенальной) башни. Он существовал до конца XIX в. и отличался чистой и прозрачной водой. Исчез родник только после прокладки вблизи башни канализационного коллектора.

Уже во времена Ивана Калиты вода из реки Москвы попадала в Кремлевский тайный колодец по деревянной трубе из сверлённых стволов дуба. Наверх её поднимали с помощью ступального колодца – большого колеса, которое крутили мужики, шагая по широким перекадинам. В 1492 г. по велению Ивана III в Кремле был построен первый самотёчный водопровод. Он начинался от тайного родника в основании Арсенальной башни, которую (а также Спасскую, Боровицкую, Водовзводную и Никольскую) построил итальянский архитектор Пьетро Антонио Солари, или, на русский манер, Пётр Фрязин (считается, что эта фамилия происходит от итальянского «фре» – холодно).

Особый интерес представляет второй кремлёвский водопровод, он же первый водонапорный. Его строительство в 1631 г. было поручено «часового и водяного взвода мастеру» Христофору Галовею (он же автор часов на Спасской башне) и русским умельцам Антипе Константинову и Трефилу Шарутину. Водопровод имел следующую систему: вода отводилась из реки Москвы и самотёком по трубе приводилась в белокаменный колодец внизу Свибловой башни.

Диаметр колодца составлял около 5 м; глубина его доходила до 9 м. Строитель «из башни той воду привёл на Сытный и на Кормовой дворец в поварни». Это было осуществлено с помощью «водяного взвода», т.е. водоподъёмной машины, после чего и сама башня стала называться Водовзводной. Подъём воды осуществлялся лошадьми. Она поступала в напорный выложенный свинцом резервуар на той же башне. Отсюда по свинцовым трубам вода шла в «водовзводную палатку» (регулирующий резервуар), стоявшую у верхнего набережного





Кремлёвский водопровод в конце XVII в., реконструкция проф. Н.И. Фальковского

сада, вблизи Старого денежного двора. Из «водовзводной палатки» вода по уложенным в земле свинцовым трубам расходилась по разным направлениям. Она поступала во дворцы: Кормовой, Сытный, Хлебный, Конюшенный и Потешный, на поварни, в Верховые сады. В водопроводную систему входили многочисленные искусственные водоёмы и «водовзводные лари».

О Кремлёвском водопроводе один из источников сообщает следующее: «Он (Христофор Галовой) соорудил на берегу реки огромную башню, куда провел воду посредством колеса, устроив колёса и приспособления для того, чтобы поднимать воду ночью и днём без всякого труда и снабжать ею царский двор для всяких потребностей. Он выкопал пять огромных колодцев, выстроил над ними купола, провёл трубы и желоба и сделал снаружи железное колесо: если понадобится вода, повёртывают колесо одной рукой, и вода течёт в изобилии, когда это нужно». Высота подъёма воды достигала 40 м, суточная производительность составляла около 4 тыс. ведер. Второй водопровод поил обитателей Кремля около века, пока не был разрушен во время страшного пожара 1737 г.

Кремлёвский водопровод обслуживался специальным персоналом. Известно, что в 1681 г. царским распоряжением было предписано в Измайловском дворце в «мыленке и сенях пол и стены до лавок настилать свинцовыми досками и доски лить и оловом спаять водовзводного дела мастеру Ивану Ерохову своими снастями и угольем и по договору дать ему по 10 алтын за доску».

В том же 1681 г. в Верхнем Набережном саду был устроен пруд, выложенный свинцовыми досками, длиной 5 сажень, шириной 4 сажени, глубиной 2 аршина. Вода в пруд подавалась по свинцовым трубам диаметром 50...63 мм из Водовзводной башни.

Оценив культурные удобства, доставляемые водопроводами, русские цари стали устраивать их и в других местах своего пребывания. В частности, был построен водопровод в богатейшем загородном Коломенском дворце. В XVII в. свинцовые трубы широко применялись в Москве и для прокладки уличной сети водопровода.

### ЧУГУННЫЕ ТРУБЫ

К концу XVII в. развитие доменного производства привело к широкому использованию литых чугунных труб, отличавшихся от свинцовых, оловянных, медных и латунных существенно более низкой стоимостью. Знаковым сооружением, в котором были применены чугунные водопроводные трубы, стали знаменитые фонтаны Версаля. В 1662 г. мастером Р. Салемом по проекту архитектора А. де Вилля были созданы подземные водяные колёса и основные гидротехнические устройства системы фонтанов. Для проведения воды были применены соединенные фланцами чугунные трубы диаметром от 9 до 16 дюймов (228...406 мм) и длиной 5 футов (1,52 м). С этого времени чугун повсеместно превратился в основной металл трубопроводов.

После изобретения паровой машины сфера применения чугунных труб расширилась, так как были созданы необходимые предпосылки для создания систем централизованного парового отопления. В конце XVIII в. чугунные трубы с циркулирующим по ним паром были успешно установлены в Англии в теплицах Ваксфильда и зимнем саду лорда Дерби. В 1817 г. французский инженер

Водовзводная башня в Коломенском, действующий макет экспозиции «Государевое водовзводное дело»



де Шабан осуществил проект парового отопления здания консерватории в Париже, а в 1819 г. – двух жилых зданий в Лондоне. Металлом парового отопления стал чугун – из него были отлиты и трубы, и паровой котел.

Уже в 1825 г. в Париже было издано руководство по устройству парового отопления (автор – Третгольд). В нём, в частности, содержалось подробное описание и приводились чертежи парового отопления, осуществлённого в семи зданиях оранжерей и теплиц в Лондоне. В этой системе длина паровой магистрали от котельной до наиболее удалённого здания достигала 167 м.

Использовались чугунные трубы и в России. Например, в 1853 – 1858 гг. выдающийся инженер Андрей Дельвиг, двоюродный брат известного поэта и друга Пушкина Антона Дельвига, реконструировал Ростокинский водопровод, питавший Москву водой Мытищинских источников, заменив верхнюю кирпичную галерею чугунными трубами.

### БЕСШОВНЫЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ И СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ

В начале XIX в. металлические трубы потребовались для быстро развивающегося железнодорожного транспорта. Уже в паровозе «Ракета» английского изобретателя Дж. Стефенсона, построенном в 1814 г., длина железных «дымогарных» труб составляла около 45 м. К качеству этих труб предъявлялись особые, высокие требования, в частности, они не должны были иметь швов. Таким образом, паровая энергетика, ставшая основой Промышленной революции, поставила перед металлургией проблему цельнотянутых бесшовных железных и стальных труб.

Известный в то время способ изготовления бесшовных труб (патент Д. Уилкинсона от 1790 г., Англия) годился для производства труб только из мягких цветных металлов. Он заключался в отливке свинца, меди или латуни в форму со стальным стержнем. На стержне, диаметр которого соответствовал внутреннему диаметру трубы, в калиброванных валках происходила раскатка литых заготовок. Медные (паяные) и железные (сварные) шовные трубы, широкое производство которых было освоено в начале XIX в., также калибровались волочением. В 1838 г. английский изобретатель Ч. Грин предложил изготавливать цельнотянутые трубы из меди и её сплавов из отлитой полый заготовки. Наконец, в 1851 г. Хардинг и Кристоф (Франция) разра-

ботали способ изготовления цельнотянутых труб из стали. Стальную болванку просверливали и волочили через волоку с оправкой, имеющей форму жёлудя.

К числу крупнейших достижений в области обработки металлов давлением относится изобретение способа прокатки бесшовных труб. Идея способа была высказана в 1860 г. немецким инженером и предпринимателем Рейнхардом Маннесманом. В 1885 г. он и его брат Макс взяли патент на валковый прошивной стан, в котором нагретая сплошная заготовка или слиток превращались в толстостенную короткую трубу или гильзу.

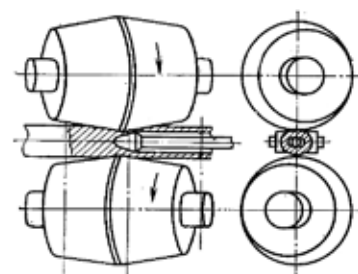
Устройство состоит из двух вращающихся в одном направлении валков, оси которых расположены под углом друг к другу (косорасположенные валки). Возникающая между валками и заготовкой сила трения направлена под углом к оси заготовки. В процессе взаимодействия заготовки и валков она разлагается на две составляющие.

Первая сила, являясь касательной к окружности заготовки, приводит её во вращение, а вторая, направленная параллельно оси заготовки, сообщает ей поступательное движение. При одновременном вращательном и поступательном движении заготовка надвигается на помещённую перед ней оправку, которая препятствует её поступательному движению.

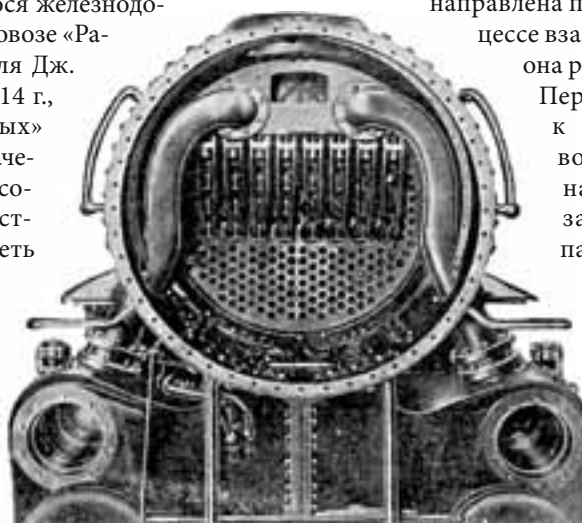
В результате периферийные слои металла вытягиваются валками по винтовой линии вдоль оправки, выходя из конусов в виде трубы. Способ Маннесманов

был впервые опробован в заводских условиях в 1887 г., а уже в 1890 г. Маннесманы на основе своих патентов создали в Германии крупнейший концерн «Маннесманрёнен верке», ставший вскоре ведущим поставщиком труб на мировом рынке.

В 1893 г. трубопрокатный стан Маннесманов с огромным успехом экспонировался на Всемирной выставке в Чикаго. Присутствовавший там знаменитый американский изобретатель Т.А. Эдисон на вопрос, что больше всего произвело на него впечатление на выставке, ответил, что это бесшовная стальная труба Маннесманов.✱



Валковый прошивной стан



Вид на трубчатую решётку паровоза.  
Внизу дымогарные трубы, над ними жаровые

## *Глава 8*

# Розы, колечки и радужные червячки в клинковом узор

Отделкой золотой блистает мой кинжал;  
Клинок надежный без порока;  
Булат его хранит таинственный закал –  
Наследье бранное Востока

**М.Ю. Лермонтов, «Поэт», 1838 г.**



**О**СВОЙСТВАХ ЛЕГЕНДАРНЫХ ОРУЖЕЙНЫХ СТА-  
лей – дамаска, булата и вутца – хотя бы понаслыш-  
ке знает любой цивилизованный человек. Они являются  
свидетельством уникальных возможностей мастеров ме-  
таллургической профессии. В чем секрет этих удивитель-  
ных сплавов, кто и когда их производил и каким образом  
обрабатывал? Похоже, что современная наука нашла от-  
веты на эти вопросы.

#### **ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?**

Современные средства массовой информации часто на-  
поминают о том, что будущее за композиционными ма-  
териалами. При этом упоминаются самые разные, иногда  
фантастические сочетания пластиков, керамики, редких  
металлов, углеродных волокон, «наноматериалов» лю-  
бого размера (очень современно)! Однако из истории  
техники хорошо известно, какой материал является по-  
настоящему уникальным композитом – это легендарная  
оружейная литая сталь. Metallурги отчасти сами вино-  
ваты в низкой популярности стального композита. Дело  
в том, что в XX в. в индустрии черных металлов моно-  
польное распространение получили легированные стали.  
Экономически целесообразным оказалось производство  
чистого (практически без примесей) металла с последую-  
щим введением в него легирующих компонентов (в соста-  
ве ферросплавов). Однако времена изменились: полезные  
примеси благодаря использованию металлолома стали  
«гулять» по металлу сами по себе, изменяя его свойства,  
за что и получили название вагантов (праздношатающих-  
ся бродяг). В результате на повестке дня встал вопрос  
о разработке стального композита, в котором ваганты  
«вели бы себя прилично», потому что их удаление из ме-  
талла обходится очень дорого. Итак, легендарный сталь-  
ной композит возвращается?!

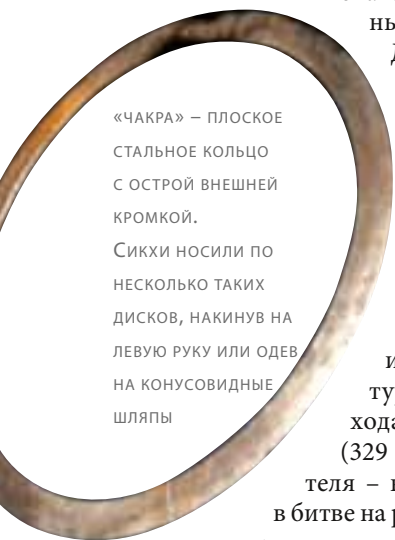
## ПРЕДАНИЯ, ЛЕГЕНДЫ, ЛЕТОПИСНЫЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА И ЛИТЕРАТУРНЫЕ ФАНТАЗИИ

Во всех странах и регионах Древнего мира и средневековья выплавку и обработку оружейной стали окружала завеса таинственности и секретности. Как правило, общины оружейников жили, подчиняясь особым неписаным законам. Поскольку производство оружия всегда и везде считалось делом первостепенной важности, оно находилось под строгим надзором властей, осуществлявших постоянный контроль работы металлургов-оружейников и содействовавших постоянному росту их квалификации. Древние мастера тщательно скрывали секреты изготовления необыкновенного металла, часто передавая их своим преемникам лишь на смертном одре. Поэтому вместо способов производства лучших клинков древние манускрипты содержат лишь рассказы об обрядах, которые сопровождали работу мастеров. Производить высококачественную оружейную сталь с уникальными свойствами умели многие народы Древнего мира и средневековья. Упоминанием наиболее известные легенды, археологические находки и летописные свидетельства.

### «ЧАКРА» ИЗ «БЕЛОГО ЖЕЛЕЗА»

По наиболее распространенной версии с легендарной высококачественной оружейной сталью (называемой впоследствии «булат», «дамаск», «вутц» или «вуц») 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 доспехи. Другим эффектным оружием индийцев была «чакра» – 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.

Благодаря Аристотелю утвердился специальный термин для обозначения индийской стали – «феррум кандидум» (белое железо). Также стало известно, что «белое железо» восточные купцы продают в виде круглых лепешек, разрезанных пополам. Обнаружены письменные свидетельства того, что властитель индийского княжества Пенджаб подарил Александру Македонскому 2,5 т стали в слитках – по тем временам подарок, достойный царя.



«ЧАКРА» – ПЛОСКОЕ СТАЛЬНОЕ КОЛЬЦО С ОСТРОЙ ВНЕШНЕЙ КРОМКОЙ. Сикхи носили по несколько таких дисков, накиннув на левую руку или одев на конусовидные шляпы

Индийская сабля с ножами и халадие – нож с клинками с обеих сторон. Такие ножи были созданы на Ближнем Востоке и оттуда распространились в Судан и Индию. Они использовались левой рукой, давали возможность наносить неожиданные для противника удары и отражать удары врага



### ГУСИНЫЕ СТАЛЬНЫЕ ОПИЛКИ И «РИМСКАЯ ПЛЕТЁНКА»

Оружие, обладавшее высокими боевыми свойствами, в IV в. до н. э. умели изготавливать и народы Европы. В настоящее время считается доказанным, что прекрасных результатов в получении оружейной стали достигли кельты, они же довели до совершенства технику кузнечной сварки. Легендарный кельтский кузнец Виланд (Воланд, Велундр) 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 «плетенке» приваривали стальные лезвия и получали прочный, надежный меч.

Ковать хорошие мечи умели во многих провинциях Римской империи. Например, о мечах, привозимых из Испании, Филон Византиец в III в. писал так: «Если нужно их испытать, то берут правой рукой меч, кладут его горизонтально на голову и сгибают на обе стороны вниз, пока не коснутся плеч. Тогда отводят быстро обе руки в сторону, а меч, свободно отпущенный, станет снова прямым и вернется к своей прежней форме так, что никакой мысли о кривизне не остается. Сколько бы раз это ни проделывали, мечи остаются прямыми».

### ДАМАСК – СТОЛИЦА КУЗНЕЧНОГО ремесла

С такими мечами римские legionеры дошли до Сирии, где существовали свои традиции изготовления высококачественной оружейной стали. Согласно многочисленным летописным свидетельствам близ Дамаска существовала гора, состоящая из самородного железа с примесью углерода (около 1 % масс.) и вольфрама (8–9 % масс.). Фактически это была природнолегированная сталь, из которой местные мастера выковывали 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. приказал построить главные оружейные мастерские римской армии. После этого Дамаск более 1000 лет был важнейшим торговым и ремесленным центром Древнего мира и раннего средневековья. Именно сюда привозили вутц из Индии и производили изделия из узорчатой стали. 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 кочевой знати



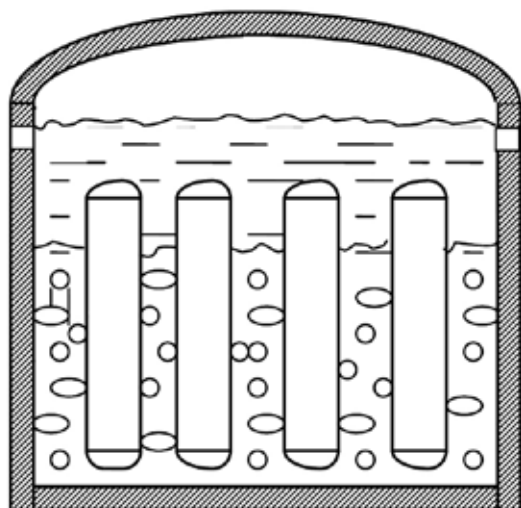
ВИЛАНД ЗА РАБОТОЙ



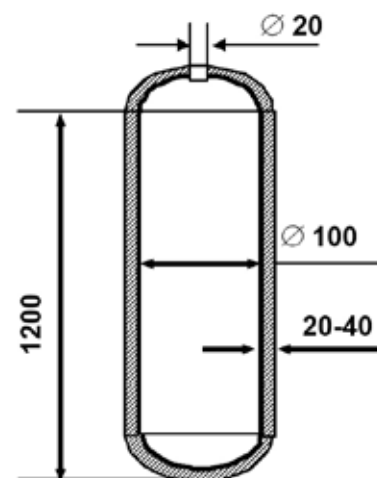
ЛЕГЕНДАРНОЕ КЕЛЬТСКОЕ ЖЕЛЕЗО



РИМСКИЙ КУЗНЕЦ



ГОРН



ТИГЕЛЬ

СХЕМА ГОРНА ДЛЯ ПЛАВКИ И КОНСТРУКЦИЯ ТИГЛЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛИТОЙ СТАЛИ ИЗ РУДЫ  
(ПО ДАННЫМ РАСКОПОК ГОРОДА АХСИКЕТА В СЕВЕРНОЙ ФЕРГАНЕ), РАЗМЕРЫ ДАНЫ В МИЛЛИМЕТРАХ.

от внутренних мятежей начал большие завоевательные войны. В 1400 г. войска Тимура покорили Сирию и взяли Дамаск. Город был сожжен, а оружейные мастера переселены в Самарканд и другие города Средней Азии. Собранные в Самарканде мастера были размещены в городской цитадели, где в специальной государственной мастерской изготовляли доспехи и различное вооружение. В 1980-х гг. на месте цитадели Тимура проводили раскопки. Археологи обнаружили помещение, в котором было найдено более 2 тыс. 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. Было установлено, что металл доспехов состоит из трех структурных составляющих, твердость которых различается более чем в 50 раз. Из этого следует, что «кольчуга Тамерлана» была изготовлена из композиционного материала. Необходимо отметить, 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 3 тыс. парадных доспехов. Это шествие наблюдал испанский посол Рюи Гонзалес де Клавихо. Согласно его описанию подбитое красным сукном и изящно отделанное обронительное оружие выглядело очень эффектно.

### ТИГЕЛЬНАЯ СТАЛЬ АХСИКЕТА

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 обнаружен древний город Ахсикет – бывший крупный политический и экономический центр Северной Ферганы. В период с VII по XIII в. в Ахсикете выплавляли высококачественные тигельные стали. В ходе археологических раскопок найдены крупные металлургические мастерские и ров длиной 250 м, шириной 25 м и глубиной 14 м, доверху наполненный тиглями вместимостью от 2 до 10 кг. В ходе исследований было установлено, что металлурги Северной Ферганы варили тигельную сталь, используя каменный уголь. Существовала целая гора из каменного угля высокого качества. За 600 лет она была полностью выработана.

### МОЛИБДЕН В ЖЕЛЕЗНЫХ ПЕСКАХ ЯПОНИИ

Большой опыт в производстве высококачественной стали был накоплен оружейниками средневековой Японии. Тайну японской стали долгое время не могли узнать, хотя это пытались 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 су-

ИЗОБРАЖЕНИЯ  
ЭТАПОВ КОВКИ  
САМУРАЙСКОГО  
МЕЧА В ЯПОНИИ  
ВРЕМЕН ПЕРИО-  
ДА ЭДО



ществовании молибдена, но опыт предков 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.

Перед изготовлением оружия железо, легированное молибденом, проходило длительную обработку. Прежде чем подвергнуться ковке, ему предстояло в течение нескольких лет пребывать в болотистой почве: в нее закапывали железные полосы или прутки, которые спустя некоторое время вынимали, 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 в глубь металла.

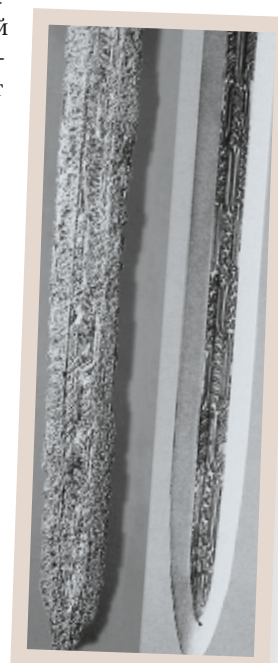
*Изгиб самурайского меча сформировался в процессе многовековой эволюции оружия данного вида. Он постоянно варьировался до тех пор, пока в конце концов не была найдена совершенная форма, представляющая собой продолжение слегка изогнутой руки.*

Однако участки железа, обогащенного молибденом, оставались практически не тронутыми коррозией. В итоге железная заготовка становилась «ноздrevатой». Это был особый металл, который представлял собой железо, легированное молибденом. Таким образом, богатый опыт, накопленный предшествующими поколениями, позволял японским мастерам 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 расщепались надвое. По понятиям самураев, хороший меч должен был перерубать в поясе двух связанных спина к спине пленных или связку жесткого бамбука.

### ПЁСТРЫЕ ЧЕРВЯЧКИ СЕВЕРНОЙ ЕВРОПЫ

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, потерпевших там когда-то крушение. Металлические предметы, утварь, монеты и сотня мечей, находившиеся в трюмах, хорошо сохранились. Почти все мечи имели узорчатые клинки, а металлографические исследования показали, что их средние части сварены из отдельных полос, скрученных в разных направлениях. В них отмечено высокое содержание фосфора. Приваренные лезвия изготовлены из стали с содержанием углерода от 0,3 до 0,6 %. Средняя длина клинков составляет 75 см при ширине около 5 см. Найденные там же древнеримские монеты, датированные III в., позволили определить возраст «нидамской находки».

Большой интерес представляет документ, рассказывающий о мечах германского производства. Известно послание короля остготов Теодориха Великого вождю германского племени гварнеров (вандалов) Тразаманду, которое датируется 523–526 гг. В нем король благодарит за присланные ему в дар мечи: «Мечи твои разрубая даже брони и более дороги качеством железа, чем ценностью золота. Их полированная поверхность блестит так, что ясно отражает черты смотрящего. Лезвия выточены так рав-



Клинки мечей  
из Нидама

номерно остро, что можно подумать, будто они вышли из плавки, а не выкованы из отдельных полос. В их выточенных прекрасными долами серединах, кажется, видишь мельчайшее переплетение червячков столь разнородных оттенков, что чудится, будто светящийся металл пропитан разными красками». Что касается упомянутого «переплетения червячков разнородных оттенков», то в современной немецкой литературе такой тип клинкового узора так и называется «пестрочервячным» (Wurmbundt). Разнообразные оттенки деталей узора получаются из-за использования при изготовлении меча нескольких сортов металла. В ливонских (эстонских) сагах упоминается меч героя Колеве-Пега (Калевипоэга), выкованный из семи сортов железа и стали.

Меч с названием узора «светлый червь» (warm-fa) играет важную роль в скандинавской поэме «Сказание о Беовульфе». С его помощью главный герой романтического произведения Беовульф, чье имя означает «пчелиный волк», т.е. медведь, побеждает человекообразное чудовище Гренделя. Для поединка с Гренделем даны, которых спасает Беовульф, вручают ему проверенное надежное оружие:

«...меч с рукоятью, старинный Хрунтинг,  
Лучший из славных клинков наследных.  
Были на лезвии, в крови закаленном,  
Зельем вытравлены узорные змеи».

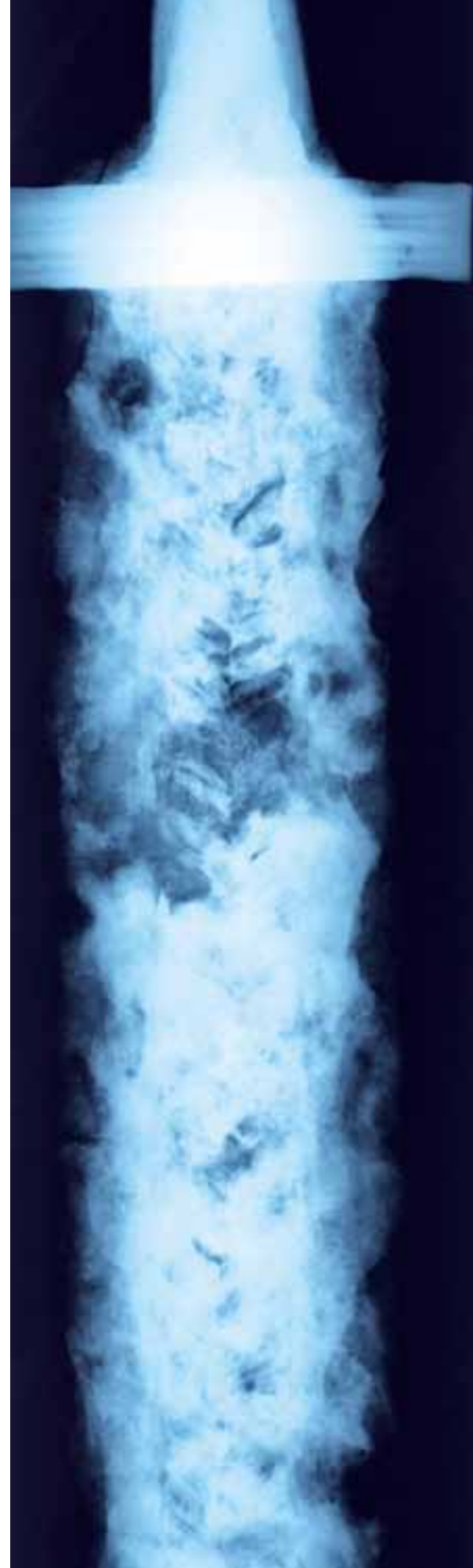
### ДЫМ САТТОН-ХУ

Одной из важнейших археологических раскопок Великобритании является захоронение Саттон-Ху в Суффолке, относящееся к началу VII в. 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, причем бруски были скручены в противоположных направлениях и сложены, образуя своеобразную «елочку». 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.

### НАСЛЕДИЕ КЕЛЬТИБЕРОВ

В позднем средневековье в Европе особенно высоким спросом пользовалось холодное оружие испанских мастеров из Толедо. Оно отличалось техническим мастерством и художественным совершенством. Еще у древних римлян ценились изготовленные кельтиберскими мастерами мечи. Впоследствии под влиянием арабского искусства испанские оружейники создавали настоящие

РЕНТГЕНОВСКИЙ СНИМОК МЕЧА ИЗ ЗАХОРОНЕНИЯ САТТОН-ХУ, НА КОТОРОМ ХОРОШО ВИДЕН УЗОР ДАМАСКОЙ СТАЛИ В ВИДЕ «ЕЛОЧКИ»





Покрывшийся  
ржавчиной дым  
саттон-ху.  
Быстрая коррозия  
характерна для  
дамасской стали  
из-за присутствия  
в слоях мягкого  
железа

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 острием в лежащую на земле свинцовую плиту и, не снимая нагрузки, изгибали и закручивали в разных направлениях. Для проверки твердости 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 полированию 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.

### МЕЧ РИЧАРДА И САБЛЯ САЛАДИНА

Наконец, нельзя не упомянуть о широко известном литературном описании дамасской стали. В романе Вальтера Скотта «Талисман», посвященном походам крестоносцев в Палестину, есть эпизод встречи Ричарда Львиное Сердце с султаном Саладином. Соперники расхваливали друг перед другом достоинства своего оружия. Чтобы доказать прочность своего двуручного прямого меча, Ричард одним ударом разрубил рукоять стальной булавы. В ответ Саладин взял шелковую седельную подушку, набитую конским волосом, поставил ее на ребро и замахнулся кривой саблей. «Лезвие сабли скользнуло так молниеносно и легко, что подушка, казалось, сама разделилась на две половины, а не была разрезана». Пораженные европейцы сочли это за фокус, но Саладин, чтобы окончательно убедить их, подбросил мягкий вуалевый платок и рассек его в воздухе. Как пишет В. Скотт, необычайно острый клинок в искусной руке султана имел «изогнутое узкое лезвие», которое «не блестело, как франкские мечи, а отливало тускло-голубым светом и было испещрено бесчисленными извилистыми линиями».

Хотя в этом эпизоде присутствуют элементы авторской фантазии, в нем довольно точно описан тип клинков, которые были в ходу в исламском мире во времена Саладина. Эти клинки своими механическими качествами и красивым волнистым узором на поверхности были обязаны материалу, из которого их ковали – дамасской стали. Именно со времен крестовых походов о дамасских клинках и доспехах ходили легенды.

### ТЕРМИНОЛОГИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Высококачественную оружейную сталь в разные времена в различных странах называли по-разному. Например, принятый в России термин «булат» (булатная сталь) произошел от иранского слова «пулад» (по-арабски «фулад»), которое означает просто литую сталь. Впоследствии само

слово «фулад» стало отражать технологическую особенность получения металла и означать «очищенное железо», т.е. железо, переплавкой которого производили сталь.

Другое популярное (особенно в странах Запада) название – «дамаск» – отражает, по-видимому, внешний вид поверхности клинков и происходит также от арабского слова «дамас» – 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.

### СТАЛЬНОЙ УЗОР: РАЗМЕР, ФОРМА, ЦВЕТ И ЧЕТКОСТЬ ЛИНИЙ

Наиболее характерным признаком, отличающим оружейные стали всех упомянутых выше видов от обычных сталей, является своеобразный узор на полированной поверхности готового изделия, различимый невооруженным глазом. Он выделяется в виде светлых линий на сером или черном фоне после протравливания изделия какой-либо слабой кислотой, но иногда он проявляется уже непосредственно после полирования. Эффект появления узора объясняется структурной неоднородностью металла, в котором участки с разным содержанием углерода травятся и полируются по-разному.

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 ее как снаружи, так и внутри. Действительно, знаток по одному лишь внешнему виду узорчатого клинка может определить структуру металла, технологию его изготовления, место и время его производства, а в некоторых случаях и 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».

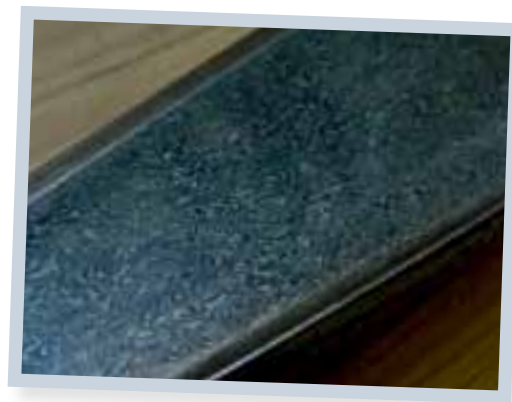
Классификация оружейных сталей вплоть до недавнего времени учитывала в основном внешние признаки – величину и форму узора, цвет и четкость его со-

ставляющих. 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 считается характерный отлив на поверхности клинка. Этот отлив может быть золотистого либо красноватого цвета и 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.

Стальные узоры могли быть относительно простыми – в виде прямых полос. Реже встречался более сложный рисунок в виде сетки из прямых и переплетенных в пряди и гроздьев изогнутых линий. Еще более редким и ценным считался коленчатый узор по всей ширине клинка из 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 четко 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 городе Алеппо (XIX в.), приводит несколько названий, классифицированных по месту производства булатов. Это три сорта табана – кермани (из Кермана в провинции Хорасан), диши и эркек; два сорта хорасана – лахори (из Лахора) и баяз; два сорта гинди («индийский») – сари и кум («волнистый»), стамбульские элиф и бейяд («белый»), сирийские шам (Шам – турецкое название Сирии) и эски шам («старинный шам») и, наконец, лахори нейрис.



ЗНАМЕНИТЫЙ УЗОР  
КАРА-ТАБАН

## КЛАССИФИКАЦИЯ П.П. АНОСОВА

Начиная со знаменитой работы П.П. Аносова «О булатах», опубликованной в 1841 г., в специальной литературе была установлена 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 ноготковых значков.

По цвету или грунту металла различают три сорта булатов: серые, бурые и черные. Чем грунт темнее, а узор на нем более выпуклый, тем булат лучше. Кроме того, различают еще и отливы, которые дает клинок при падении на него косвенных лучей солнца. Отливы бывают красноватые и золотистые. Некоторые булаты отлива не дают.

Лучший дамаский клинок обладает следующими свойствами: узор его крупный, коленчатый или сетчатый, белого цвета, отчетливо выделяющийся на черном грунте, отлив золотистый, а звук должен быть долгий и чистый».

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.

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Сегодня совершенно ясно, что булат имел несколько разновидностей, отличавшихся друг от друга. Секреты булатных сталей заключались в их структуре, обусловленной технологией выплавки, особенностями кристаллизации,ковки и закалки. Для каждой разновидности булата – своя технология и свои секреты. Принято выделять две большие группы технологий производства высококачественной оружейной стали. Первая группа объ-

единяет технологии, связанные с расплавлением хотя бы одной из составляющих будущего металла. Так получали «классические» литые булаты: индийский вутц, арабский фаранд, китайское «многосуточное железо». Вторую группу составляют способы, основанные на применении кузнечной сварки; так получали и получают дамаски. Естественно, что в каждой группе имеется множество разновидностей и, кроме того, существуют технологии производства узорчатой стали, которым присущи признаки получения как литого, так и сварочного металла. Необходимо отметить, что качество сварочной дамасской стали, как правило, намного уступает качеству литой булатной стали.

## ЛИТАЯ СТАЛЬ

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 °С. Используя это явление, способы носят общее название двухфазных, так как основаны на недорасплавлении сравнительно низкоуглеродистых включений, взвешенных в высокоуглеродистом расплаве. В плавильном тигле создавались условия, при которых в жидком расплавленном чугуне плавали размягченные куски железа. Поэтому после затвердевания и расковки слитка в клинке чередовались участки очень твердой и хрупкой сверхуглеродистой стали с участками вязкого, но мягкого металла.

На сложную структуру древнего литого металла указывал выдающийся среднеазиатский учёный-энциклопедист аль-Бируни (4.10.973 — 13.12.1048, по другим данным — после 1050): «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 мечях он высоко ценится».

## КИТАЙСКОЕ «МНОГОСУТОЧНОЕ» ЖЕЛЕЗО

Раскопки, проводившиеся археологами, показали, что уже в эпоху Чжаньго (V–III вв. до н. э.) во многих регионах Китая использовалось оружие, изготовленное из железа и чугуна. В 1965 г. у города Сяду, столицы царства Янь, в могиле конца периода Чжаньго было найдено не только оружие из железа, но и железные доспехи, состоящие из 89 соединенных между собой пластин. Находки в этой и других могилах показывают, что в то время про-



*Крис (keris) — национальный кинжал с характерной асимметричной формой клинка. Появился на острове Ява, распространен по всей Индонезии, на Филиппинах и в Малайзии.*

Клинок КРИСА ИЗГОТОВЛИВАЛСЯ ИЗ МНОГОСЛОЙНОЙ СТАЛИ — «ПАМОР». БРУСОК, ИЗ КОТОРОГО КУЗНЕЦ ВЫКОВЫВАЕТ КЛИНОК БУДУЩЕГО КИНЖАЛА, СОСТОИТ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ СЛОЁВ МЕТАЛЛА, КОТОРЫЕ ОТЛИЧАЮТСЯ ДРУГ ОТ ДРУГА СОДЕРЖАНИЕМ УГЛЕРОДА И РАЗЛИЧНЫМИ ПРИМЕСЕЙ (ЧАЩЕ ВСЕГО — НИКЕЛЯ). НЕОДНОРОДНАЯ СТРУКТУРА ДАЁТ ОСОБЫЙ УЗОР, КОТОРЫЙ ПРОЯВЛЯЛСЯ ПОСЛЕ ПРОТРАВЛИВАНИЯ КЛИНКА В РАСТВОРЕ ИЗ МЫШЬЯКА И СОКА ЛАЙМА

изводили высокоуглеродистую сталь и использовали ее для копий и алебард.

Технология получения стали из чугуна была разработана в Китае, по-видимому, во II в. до н. э. Этот трудоемкий 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.). В III в. китайцы освоили технику производства оружия путем сваривания стальных полос с разным содержанием углерода, а в V в. научились получать чугунно-стальной композит путем сплавления чугуна с низкоуглеродистым кричным железом.

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 четыре 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.

### ИНДИЙСКИЙ И ПЕРСИДСКИЙ ВУТЦ

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 (две части) и магнитного (три части) железняка. Металл из частиц разных руд восстанавливался с различной скоростью. В результате восстановившийся первым металл за время плавки (около суток) успевал силь-

Мастерство кузнецов Криса было настолько высоким, что они могли создавать клинки с произвольным узором. К примеру, были узоры, которые назывались «рисовые зёрна», «волокна кокоса», «перья петуха». Позже, когда Малайзия оказалась под влиянием мусульман, на клинках стали делать узоры, повторяющие изречения из Корана. Однако с точки зрения магии, наиболее ценными считались клинки с «случайными» узорами, когда кузнец точно не знал, какой узор у него получится и целиком полагался на случай и волю богов. Особую ценность клинок приобретал, если в процессе работы в узорах на клинке просматривался силуэт животного или звезды, но больше всего ценились клинки с силуэтом человека



нее науглеродиться от контакта с древесным углем и расплавиться, а выделившийся из трудновосстановимой 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 невооруженным глазом грубокристаллической структуры.

Посетивший Иран (Персию) штабс-капитан Масальский в «Горном журнале» за 1841 г. так описывает виденный им там процесс выплавки булата: «В огнеупорный тигель мастер закладывает измельченную смесь старого, бывшего в употреблении железа и зеркального чугуна в соотношении одна часть чугуна на три части железа. Плавка продолжалась пять-шесть часов, после чего дутье прекращали и дожидались, пока печь «затихнет». Затем тигли вскрывали, вкладывали в них немного серебра в количестве четырех-пяти золотников и снова засыпали печь углем. Все отверстия печи тщательно замазывали, и тигель остывал в тлеющих углях в течение трех-четырех дней».

Как следует из этого описания, иранцы совмещали замедленную кристаллизацию слитка с его многодневным отжигом при «краснокальном» жаре. Более того, они не только слитки, но и уже откованные клинки подвергали подобному отжигу в целях повышения четкости и контрастности узоров. Во время отжига печи топили сушеным навозом, что помимо улучшения узоров одновременно могло способствовать и насыщению поверхности клинков азотом.

## ДАМАССКАЯ СТАЛЬ

Дамасские стали являются сварочными. Это означает, что их получают кузнечной сваркой (в горне на угле – как на древесном, так и на каменном) различных углеродистых сталей с чугуном, в том числе легированным, и (или) чистым кричным железом.

Кузнечную сварку губчатого кричного металла применяли еще в самом начале железного века. Эта технологическая особенность нашла отражение в 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 осуществляют собственно сварку.

После первой сварки пакета его расковывают на полосу и разрубают на части, которые снова складывают стопкой и проводят 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.

Отметим, что прочность даже двух сваренных пластин из металла разного состава выше, чем просто сумма прочностей каждой из них. И чем больше пластин соединяется, тем более повышается прочность. Это объясняется тем, что на стыке стали и железа образуется упрочненный пограничный слой с сильно искаженной кристаллической решеткой металла. При увеличении числа слоев возрастает относительная толщина упрочненного пограничного слоя. Однако это не единственная причина высокой прочности дамасской стали. Имеет значение также «эффект троса». Как в тросе, состоящем из сотен тонких проволок, 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 развиваться, в мягкой железной прослойке.

Ножом, сваренным из дамасской стали, можно перерубить железнодорожные костыли

## СВАРОЧНАЯ СТАЛЬ СКАНДИНАВИИ

Оружие из сварочной стали производили во многих регионах средневековой Европы, например в Скандинавии. В погребениях VIII в. обнаружены специфические ножи,

характерные для древнескандинавской культуры. Они имели клинок длиной 40–100 мм с прямым обухом и четкими уступами, отделяющими его от хвостовика. Технологической особенностью клинка являлась его составная конструкция, представляющая собой трехслойный (реже пятислойный) пакет с твердой сердцевиной и прочными обкладками. Первоначально на обкладки шло фосфористое железо, а в центр – твердая, как правило, импортная, сталь. Позднее фосфористое железо уступило место низкоуглеродистой стали. Такая схема повторяла конструктивные особенности мечей викингов, распространенных в период Переселения народов, и стала своеобразной визитной карточкой скандинавских мастеров.

Суть упомянутого технологического приема изготовления клинка заключается в том, что имеющий хорошие режущие свойства средний слой упрочняется обкладками из низкоуглеродистой стали. Такой прием получил название «пакетирование», а схема – «трехслойный пакет». Иногда он дополнительно усиливался еще и наружными обкладками из углеродистой стали. Эта схема известна под названием «пятислойный пакет».

Пакетирование клинков обеспечивало сочетание великолепных прочностных свойств с высокой стойкостью режущей кромки, что придавало им ценность и гарантировало спрос. Такие ножи широко представлены среди археологических находок не только на территориях, исторически заселенных викингами, но и во многих других регионах Европы. 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 (Гнездово), Новгородской (Новгород, Старая Ладога) и Ростово-Суздальской (Суздаль, Гнездилово) земель. Следует отметить престижность такого рода клинков, которые, по-видимому, были доступны далеко не каждому. Так, в результате раскопок на территории древнего Пскова было установлено преобладание в X–XI вв. трехслойных клинков в кремле и Домонтовом городище – местах компактного проживания социальной верхушки. В то же время в Среднем городе, где жил простой народ, такие технологические схемы крайне редки.

Необходимо отметить, что высокое качество скандинавских, а в последствии и русских мечей было хорошо известно в странах Востока. Аль-Бируни описывает их структуру и особенности изготовления следующим образом: «Русы выделявали свои мечи из шапуркана (стали), а долы посредине их из нармохана (железа), чтобы придать им прочность при ударе, предотвратить их хрупкость. Ал-фулад не выносит холода их зим и ломается при ударе. Когда они познакомились с фарандом (литой сталью), то изобрели для долов плетенье из длинных проволок (изготовленных) из обеих разновидностей железа — шапуркана и женского (мяг-

кого, низкоуглеродистого). И стали получаться у них на сварных плетениях при погружении (в травильный раствор) вещи удивительные и редкостные, такие, какие они желали и намеревались получить. Ал-фаранд же не получается соответственно намерению при изготовлении и не приходит по желанию, но он случаен».

### «ЧУГУНЕНИЕ» И «НАСТАЛИВАНИЕ»

Структуру металла с высокоуглеродистыми прослойками можно получить, применяя при кузнечной сварке в качестве флюса дробленый чугунок. При температуре сварки углерод чугуна мгновенно соединяется с окалиной, отнимая у нее кислород. В итоге вместо окалины образуются диоксид углерода и восстановленное железо, которое тут же науглероживается от контакта с углеродом жидкого чугуна. Чугун в данном случае служит более эффективным источником углерода, 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 чугунок 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 высокоуглеродистой стали.

Дальнейшую расковку пакета проводят при нескольких пониженных температурах, чтобы высокоуглеродистые 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. «пределный» вариант дамасской стали. Классический японский способ изготовления клинков как раз и заключался в использовании молибденсодержащего железа, стали (по некоторым данным, импортируемой из Китая) и дробленого чугуна.

### КОВКА ЛИТОЙ СТАЛИ

Историческому сосуществованию двух типов оружейной стали – литой и сварочной – соответствовали две технологииковки. Известно, что заготовка вутца перед ковкой имела небольшую массу (не более 1 кг). 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 «завихренность» в результате применения сложных приемовковки, но и их раздробленность. Данное обстоятельство указывает на осуществление на определенном этапековки мощного «единообразного»



Современный кли-  
нок с дамасским  
узором

воздействия на волокна, предварительно приведенные в благоприятные для дробления условия. По-видимому, именно эта операцияковки определяющим образом влияла на конечное качество булатной стали и совокупность ее феноменальных свойств.

Вместе с тем многими специалистами отмечается, что условием правильнойковки булата является ее «постепенность». Качество булатного клинка тем выше, чем медленнее ведетсяковка. Аккуратнаяковка 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.



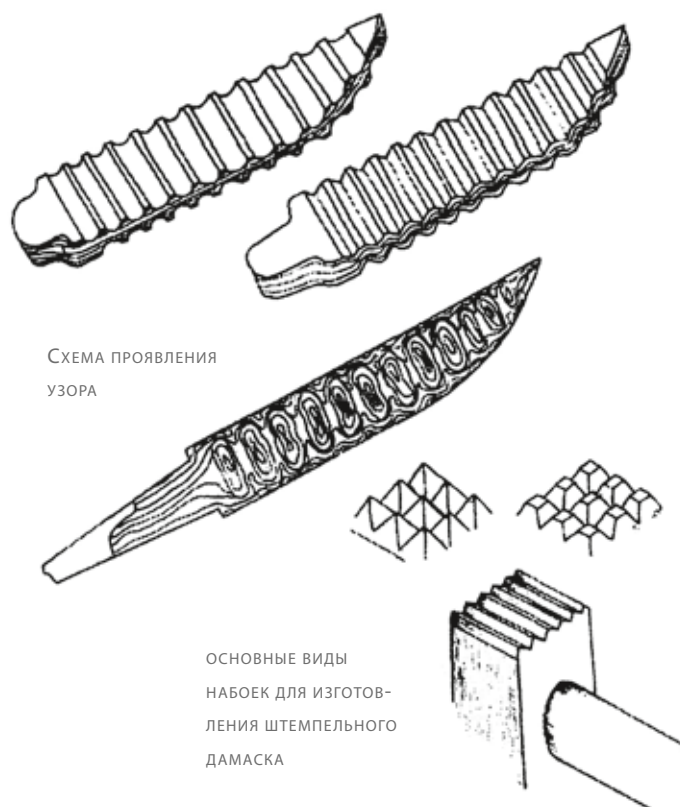
### КОВКА ДАМАСКА

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 по принципу образования на несколько групп: «дикий», «штампельный»

и «крученный (турецкий)».

«Дикий» узор дамаска образуется при беспорядочном перемешивании металла в результате простой ручнойковки. Лучшие мастера предпочитали ковать клинки из «штампельного» дамаска с регулярным узором. «Штампельным» узор называли в Германии по способу его образования с помощью нанесения специальным штампом - штампелем 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 поперек клинка.

Распространенным видом «штампельного» узора является ромбический, имеющий две разновидности. Одну из них получают, насекая поверхность заготовки зубилом 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 пира-



мидальные выступы штампом. Кольчатый вид «штампельного» узора в США называют «павлиний глаз», хотя он больше похож на «павлиний хвост», поскольку на клинке в четком порядке расположены многочисленные концентрические окружности.

### «ТУРЕЦКИЙ», ИЛИ «РОЗОВЫЙ», ДАМАСК

Особенно красивым считается узор «турецкого» дамаска. Так в XVII–XVIII вв. его называли в Европе, когда увидели привезенные с Востока сабли из местных разновидностей сварочного металла. Другое его название – «розовый» дамаск, обусловленное схожестью 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: «...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 происходят так же, как и при изготовлении обычного клинка. Единственное различие состоит в том, что штамп для дамаска должен быть снабжен различ-

Схема и фотографии проявления узора в крученном турецком дамаске в исполнении кузнеца Филиппа Паттона



ными 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. Именно этот этап

технологии ее производства окружен наибольшим числом легенд и таинств, дошедших 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 изготовления булатного оружия. Объяснить, почему металл становится прочнее и тверже, 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 растворенные в ней соли оказывали большое влияние на скорость охлаждения изделий, поэтому место отбора воды и ее температуру при закалке держали в строгом секрете. Ввиду того, что клинки из стали с высоким 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 перед термической обработкой клинок для тепловой изоляции обмазывался 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.





## **МОЧА РЫЖЕГО МАЛЬЧИКА И ЯГОДИЦЫ МОЛОДОГО РАБА**

Металлурги искали и умели находить среды, в которых сталь охлаждается быстрее, чем в воде. Так, моча и другие растворы солей забирают тепло у раскаленного металла быстрее, чем самая холодная вода. Заметив эту особенность, 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 папоротником. 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». Существуют легенды, согласно которым булатные клинки закалывали в молоке матери, кормящей сына, в моче рыжего мальчика, трехлетней черной козы и т.д.

Как повествует легенда, в Древней Сирии клинок нагревали до цвета зари и 6 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.: «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».

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.

## **ТАЙНА ЛИТОЙ СТАЛИ**

Как ни парадоксально, человек пока так и не смог до конца понять сущность булатной стали, природу уникальных свойств и особенности технологии ее получения. И это 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 отметить, что П.П. Аносов, неоднократно отмечая в своих работах высокие качества полученного им булата, не уступающего лучшим азиатским булатам, никогда не говорил о том, что раскрыл тайну индийского вутца; более того, он отказался от устоявшегося в то вре-

мя понятия «дамасская сталь» и выдвинул новое – «русский булат».

Разгадать секрет литой оружейной стали стремились многие видные европейские ученые, в том числе Майкл Фарадей, сын кузнеца. В 1819 г. он исследовал образцы литой стали и пришел к выводу, что ее исключительные свойства объясняются присутствием небольших количеств кремния и алюминия. Хотя этот вывод оказался ошибочным, статья Фарадея вдохновила Жана Робера Бреана, пробирного инспектора Парижского монетного двора, провести серию экспериментов, в которых он вводил в сталь различные элементы. Именно Бреан впервые в 1821 г. высказал догадку о том, что необычные прочность, вязкость и внешний вид литой оружейной стали должны быть обусловлены высоким содержанием углерода. Он установил, что ее структура имеет светлые участки науглероженной стали на темном фоне, который он называл просто сталью.

Производство древнего оружия из булатной стали, окруженной легендарным ореолом сверхдостоинств и священных тайн, как уже хорошо известно, осуществлялось из индийского вутца. Он поставлялся 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, отличные от рисунка на готовых клинках. По мнению большинства специалистов, лучшие клинки ковали в VII–XII вв. Лезвие индийского клинка после заточки приобретало невероятно 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 еще в некоторых музеях Европы. Потеря секретов производства индийского вутца при наличии широкого рынка сбыта его заготовок указывает на ограниченное число мастеров, владевших технологией производства вутца, а также на достаточно высокие для своего времени показатели производительности, выход годного и воспроиз-

водимость технологии получения вутца. С учетом этого можно предположить следующее: технология производства слитка индийского вутца была достаточно проста (как, наверное, и должно было быть, иначе стоило ли ее так тщательно скрывать), а форма в виде лепешки была в те далекие времена единственно правильной для представления готового полупродукта.

В средние века при определении преимуществ 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 отливы, высоту и длительность звучания клинка при ударе по нему, упругость и т.д. Представляется во многом понятным, что эти критерии контроля качества 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 полирования лезвия из булатной стали его режущая кромка уже имела зубчатый рельеф, обусловленный изменяющимися по длине кромки твердостью и износостойкостью ее 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 его рукоятки.

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».

### ЛЕГЕНДАРНЫЙ КОМПОЗИТ

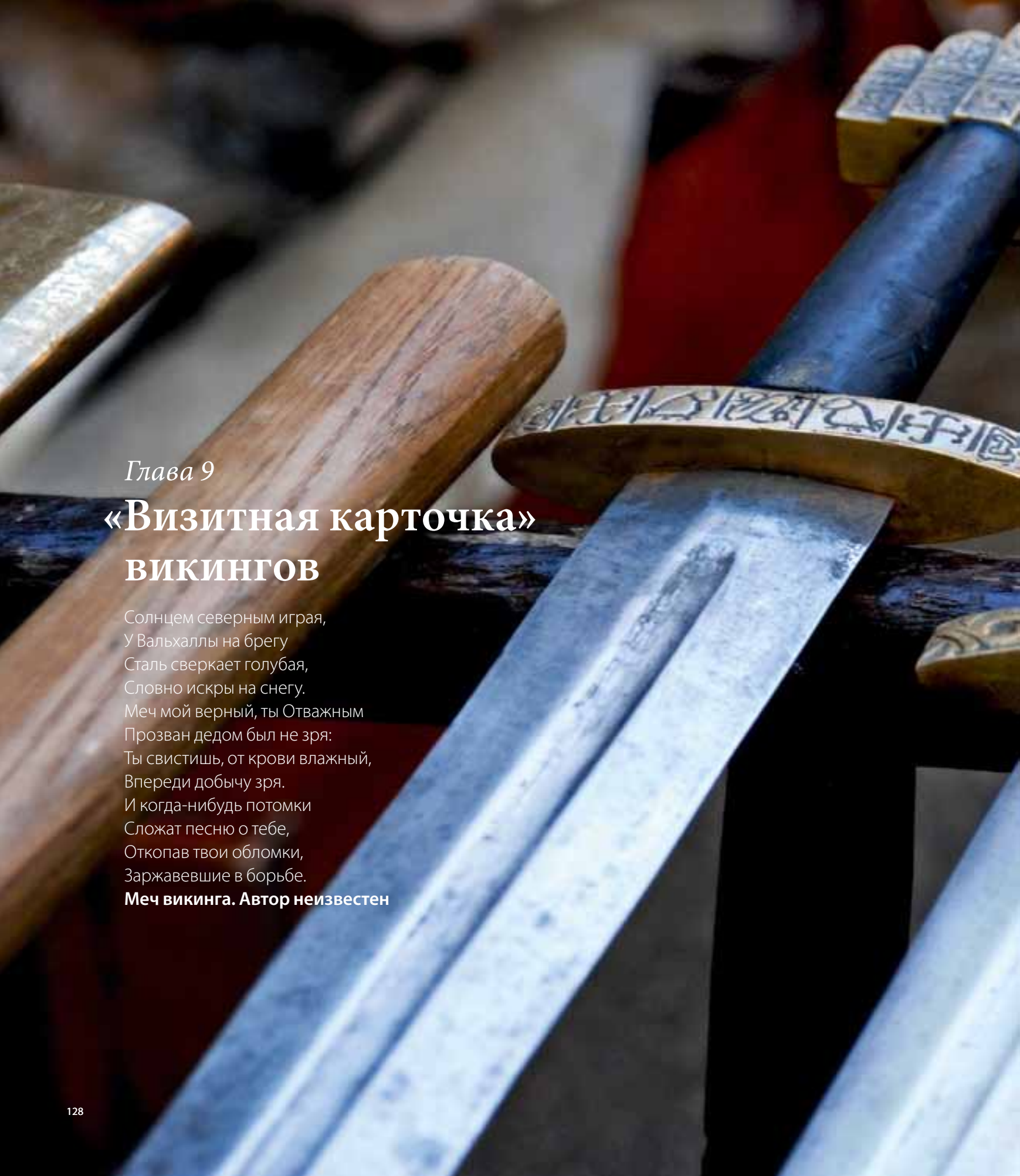
Итак, булат представляет собой композиционный материал. Отметим, что идея создания подобных материалов заимствована человеком у природы. Множество природных конструкций (стволы деревьев, кости и зубы людей и животных) имеют характерную волокнистую структуру. Она состоит из сравнительно пластичного матрично-

го вещества и более твердого и прочного вещества в виде 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 и вязкого поверхностного слоя (эмали) и более мягкой сердцевины (дентина). И эмаль, и дентин содержат неорганические микрокристаллы гидроксилapatита игольчатой формы, расположенные в мягкой органической матрице.

Сейчас можно с уверенностью сказать, что булатная сталь была открыта неслучайно и гораздо раньше, чем принято думать. Металлурги 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 определенных видов естественных и искусственных композитов, в числе которых в настоящее время принято определять волокнистые, слоистые и дисперсно-упрочненные. Особые свойства булата достигаются в результате совместной термомеханической обработки волокон и матрицы и последующего термического упрочнения композита посредством взаимного воздействия его отдельных составляющих и процессов, протекающих в них.

В заключение отметим, что при определенных условиях узорчатый слиток можно получить из однородного расплава. Это достигается путем замедленной кристаллизации высокоуглеродистого сплава, при которой вырастают крупные зерна-кристаллы, размер которых может достигать нескольких миллиметров. По границам этих кристаллов-дендритов выделяются карбиды, образующие цементитную сетку. 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 в настоящее время называют «дендритной» сталью – по дендритному характеру кристаллизации слитка, или «ликвационным» булатом – по механизму образования узора вследствие ликвации углерода. Клинки из «ликвационного» булата современные кузнецы расковывают при нагреве до температур, не превышающих 850 °С. Это обязательное условие, иначе, при более сильном разогреве, карбидные частицы полностью растворяются и матрические узоры исчезают. \*



Глава 9

## «Визитная карточка» ВИКИНГОВ

Солнцем северным играя,  
У Вальхаллы на брегу  
Сталь сверкает голубая,  
Словно искры на снегу.  
Меч мой верный, ты Отважным  
Прозван дедом был не зря:  
Ты свистишь, от крови влажный,  
Впереди добычу зря.  
И когда-нибудь потомки  
Сложат песню о тебе,  
Откопав твои обломки,  
Заржавевшие в борьбе.

**Меч викинга. Автор неизвестен**





*Своеобразной «визитной карточкой» воинственных северных народов является оригинальное произведение кузнечного искусства «меч викингов», ставший символом эпохи.*

**В** СОВРЕМЕННОЙ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЕ длившиеся более 1100 лет средние века, как правило, подразделяют на две эпохи: раннее средневековье – с момента падения Западной Римской империи в 476 г. до середины XIV в., и позднее средневековье (Возрождение, Ренессанс) – до конца XVI в. В раннем средневековье особо выделяют периоды с конца V до середины VIII в., который называют эпохой Великого переселения народов, и с конца VIII до середины XI в. – эпоху викингов. Своеобразной визитной карточкой воинственных северных народов является оригинальное произведение кузнечного искусства «меч викингов», ставший символом эпохи.

### ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

Раннее средневековье представляет собой уникальную эпоху в истории Европы, когда границы стран непрерывно менялись, происходили частые переселения больших групп населения и целых народов. Политическая карта этого времени представляет собой своеобразный пестрый калейдоскоп возникающих и исчезающих больших и малых государств и государственных союзов. Вместе с тем письменных свидетельств, государственных актов и договоров этой эпохи в распоряжении историков совсем немного, потому что отлаженная система римского права, уничтоженная в V в., была воссоздана в Европе только к концу XI в. В результате самым надежным источником знаний о раннем средневековье становятся металлургические раритеты, новейшие методы исследования которых активно развиваются в последние десятилетия. Историки становятся археометаллургами и археометалловедами для того, чтобы выявить закономерности развития стран и народов раннего средневековья «сквозь призму технологии». Если Вас интересует история средневековья – изучайте металлургию!

### ЗАКАТ АНТИЧНОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ

Важнейшим достижением эпохи раннего средневековья считается широкое использование лошади. Жизнь крестьянина без неё стала невыносимой. Появление хомута позволило использовать лошадь на пашне – ведь раньше пахали на быках. Запряжённые лошадьми телеги и кареты стали главным средством транспорта.

В III–V вв. на Востоке было создано и вошло в повсеместное употребление изобретение, которое привело к разрушению античной цивилизации. Фундаментальным открытием кочевников стало стремя. Металлическим стременам предшествовали мягкие кожаные ремешки. В V в. стремени изготавливались из прочного кричного железа (лишь иногда употреблялись бронзовые).

Изобретение стремени привело к широкому распространению верховой езды. Оно сделало всадника устойчи-



чивым в седле и позволило использовать длинный меч или саблю. Привстав в стременах, всадник обрушивал на римского легионера или китайского пехотинца удар, в который вкладывал всю массу своего тела. Следствием применения новой тактики ведения боя стала волна нашествий, которая погубила цивилизацию Древнего мира.

Хозяевами Европы стали потомки завоевателей-варваров. Это были всадники-рыцари с тяжёлым вооружением. Владение рыцаря называлось феодалом, поэтому социальную систему тех времен историки называют феодализмом; таким образом, фундаментальное открытие – изобретение стремени породило рыцарей, феодализм и новый хронологический период в развитии цивилизации – средневековые.

### СЕВЕРНАЯ ВОЛНА

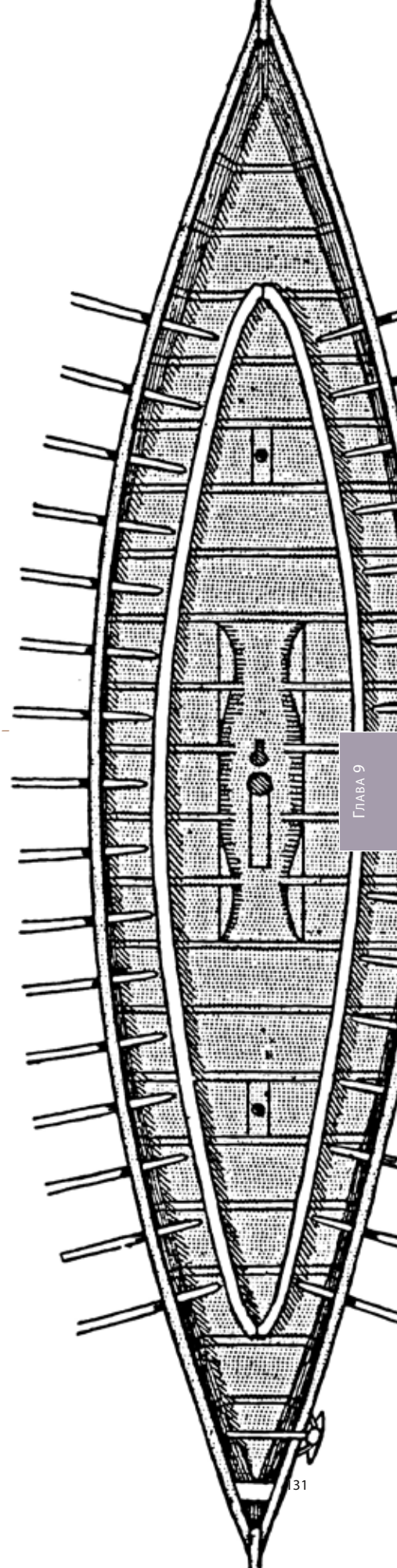
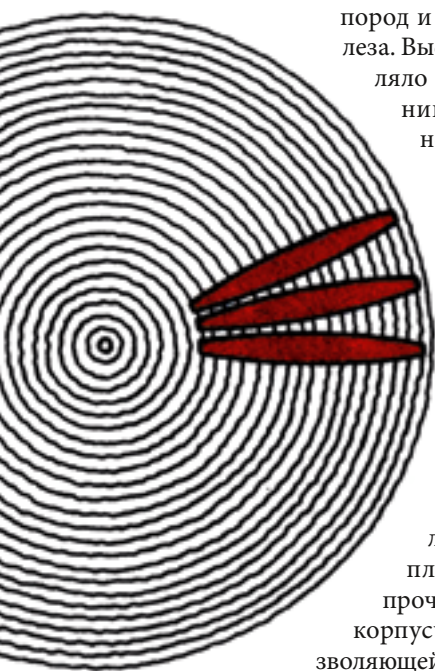
После волны нашествий, пришедшей в V–VIII вв. из глубин Евразии, последовала вторая волна – на этот раз с Севера Европы. В Скандинавии было создано мореходное судно нового типа с 40–70 гребцами и прямоугольным парусом. Отличительным качеством новых кораблей было то, что они могли с одинаковым успехом преодолевать моря и подниматься по рекам, их можно было перетаскивать волоком через водоразделы и речные пороги. Корабли обладали удивительной манёвренностью: строгая симметрия носовой и кормовой части судов по отношению к оси мачты позволяла им, не разворачиваясь, передвигаться и вперед и назад.

Быстрому развитию кораблестроения способствовали изобилие дерева корабельных пород и наличие развитой металлургии железа. Высокое качество железа и стали позволяло скандинавам иметь отличный плотницкий инструмент: топоры, пилы, ножовки, тесла, струги, буравы, коловороты. Большой прямоугольный парус делали из двойной грубой шерстяной ткани или двойного льняного полотна.

Викинги-корабелы не распиливали брёвна на доски, а расщепляли стволы вдоль волокон специальными клиньями. Как показали эксперименты, из ствола поперечником около метра выходило примерно двадцать одинаковых досок шириной до 30 см. Получались длинные тонкие и гибкие планки, сохранявшие естественную прочность дерева. Это позволяло придать корпусу судна свойство эластичности, позволяющей ему выдерживать нагрузки во время штормов.

*Строгая симметрия носовой и кормовой части судов по отношению к оси мачты позволяла им, не разворачиваясь, передвигаться и вперед и назад.*

СХЕМА РАСКРОЯ БРЁВНА НА ДОСКИ.



Излюбленный  
инструмент викин-  
гов-корабелов —  
топор

Боевые топоры  
викингов



### КОРАБЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Специалисты единодушны в том, что выбор инструментов для работы по дереву, которыми пользовались викинги при строительстве кораблей, весьма широк и в умелых руках достаточен для всех необходимых операций. Изучение найденных наборов, внимательное рассмотрение сохранившихся изображений, а также следы, оставленные разными инструментами на деревянных деталях, позволили заключить, что важнейшим орудием был, несомненно, топор. Владели же им древние мастера поистине виртуозно: даже окончательная отделка бортовых и палубных досок производилась иногда топором, хотя существовали и более, казалось бы, подходящие приспособления: тесло и скобель.

Топоры использовались нескольких типов, в зависимости от вида работы. На одном древнем изображении было найдено сразу четыре типа топоров. Одним валили деревья, другим обрубали сучья, третьим выглаживали доски и четвертым производили окончательную обра-



ботку после прилаживания доски к корпусу. Такое при-  
страстие к топору отнюдь не случайно и не является от-  
личительной чертой именно викингов. Дело в том, что  
пила лохматит и разрыхляет древесные волокна, тогда  
как топор их, наоборот, сглаживает и плющит. Дерев-  
янная деталь, вытесанная топором, впитывает влагу  
гораздо меньше выпиленной, а значит, меньше гниёт  
и служит дольше.

Для сверления отверстий использовалось нечто вроде ко-  
ловороты: отточенная железная «ложка» на деревянной ру-  
кояти с крестовиной, чтобы её можно было вращать. В ходу  
были также ножи всевозможных форм и размеров, долота и  
стамески, в том числе полукруглые и фигурные, самые раз-  
личные резакы, а также молотки и деревянные колотуши.

Боевые суда именовались «драккар» (дракон)  
и «шнеккар» (змея), торговые корабли, которые были ко-  
роче и шире, назывались «кнорр». Промежуточное поло-  
жение занимали «карфы», которые использовались как в  
транспортных, так и в военных целях.



КОРАБЛЬ ВИКИНГОВ НА  
НАСКАЛЬНОМ РИСУНКЕ





Датские викинги  
столкнулись с фран-  
ками в Северной  
Франции, в конце  
IX века. Викинги  
направляются в глубь  
континента на укра-  
денных лошадях

## ЭПОХА ВИКИНГОВ

У многих знатных вождей и купцов корабли имели вышитые золотом пурпурные паруса, а на носу и золочёных мачтах располагались золотые или бронзовые фонари и вымпелы в виде мифических птиц, животных и сложных орнаментов. Моряки верили, что фигуры божеств и фантастических существ помогают им совладать с морскими стихиями. К кораблям относились как к живым существам, поэты (скальды) в стихотворениях (эддах) называли корабль «конём моря» и «змеем волн».

Участников морских походов в VIII–XI вв. сами скандинавы называли викингами, на Руси они были известны

под названием варягов, а в Западной Европе – норманнов (людей с Севера). Слово «viking», вероятнее всего, происходит от древнескандинавского «vik», означавшего «залив, бухта». С начала IX в. оно стало употребляться для обозначения морского похода и самого процесса «разбоя за морем». Следует отметить, что оно прижилось не сразу – участники первых набегов конца VIII в. употребляли термин «strandhagg» (набег, внезапное нападение). Употребляемое скандинавами слово «vikingr», производное от «viking», означало «пират, корсар» – человек который сколотил себе состояние, совершая морские набеги на берега чужих стран или нападая на мирных путешественников в своих водах.

Строго говоря, викингами следовало бы назвать только тех людей, для которых разбой становился профессией. К обычным скандинавским крестьянам, купцам, поселенцам и ремесленникам того времени, да и к дружинникам, участвовавшим в династических войнах своих князей (конунгов), это слово вряд ли подходит. Тем не менее именно скандинавские морские разбойники оказали наибольшее влияние на Европу того времени. Поэтому период европейской средневековой истории, начавшийся в конце VIII в. набегами скандинавов на города и монастыри Англии и Ирландии, обычно называют эпохой викингов. Иногда называют точные даты эпохи викингов: начало – 793 г., нападение на остров Линдисфарн у берегов Англии; завершение – 1066 г., завоевание Англии Вильгельмом Нормандским.

Благодаря драккару норманны могли внезапно появляться едва ли не в любом месте Европы. Флотилия из



Европейские марш-  
руты викингов

50–100 кораблей высаживала несколько тысяч воинов, которые грабили города и сёла и уходили, как только противник собирал крупные силы. В сражениях с регулярными войсками викинги воевали плотным строем, рассчитывая на ожесточенный натиск в рукопашной схватке. Находясь под прикрытием щита из липового дерева, воины пробивали себе дорогу сквозь вражеские ряды ударами мечей и боевых топоров. Вождь и его приближенные группировались вокруг знамени, создавая неприступный ключевой узел войска: воины с помощью щитов образовывали вокруг вождя настоящую цитадель. Некоторые бойцы (берсеркеры), находившиеся под воздействием возбуждающего настоя из мухоморов, становились практически нечувствительными к боли, чем во много раз умножали боевое рвение соратников.

### ВИКИНГИ И СЛАВЯНЕ

Драккар позволил норманнам разграбить большую часть Западной Европы, но, не обладая преимуществом перед рыцарской конницей, они смогли закрепиться лишь в немногих областях: Нормандии, Сицилии, Англии.

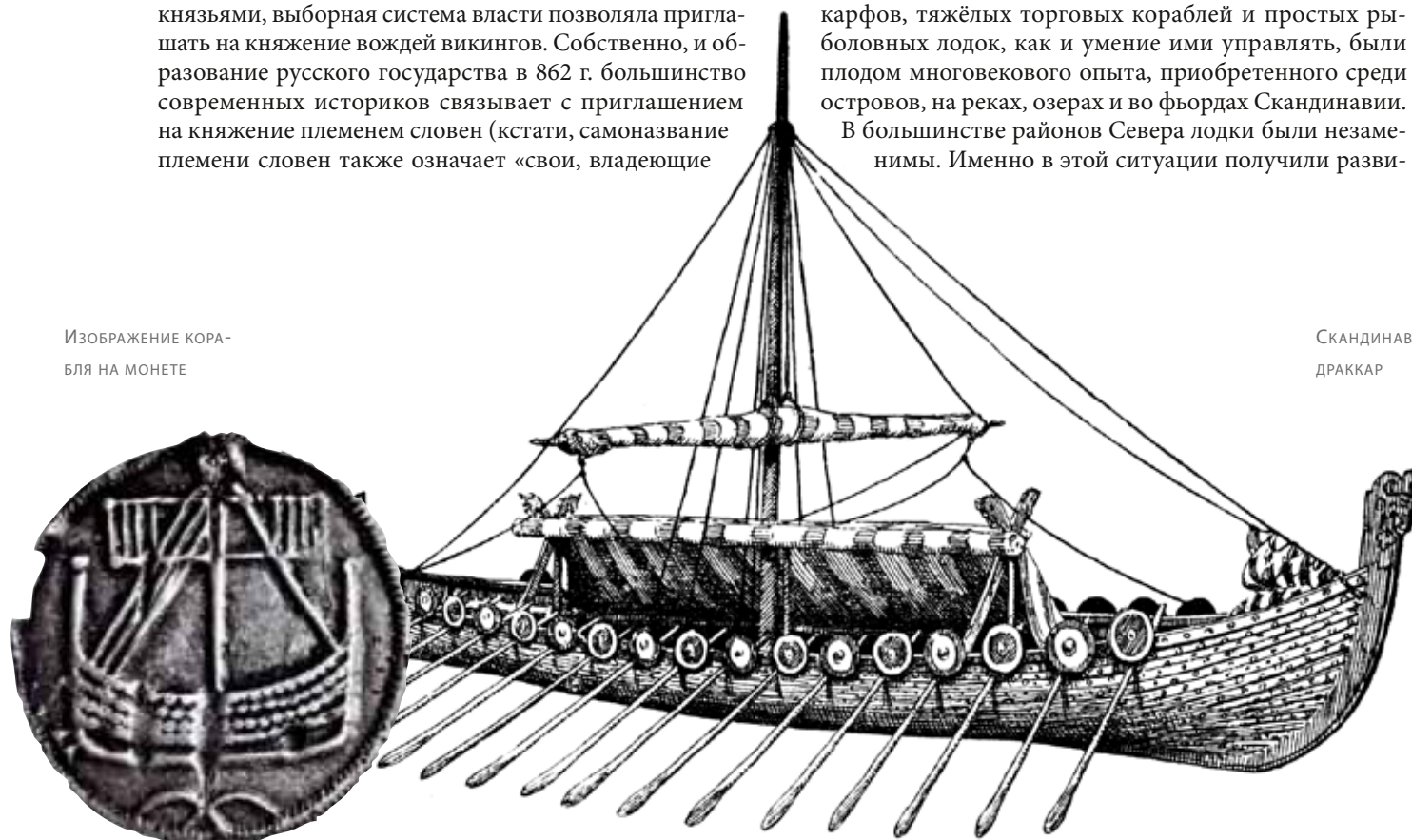
На востоке Европы, на территориях, занимаемых славянскими народами, ассимиляция варягов, происшедших в основном из свеев («свеи, свевы» – свои, самоназвание шведских племен), с местным населением происходила наиболее интенсивно и сравнительно мирно. Дружины варягов часто нанимались местными князьями, выборная система власти позволяла приглашать на княжение вождей викингов. Собственно, и образование русского государства в 862 г. большинство современных историков связывает с приглашением на княжение племенем словен (кстати, самоназвание племени словен также означает «свои, владеющие

словом») в город Ладогу Рориха Ютландского, прославившегося набегом на Лондон. Впоследствии многие русские князья носили скандинавские имена. Олег и Ольга – это Хельги и Хельга, Игорь – Ингварр, Святослав – Свендислэйв, Владимир – Вольдемаар.

Позднее варяги превратились в конных дружинников, русских бояр, а сама дружина князя стала называться русью. Из древнескандинавских языков ясно, что подразумевало это имя: слова с корнем «ротс/рос/рус» означали гребцов, участников похода на гребных судах. История мореплавания объясняет, почему скандинавы, выступавшие на Восток, не называли себя викингами. В морские походы по Балтике и Атлантике (вики) скандинавы-викинги ходили на больших драккарах под парусами. По рекам Восточной Европы часто приходилось плыть против течения, грести на веслах, вытаскивать суда на сушу и тянуть их через волоки. Эстонцы – древняя чужь и финны: до сих пор называют шведов руотси. Историк-лингвисты считают, что именно от чуди славяне впервые услышали имя шведских «гребцов». В славянской передаче слово зазвучало как «русь», по аналогии с тем, как самоназвание самих финнов – «суоми» в летописях стало передаваться как «сумь».

### КОРАБЕЛЬНЫЕ ЗАХОРОНЕНИЯ

От кораблей зависели почти все военные и торговые походы викингов. Конструкции драккаров, шнеккаров, карфов, тяжёлых торговых кораблей и простых рыболовных лодок, как и умение ими управлять, были плодом многовекового опыта, приобретенного среди островов, на реках, озерах и во фьордах Скандинавии. В большинстве районов Севера лодки были незамечены. Именно в этой ситуации получили разви-



ИЗОБРАЖЕНИЕ КОРАБЛЯ НА МОНЕТЕ

СКАНДИНАВСКИЙ  
ДРАККАР



Раскопки корабля  
из Гокстада



тие технологии кораблестроения и кораблевождения, что в конце концов привело к появлению замечательных и в высшей степени функциональных судов. Независимо от размеров и предназначения скандинавские суда строились на основе единой технологии. Доски обшивки клали внахлест и крепили к раме железными заклёпками, а щели конопатили паклей из шерсти или растительных материалов.

Корабли продолжали служить хозяевам и после смерти. В конце XIX и в XX в. на территории Скандинавии были найдены десятки захоронений. Каждая из могил стала последним пристанищем вождя, купца или знатного вельможи, похороненного в корабле с принадлежащим ему добром. Знаменитый «корабль из Гокстада» лучше всего помогает понять, каким был типичный корабль викингов IX в. Он был обнаружен в кургане в 1880 г. в толстом слое голубой глины, которая почти полностью сохранила прекрасную резьбу по дереву. Корабль послужил гробом для мужчины средних лет крепкого телосложения.

Погребение датируется примерно 900 г. Длина корабля из Гокстада составляет около 23 м от кончика носа

*«Корабль из Гокстада» был обнаружен в кургане в 1880 г. в толстом слое голубой глины, которая почти полностью сохранила прекрасную резьбу по дереву.*





*Доски обшивки клали внахлест и крепили к раме железными заклёпками, а щели конопатили паклей из шерсти или растительных материалов.*

до кормы. Наибольшая ширина – 5,25 м, глубина в середине корабля – около 2 м. Осадка судна составляла три фута, а водоизмещение – около 20 т. Мореходные качества судна были убедительным образом доказаны в 1893 г., когда была создана его копия, которая пересекла Атлантический океан менее чем за месяц. Корабль, капитаном которого был потомок викингов Магнус Андерсен, 30 апреля отплыл из Бергена (Норвегия) и 27 мая достиг Ньюфаундленда после трудного плавания в штормовых условиях. Через 98 лет аналогичный поход совершили скандинавы XX в. на корабле «Гайя», названном в честь легендарной прародительницы Земли. Они повторили путь Лейфа Эрикссона, открывшего Америку в 992 г., ровно на 500 лет раньше Колумба.

Викинги неустанно продолжали осваивать самые опасные морские и океанские маршруты. Они передавали друг другу информацию о течениях, использовали специальные таблицы, показывающие высоту солнца, подобие астролябии, «солнечный сектор» – циферблат, на котором подвижная стрелка указывает направление по отношению к розе ветров. Эти измерительные приборы были достаточно точными для определения широты.

Наибольшую ценность для археологов, исследующих корабельные захоронения викингов, представляют предметы из металлов: железные и бронзовые шлемы, мечи, щиты, кольчуги и роскошные сбруи. Викинги по-



*Длина корабля 23 м.  
Ширина – 5,25 м.  
Глубина около 2 м.  
Осадка три фута.  
Водоизмещение 20 т.*



гребали умерших вместе со всем их оружием, часто со стрелами, если они были сделаны из драгоценных металлов и отражали, таким образом, особый статус владельца. Особое внимание привлекают шлемы: в верхней части они имеют схожую конструкцию, а в нижней (лицевой) сильно отличаются друг от друга. Вопреки распространенным представлениям викинги не носили шлемы, увенчанные рогами. На самом деле, эти широко известные символы принадлежности к скандинавским народам относятся к бронзовому веку, они служили ритуальными головными уборами жрецов, возносящих молитвы богам плодородия. Непременным атрибутом захоронений являлись металлические наборы для приготовления пищи: щипцы для жаровни, вертела, сковороды, огромные чугунные или железные котлы.

### ЖИЗНЬ НА РОДНЫХ ЗЕМЛЯХ

За рубежом викинги выступали как грабители, завоеватели и торговцы, а на родине в основном обрабатывали землю, охотились, ловили рыбу и разводили скот. Во многих областях Дании, в юго-восточной Швеции и во многих юго-западных долинах Норвегии широко практиковалось выращивание зерновых и скотоводство. Чем дальше на север, тем большую роль играло скотоводство. Северные области и западные поселения во многом зависели от охоты на диких животных и птиц. Китов били гарпунами, тюленей – копьями или ловили в сети. Охота и рыбалка не просто вносили разнообразие в питание жителей, но играли и большую роль в торговле. Меха, медвежьи шкуры и кожи северных оленей были ценными предметами экспорта; то же самое можно сказать и о кожах моржей и тюленей, бивнях моржей, китовой кости, перьях, живых соколах и о сушёной рыбе.

Многие промыслы и производства носили ярко выраженный сезонный характер. Каждое лето в горные районы полуострова устремлялись три группы «сезонных рабочих»: меховщики, кузнецы, приходившие туда плавить руду, и пастухи, которые отводили коров и овец на пастбище, где росли горные травы и кустарники. Скандинавы вели активную торговлю со странами Восточной Европы и Азии. Еще в VI в. были основаны крупные ярмарочные центры на основных торговых путях того времени: Бирка в Швеции, Каупанг в Норвегии, остров Готланд в Балтийском море, Хедебю в Дании. Ярмарки проводились в конце зимы, когда работы на фермах было немного, а коньки (их называли «ледяные ноги»), лыжи и сани позволяли быстро добраться до места и доставить груз. Коньки делали в основном из лошадиных костей, а сани часто оковывали железом или делали целиком из железа.

Семейные связи для викингов были чрезвычайно важны. Люди гордились своими предками, имели высокое чувство долга по отношению к родным. Семья (в широком смысле этого слова, включая дядей и двою-

родных братьев) была сплочённой группой; её члены держались друг друга во всех трудных ситуациях и мстили за нанесённые родственникам обиды. Оскорбление одного из родственников становилось оскорблением всем, и, наоборот, позор, который навлек на себя трус, предатель, тот, кто совершил позорное преступление, также касался всей семьи.

В то же время авторитет семьи не подавлял независимости и предприимчивости. Сыновья были свободны в выборе образа жизни. Дочерей не выдавали замуж против их желания, хотя в основном брак и был предметом соглашения между мужчинами из обеих семей. Женщины в определённом отношении пользовались статусом, в те времена совершенно немыслимым в большинстве стран мира. Путешественники, посещавшие поселения викингов в X в., с изумлением отмечали ту степень свободы, которой женщины пользовались в семейной жизни. Им принадлежало право на развод, причём в этом случае приданое подлежало возмещению. Женщины могли владеть землёй и управлять собственностью, у них был полный авторитет в делах ведения домашнего хозяйства. В итоге скандинавская женщина эпохи викингов могла обладать огромным достатком и высоким статусом, но, какое бы положение она ни занимала при жизни, она знала, после смерти ей было не суждено соединиться с мужчинами, потому что Вальхалла – небесный чертог – был строго разделён по признаку пола.

Поскольку семейные владения передавались по наследству, как правило, старшему сыну, младшим сыновьям, надеявшимся получить надел на родине, предстояло сначала обзавестись состоянием на чужбине.

АРАБСКИЕ СЕРЕБРЯНЫЕ  
МОНЕТЫ ЭПОХИ  
ВИКИНГОВ НАЙДЕННЫЕ  
В ШВЕЦИИ.



Набеги и торговля вдохновляли самых дерзких и отчаянных. По мере того как расширялись контакты с окружающим миром, скандинавы начали понимать под достатком не сельскохозяйственную продукцию, а драгоценные металлы, в первую очередь серебро. Такое представление о богатстве предполагало захват земель, а сама земля становилась источником власти и престижа. В итоге многие скандинавы поселялись в новых землях, зачастую очень далеко от родных фьордов, основав колонии в России, Британии, Франции, Испании, Италии, Исландии, Гренландии и даже в Канаде.

### ПРОИЗВОДСТВО И ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

В повседневной одежде скандинавов широко использовались металлические предметы. Женщины всегда носили пару больших овальных брошей, размером 10...12 см. Их размещали на ключицах, связывая между собой гирляндами серебряных цепочек или бус. С правой броши свисали другие цепочки, на которых было подвешено множество предметов – ключи, ножечек, гребень, ножницы, иголки, кошелек и т.д. Третью брошь носили на середине груди. Она могла быть различной формы. Остальные украшения соответствовали вкусу владельца. Распространены были кольца, браслеты, подвески, ожерелья из разноцветных стеклянных бусин.

Прославившись грубым, воинственным народом, не брезговавшим ни грабежами, ни убийствами,



ЛИТЕЙНАЯ ФОРМА ИЗ МЫЛЬНОГО КАМНЯ И ИЗГОТОВЛЕННАЯ С ЕЁ ПОМОЩЬЮ ЗАКОЛКА, БИРКА, ШВЕЦИЯ



СЕРЕБРЯННЫЙ БРАСЛЕТ И ЗАСТЕЖКА



Символом предводителя воинства добра Тора был молот, олицетворяющий гром



викинги, тем не менее, восхищались и гордились своим оригинальным и удивительно тонким искусством, основными материалами для которого служили металл и дерево. Прежде всего, речь идёт о сложнейших орнаментах и узорах, которыми мастера украшали оружие, инструменты и предметы быта.

Скандинавские художники эпохи викингов достигли вершин мастерства в резьбе по дереву, в чеканке и литье цветных металлов. Как правило, они заимствовали сюжеты своих работ у природы, изображая в основном животных, диковинных чудовищ, стилизованных хищных птиц. Произведения искусства викингов отличаются блестящей техникой металлообработки и буквально излучают дух бесстрашия и уверенности в себе, который был присущ скандинавам.

Религия северян также была воинственной, в ней слышались раскаты грома и звон тяжёлых мечей. Пантеон викингов включал трёх верховных божеств: Одина – отца богов, Тора и Фрейра. Атрибутом бога войны Одина

1474

f u th a r k h n i a s t b m l R

141

*«Северные фьорды и архипелаги – это царство ветров. Каждый глубоко врезающийся в побережье залив, каждый пролив между многочисленными островами, превращается в поддувальный мех», – писал Виктор Гюго*

(скальды) превращали его в свое ремесло и становились придворными певцами королей, вождей и богатых купцов.

В скандинавской мифологии первого металлурга звали Вёлюнд. Он обрабатывал не только железо и бронзу, но и драгоценные металлы – золото и серебро. Главным его достоинством считалось умение изготавливать непобедимые мечи, на которых он вытраивал удивительные узоры. Металлургия была основополагающей составляющей образа жизни скандинавов эпохи викингов. Кузнецов называли smildhr: если мастер работал с золотом, употреблялось слово gullsmildhr, если только ковал железо – iarnsmildhr. Золотые и серебряные изделия изготавливались из вторичного сырья, в основном из золотых римских и серебряных арабских монет. Медные и железные руды использовались свои, из скандинавских месторождений.

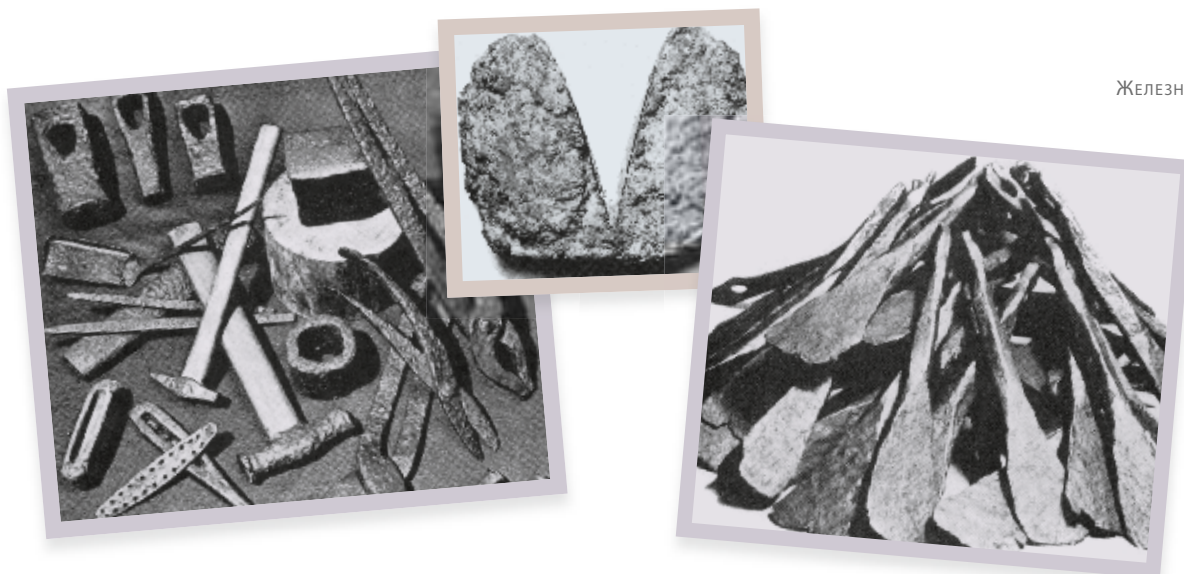
### ОСМУНДСКИЕ ПЕЧИ

Сырьём для выплавки железа служили болотные руды. Строились высокие, до пяти метров, сыродутные горы, которые получили название осмундских печей («осмунд» – крица). Для подачи дутья в осмундские печи использовалось естественное сезонное движение воздуха.

Север Европы часто называют страной ветров. 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». Таким образом, средневековый металлург, работавший с крупнейшими агрегатами своего времени – осмундскими печами, должен был быть специалистом – «ландшафтоведом», т.е. должен был уметь, подобно мореплавателю, управляющему кораблём, «поймать ветер», чтобы извлечь железо из руды.

Осмундские печи обеспечивали самый высокий температурный уровень термических процессов раннего Средневековья. Температура продуктов плавки (крицы и шлака) в них гарантированно достигала 1400 °С. Благодаря развитию в высоких горнах процессов науглероживания металла удавалось получать стальную, а не железную крицу.

Достижением скандинавских металлургов стала разработка оригинальной технологии пакетной сварки железостальных изделий. Пакет, как правило, состоял из трёх



ЖЕЛЕЗНЫЕ ЗАГОТОВКИ

Кузнечный инструмент скандинавов из погребения оружейника, Норвегия

или пяти слоев металла, причем центральное положение занимал слой высокоуглеродистой твёрдой стали, а для обкладок использовалось мягкое и вязкое низкоуглеродистое железо. Эта эффективная технология к X в. получила распространение во всей Европе.

Железо использовалось дляковки множества предметов от гвоздей до мечей. Из него изготовлялось огромное количество бытовых предметов и видов кухонной утвари. На большинстве ферм имелись собственные малые кузницы, в которых фермеры могли изготавливать или чинить небольшие простенькие вещицы. Более сложные задачи решались странствующими кузнецами или в крупных деревнях и городах.

### МЕЧ ВИКИНГОВ

Безусловно, особое место в кузнечном ремесле занимало изготовление оружия. Как правило, вооружение воина-викинга составляли железный шлем с полумаской, кольчуга, деревянный щит с металлической оковкой по краям и умбоном в центре, топор на длинной рукоятке и обоюдоострый меч.

Доведенный до совершенства скандинавский меч IX–XI вв. стал настоящим символом эпохи. В специальной литературе он так и называется «меч викингов». «Меч викингов» является прямым потомком спаты – длинного обоюдоострого меча кельтов и прямым предком рыцарского меча. В действительности он должен называться «мечом времён викингов», так как эти мечи относятся к определённой эпохе и их носили все воины времён викингов, а не одни только викинги. Тем не менее, выражение «меч викингов» укоренилось ещё и потому, что меч был типичным оружием викингов. Хотя боевой топор ещё играл важную роль, меч ценился викингами больше.

Языческие саги викингов просто насыщены рассказами об особых мечах. Например, в эдде о Хельге Хйорвардссоне валь-

Меч викингов, укра-  
шенный серебром



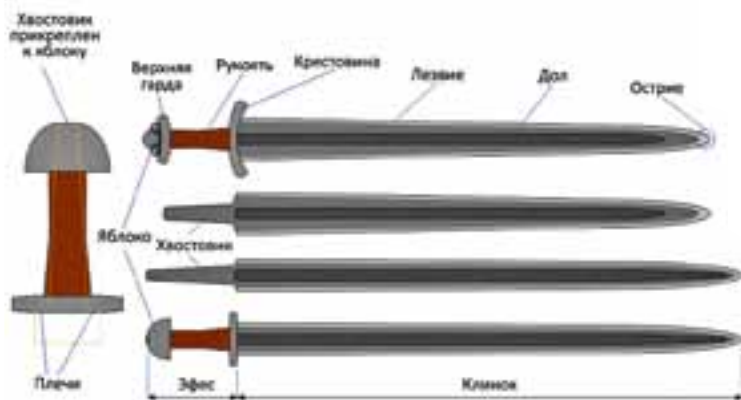
ИЗ КОЛЛЕКЦИИ НЕМЕЦКОГО МУЗЕЯ



СКАНДИНАВСКИЙ МЕЧ



Коллекция  
музея Бергена  
(ФОТО ARILD  
NYBØ, 2004 г.)



УСТРОЙСТВО МЕЧА  
ВИКИНГОВ  
по Э. Окшотту

кирия Свава описывает магический меч героя следующим образом: «На головке кольцо, в клинке мужество, лезвие внушает ужас перед владельцем, на клинке покоится кровавый червь, гадюка свернулась кольцом на тыльной части». Наряду с магическими мечами известны знаменитые фамильные мечи, имеющие собственное имя и особые качества.

Скандинавский меч эпохи викингов представлял собой длинный, тяжелый обоюдоострый клинок с небольшой гардой. Меч викинга весил около 1,5 кг. Обычная длина его была около 80...90 см, ширина клинка составляла 5...6 см. Вдоль полотна на обеих сторонах клинка всех скандинавских мечей идут долы, служившие для облегчения его массы. Толщина меча в области дола была около 2,5 мм, по сторонам дола – до 6 мм. Однако выделка металла была такой, что это не влияло на прочность клинка. В IX–XI вв. меч был чисто рубящим оружием и для колющих ударов не предназначался.

На протяжении эпохи викингов мечи несколько увеличивались в длине (до 930 мм) и приобретали немного более острый конец клинка и само острие. На всём протяжении континентальной Европы между 700–1000 гг. были найдены мечи такой конструкции, с незна-

чительными различиями. Не всякий воин обладал мечом – это было в первую очередь оружие профессионала. Но и не каждый обладатель меча мог похвастаться великолепным и дорогим клинком. Рукояти древних мечей были богато и разнообразно отделаны. Мастера умело и с большим вкусом сочетали благородные и цветные металлы – бронзу, медь, латунь, золото и серебро – с рельефным узором, эмалью и чернью. Драгоценные украшения были своего рода подарками мечу за верную службу, знаками любви и благодарности хозяина. Носили мечи в ножнах, которые делались из кожи и дерева.

Ярким свидетельством кузнечного мастерства эпохи викингов является меч «Дым Саттон-Ху», хранящийся в Британском музее. В 1939 г. в английском Саффолке на холме Саттон-Ху было найдено великолепное, хорошо сохранившееся корабельное захоронение. В результате исследований археологи пришли к выводу, что это – могила умершего в 625 г. англо-саксонского короля Рэдуолда. Одной из наиболее значительных находок в этом захоронении был меч Рэдуолда. Его клинок был сварен из многочисленных полос дамасской стали. Рукоять почти полностью состоит из золота и украшена перегородчатой эмалью. Если золотые ячейки обычно заполняются цветной эмалью, то у меча Саттон-Ху в них вставлены шлифованные гранаты. Поистине это было оружие короля, представляющее собой высокий стандарт металлургического искусства.

ХАРАКТЕРНЫЙ ДЛЯ  
ДАМАССКОЙ СТАЛИ  
РИСУНОК НА КЛИНКЕ  
МЕЧА ВИКИНГОВ



УЗОР ДАМАССКОЙ  
СТАЛИ НА МЕЧАХ  
РЕПЛИКАХ ЧЕШСКОГО  
МАСТЕРА ПАТРИКА  
БАРТА

Специалисты Британского музея с помощью современных методов исследования установили, что меч состоял из сердечника сложной конструкции и приваренных к нему лезвий. Сердечник был изготовлен из восьми брусков, состоящих, в свою очередь, из семи стержней дамасской стали каждый. Бруски скручены в противоположных направлениях и скованы попеременно «тордировано» и «прямо». Таким образом был сформирован характерный рисунок – своеобразная «ёлочка» и по длине клинка чередовались участки с крученым рисунком и продольным узором. Средняя длина тех и других – 55 мм, а рисунок повторяется по крайней мере 11 раз.

Британский музей предложил изготовить клинок в стиле Саттон-Ху кузнецу из США Скотту Ланктону, известному своими работами в этой области. Сначала кузнечной сваркой был сварен пакет, раскованный затем в заготовку прямоугольного сечения с убывающими размерами (10 мм – размер большего основания, а 6 мм – меньшего) длиной 500 мм. Материалы, заложенные в пакет, были выбраны с учётом цвета, который они приобретают после травления. Восемь лучших скрученных брусков составили пакет, сваренный по концам дуговой сваркой и дополнительно скреплённый хомутами.

Полученный таким образом сложный пакет был сварен кузнечной сваркой с использованием в качестве флюса буры. Для лезвия меча была выкована пластина, состоящая из 180 слоев высокоуглеродистой стали

(80 % масс.) и мягкого железа (20 % масс.). Сердечник «обёртывался» этой пластиной, и она приваривалась к нему торцевой кузнечной сваркой. В результате был выкован меч общей длиной 89 см при массе немногим более килограмма и длине клинка 76 см.

После опиловки и шлифовки меч был закалён в масле. Отпуск производился в горячем масле. После семидневной шлифовки и полировки клинок подвергли травлению в «классическом» 3 %-ном растворе азотной кислоты. Появившийся прекрасный узор напоминал струйки дыма, поднимающиеся над пламенем. Этот тип узора так и называется теперь – «Дым Саттон-Ху». Сейчас меч «Дым Саттон-Ху» является частью коллекции Британского музея и помещён в постоянной экспозиции рядом с оригиналом. Меч «Дым Саттон-Ху» чрезвычайно популярен у современных кузнецов, специализирующихся на дамасской стали. Известны его многочисленные реконструкции-реплики, в том числе таких выдающихся мастеров, как М. Заксе, М. Бальбах, П. Барта.

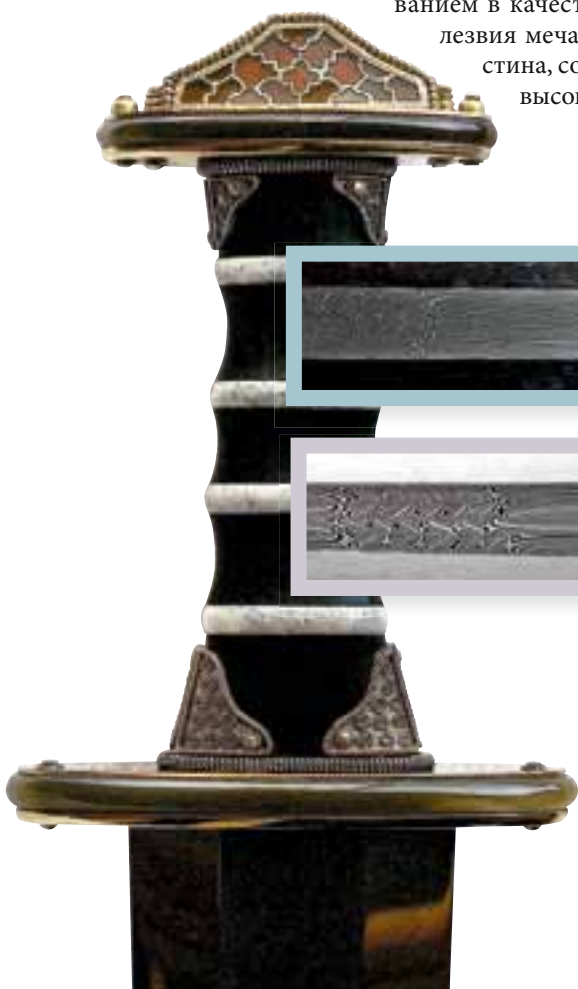
Ещё одним распространённым оружием в эпоху викингов было тяжелое копье, существенно отличавшееся от своих собратьев из других стран. Северное копье имело древко около пяти футов длиной с длинным (до полуметра) широким наконечником листовидной формы. Таким копьем можно было и колоть, и рубить (что викинги, собственно, с успехом и проделывали).

Таким образом, скандинавские кузнецы, ковавшие для своих соотечественников-воинов мечи, владели сложной технологией кузнечнойковки, узорчатой сварки и термической обработки. В технике производства и художественной отделке мечей они превосходили мастеров и Европы и Азии, о чём свидетельствует, например, тот факт, что именно скандинавские мечи были предметом экспорта в страны этих регионов, а не наоборот.

Эпоха викингов оставила огромный след в мировой истории. Развитие металлургии и кораблестроения позволило им достичь больших успехов в области мореплавания. До сих пор исследователи находят следы пребывания викингов в самых разных уголках мира. Умение викингов делать превосходное оружие и инструменты, строить корабли и вести бой позволило им занять лидирующее положение среди других народов той эпохи. Благодаря своим техническим достижениям викинги смогли совершать свои набеги и покорять огромные территории. В IX–XI вв. они совершали походы протяженностью до 8000 км. Эти дерзкие и бесстрашные люди на востоке достигали границ Персии, а на западе – Нового Света. ✿



ИЗОБРАЖЕНИЕ КУЗНЕЧНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ НА РУНИЧЕСКОМ КАМНЕ ИЗ РАМСУНДА



УЗОР НА РЕПЛИКЕ МЕЧА «ДЫМ САТТОН-ХУ» ОТ СКОТТА ЛАНКТОНА



УЗОР И ГАРДА МЕЧА НА РЕКОНСТРУКЦИИ-РЕПЛИКЕ МЕЧА «ДЫМ САТТОН-ХУ» ОТ ВЫДАЮЩЕГОСЯ МАСТЕРА П. БАРТА

## Глава 10

# Бронзовый голос средневековья

И звук пойдёт к столетьям дальним  
И многим смертным слух пленит,  
Застонет жалобно с печальным  
И в хор мольбы соединит.  
Чтоб земнородным ни послала  
Судьба, свершая свой закон,  
Про всё звучит венец металла –  
И поучителен им звон.

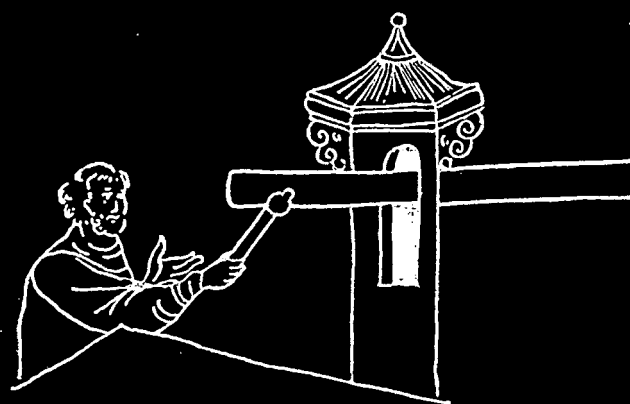
**Ф. Шиллер. Песнь о колоколе**

**И**СКУССТВО КОЛОКОЛЬНОГО ЛИТЬЯ ПРЕДСТАВЛЯЕТ собой особую страницу в истории металлургических технологий. Колокола известны практически у всех народов мира, и повсюду они имели особый ритуальный статус. Неудивительно что совершенствование технологии колокольного литья оказало столь значимое влияние и на техническую и на социальную сферу развития средневекового общества. Именно колокольное литье стало первой профессионально описанной металлургической технологией.

### ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

Давно подмечено, что музыкальные инструменты являются спутниками технического прогресса, а металлические – служат своеобразным «камертоном эпохи». Современные композиторы и музыканты для адекватного отражения технократической действительности ищут и изобретают новые, иногда крайне необычные, инструменты. Так, в терменвоксе, изобретённом Львом Терменом в начале XX века, и активно используемом Жаном-Мишелем Жарром, звук создаётся с помощью электроники и вертикального металлического стержня, а изобретённый в начале 2000-х гг. швейцарскими музыкантами Феликсом Ронерером и Сабиной Шерер ханг представляет собой два металлических полушария, соединённых вместе оригинальным способом. Как сегодня, так и в средние века, металлические музыкальные инструменты представляют собой сложные, высокотехнологичные и эффектные изделия, для создания которых необходимы знания специфических технологий металлургии и металлообработки.





Било на миниатюре из рукописи XVI в. «Житие Николая Чудотворца»

### КОЛОКОЛЬЧИКИ ДРЕВНЕГО МИРА

Практически во всех мировых культурах громкому или резкому звуку, а особенно – звуку, издаваемому металлом, традиционно приписывалась очистительная и охранительная сила. Звук этот считался обращённым к силам природы, небу, к высшему идеалу, активному доброму началу, считалось, что он отгоняет злые силы.

История колоколов ведет своё начало с бронзового века. Как только люди научились обрабатывать металл, они обратили внимание на то, как продолжительно и мощно он звенит при ударе. Прообразы колоколов – подвешенные металлические (или деревянные) пластины известны практически у всех народов Древнего мира. Широко применялись они и в средневековой христианской практике – на Руси их называли било или клепало и широко использовали до появления колоколов, в Византии – симандры. Позднее, после захвата Византии турками, греки использовали для сбора христиан на богослужение железные доски – агиосидероны. Одной из разновидностей была является распространённый в Азии гонг.

Древнейшие предки колокола – бубенец и колокольчик – обнаружены учёными в быту многих древних народов: египтян, евреев, этрусков, скифов, римлян, греков, китайцев. Колокольчики клепали из листов меди, серебра, бронзы и железа. Традиция изготовления клёпанных колокольчиков сохранилась кое-где до сих пор. В основном это колокольчики для скота (например, в Испании и Болгарии), которые первоначально использовались для охраны животных от злых духов.

Уже в 4-м тысячелетии до н. э. в числе предметов, отливаемых из бронзы, появляются колокольчики и бубенцы.



Ассирийский колокольчик времён  
Салманассара II (860–824 гг. до н.э.).  
Музей колоколов г. Апольда, Германия  
(фото С. Нарожной)

Археологами найдены колокольчики близ Ленкорани (датируется XII в. до н. э.) и около Владикавказа (XI–X вв. до н. э.), при раскопках древнего персидского города Сузы (XI–X вв. до н. э.) обнаружен бубенец.

Несколько подобных находок сделано при исследовании городов Древнего Египта, Ирана (самые старые относятся к IX в. до н. э.) и Месопотамии (IX–VIII вв. до н. э.).

Один из самых древних колокольчиков найден при раскопках царского дворца Салманассара II в Ниневии – столице ассирийского царства. Он относится к 860–824 гг. до н. э., его диаметр составляет 4,5 см, а высота – 8 см. По окружности колокольчика расположены фигуры ассирийских злых духов, а на верхней части выполнен рельеф в виде двух черепов и ящерицы.

В VI–V вв. до н. э. технология литья бронзовых колокольчиков получила практически повсеместное распространение. Среди археологических находок этого и более позднего времени они встречаются очень часто. Размеры колокольчиков от 2 до 9 см, некоторые удивительно похожи, хотя происходят из разных стран и относятся к различным эпохам. Зачастую колокольчики не отливали, а клепали из листового железа. Самая распространённая форма таких звонков была овальная, но иногда их делали

и кубическими (как, например, в Скандинавии), склёпывая медными гвоздями. Затем вместо железа стали использовать листовую медь, отчего звук стал громче и чище.

Упоминания о колоколах встречаются в работах греческого историка Полибия и географа Страбона, несколько позднее их подробно описывает Иосиф Флавий в «Иудейских древностях». Само слово «колокол», по предположениям некоторых учёных, имеет корень греческого происхождения калакун (калкун или кимвал), означающий клепать или бить. Кстати, название языка колокола в немецком языке – kloppel – происходит от того же корня, что и клепало, а сам колокол носит название glocke. От этого слова, по одной из версий, происходит слово колокол. Также предполагают, что слово «колокол» произошло от старинного русского «коло» – круг, окружность.

### РИТУАЛЬНЫЙ АТРИБУТ

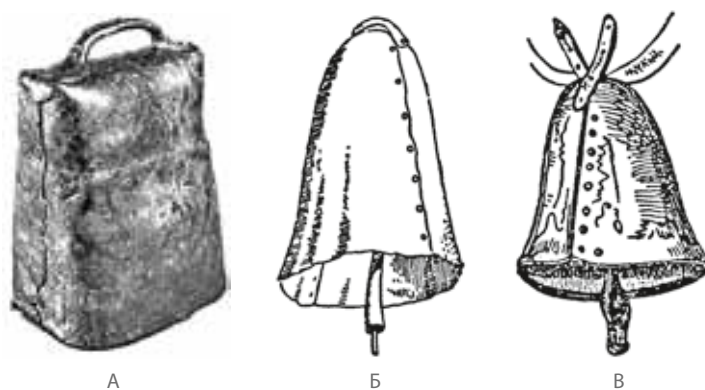
Звонящие металлические пластинки издревле были обязательным элементом одежды шаманов и служителей религиозных культов. Ритуальные одежды шаманов весьма разнообразны, но имеют одно очевидное сходство – фигурные металлические бляшки, зачастую сплошь покрывающие костюм. Это обереги, отпугивающие злых духов и привлекающие внимание добрых божеств. Во время шаманских плясок – камланий – металлические пластинки таинственно звенели и шелестели в такт ударам бубна или барабана. Впоследствии многие романские народы воздвигали жертвенник рядом со священным деревом, на котором были подвешены колокольчики.

В Древнем Риме колокольчики звонили при жертвоприношениях, их клали в гробы покойникам. По приказу императора Августа небольшой колокол был повешен перед римскими храмами Кибелы (эта богиня, малоази-



Древние колокольчики:

- А – китайский колокольчик эпохи Шан, XVI–XI вв. до н. э. (высота 5,7 см);
- Б – колокольчик из древнего Вавилона, IX–VIII вв. до н. э. (высота 4,7 см);
- В – колокольчик из Геркуланума, I в. (высота 17,2 см)



Клёпанные колокольчики:

- А – колокольчик Святого Патрика, Ирландия, V в. (высота 12 см);
- Б – Кёльн, Германия, 613 г.;
- В – Британские острова, VII–IX вв.



Скифские бронзовые колокольчики для конской сбруи



Бронзовая подвеска с бубенчиками от женского головного убора, Рязань, VI в.

*Звенящие металлические пластинки издревле были обязательным элементом одежды шаманов и служителей религиозных культов.*



атская по происхождению, отождествлялась греками с Реей – матерью Зевса, а в Риме была признана «матерью всех богов») и Прозерпины – богини загробного мира.

Египтяне использовали колокольчики при священнодействиях на празднике Осириса. В Палестине бубенцы появились в IX в. до н. э. У древних евреев небольшие звонки или бубенчики, называемые паамоним, использовались в одежде первосвященника: «И сделай верхнюю ризу... по подолу её сделай яблоки из нитей... и позвонки золотые между ними кругом... Она будет на Аароне в служении, дабы слышен был от него звук, когда он будет входить во святилище пред лицо Господне и когда будет выходить, чтобы ему не умереть» (Ветхий Завет, книга Исход). Звук этих бубенчиков был необходимым условием близости к Богу – в одежде, снабжённой бубенчиками, еврейский первосвященник был олицетворением и носителем Божественного слова. Только в этой одежде мог он приближаться к Богу, приносить жертвы и молиться за народ.



Музей папской колокольной  
литейни Маринелли



Колокол собора св. Ульриха,  
Мемменгейм, Германия

Колокол Кёльнского кафедрального собора

Весть, призыв, торжество, красота, богатство, власть и святость – таким на исходе античности выглядел семантический ряд, определяющий значение колокола. В окружении этих понятий он вошел в христианскую историю. Ко времени возникновения христианства колокольчики и бубенцы употреблялись практически во всех религиях.

### СИМВОЛ ХРИСТИАНСКОЙ ЦЕРКВИ

Традиция использования колокольчиков в священных ритуалах перешла и в христианскую церковь. На саккосе (греч. σάκκος – мешок от ивр. שָׂק – мешок, одежда из мешковины, надеваемая в знак скорби) – верхнем архиерейском богослужебном облачении, символизирующем одежду Христа, чередовались простые пуговицы и бубенчики, а на концах паллия (лат. pallium, в православной традиции – омофор), одеваемой епископами и папой узкой ленты из белой овечьей шерсти с шестью крестами (символизирует заблудшую овцу, несомую пастырем) подвешивались обшитые черным шелком кусочки свинца, которые ранее также были колокольчиками.

Блаженный Иероним (ум. 419 или 420 г.), переводя с греческого языка на латинский правила монастырской жизни, составленные Пахомием (ум. 346 г.), употребил выражение *signum dare* (давать знак). По всей вероятности, Пахомий подразумевал под «знаком» било. Впоследствии в западноевропейском церковном обиходе







А



Б



В



Г

Средневековые колокола: а – звонарь (рисунок из средневековой рукописи, хранящейся в Нюрнбергской городской библиотеке); б – миниатюра из «Вормской Библии», 1148 г.; в – рельеф, украшающий фонтан в Бельтоне, графство Линкольншир, Великобритания, романский период; г – фрагмент фрески, выполненной около 1400 г. в г. Мелне, Германия, высота звучания колоколов выверяется с помощью поперечной флейты

*На са́ккосе – верхнем архиерейском богослужебном облачении, символизирующем одежду Христа, чередовались простые пуговицы и бубенчики, а на концах паллия – одеваемой епископами и папой узкой ленты из белой овечьей шерсти с шестью крестами подвешивались обшитые чёрным шелком кусочки свинца, которые ранее также были колокольчиками*

слово *signum*, а чаще выражение *signum ecclesiae* (знак, символ церкви) стало обозначать колокол. Таким образом, представления о ненависти духов к звону металла продолжали жить во всей своей силе и при христианстве: самым противным звуком для слуха Врага рода человеческого считалось стройное и торжественное пение церковных колоколов.

### КАМПАНОЛОГИЯ

Литьё первых христианских колоколов долгое время приписывали известному духовному писателю Понтию Меронию Павлину Милостивому, епископу города Нолы в итальянской провинции Кампанья, жившему в 353-431 гг. и причисленному к лику святых. Предание передаёт легенду о полевых цветах-колокольчиках, мелодичным шелестом которых заслушался епископ, возвращаясь однажды с обхода своей паствы. В просторном саду он построил печь и сделал из глины форму точь-в-точь как цветок колокольчика.



Потом он залил в форму сплав меди, олова и висмута и таким образом изготовил первый священный христианский колокол.

Однако в сочинениях самого святого Павлина упоминаний об этом нет. В конце XIX в. археологи пришли к мнению, что организованное в Ноле епископом Павлином производство колоколов не было принципиально новым, а основная его заслуга заключалась в увеличении размеров колоколов.

Кампанья изобиловала залежами руд и глины и стала признанным центром колокольного производства. Производимые в Ноле колокола направлялись в различные страны Европы, и название города стало своеобразным товарным знаком, означающим колокол, аналогично тому, как в наши дни название фирмы Хегох стало обозначать копируемые аппараты. Отсюда и произошли латинские названия колоколов *campana* и *pola* (маленький колокольчик). Впоследствии дисциплина, изучающая историю, технологию изготовления и особенности звучания колоколов, получила название «кампанология».

Отливка  
Большого  
колокола для  
Базилики  
Святого  
Сердца в при-  
сутствии  
иерархов  
Католиче-  
ской Церкви



В VIII в. колокол стали называть словом *clocam*, от которого произошли его современные названия. В IX в. слово *cloke* встречается в немецких источниках. В Древней Руси колокола назывались также «тяжкая», от «тяжких», т.е. сильных, густых звуков больших колоколов. Отсюда пошло выражение «во вся тяжкая», т.е. «во все колокола».

## ГОСУДАРСТВЕННОЕ ДОСТОЯНИЕ

Пока колокола имели небольшой размер, они изготавливались в признанных литейных центрах, как правило, при монастырях. Изготовление колоколов расценивалось как священнодействие, и с VI в., когда был основан орден бенедиктинцев, находилось в ведении состоящих в нём монахов. Как центры мастерства славились в последующие века монастыри в Сен-Галлене, Рейхенау, Зальцбурге, Фульде.

Небольшие колокола вешали на фронтонах церквей. По мере увеличения массы для них стали сооружать небольшие

башенки на крышах храмов. Звонили в колокола с земли, дергая за верёвку, привязанную к рычагу, торчавшему из вала, на котором укреплялся колокол. По этой причине в большинстве стран Западной Европы, а после и в Новом Свете, звон производится посредством качания самих колоколов, в то время как в России при звоне ударяют языком в неподвижно привязанный колокол. Любопытно, что это нашло отражение даже в языке: по-немецки говорится «*die Glocke lautet*» – «колокол звонит», тогда как по-русски говорят «в колокол звонят».

В начале VII в. папа Сабиниан (понтифик в 604–606 гг.) узаконил употребление колоколов для возвещения богослужебных часов. В VIII в. сложился обычай звонить при похоронах – считается, что его ввёл Беда Достопочтенный в 703 г. В это время церкви имели уже помногу колоколов, различавшихся по названиям согласно их назначению; возникают их комбинации для исполнения различных видов звона: *signum minus*, *signum majus*, *signum classicum* (во все колокола).

С VIII в. известны сообщения о первых колокольных, стоявших отдельно от церквей. Позже, в романскую и готическую эпоху колокольная стала объединяться с церковным зданием в единый ансамбль. Постоянное совершенствование технологии литья позволило отливать колокола не только все более крупные, но и издающие тон желаемого тембра. В IX в. в обиход входят наборы колоколов до 7–8 штук, образующих определённый звукоряд.

На протяжении почти десяти веков количество и масса колоколов каждой церкви рассматривались как знак её важности, как доказательство её богатства и могущества её покровителей. В империи Карла Великого колокола приобрели статус государственного достояния. Император время от времени повелевал отлить их для той или иной церкви, поощрял искусных мастеров, устанавливал порядок вывоза колоколов за пределы державы наряду с прочими ценностями.

Примечателен капитулярий (закон) Карла Великого от 789 г., запрещавший крестить колокола. К этому времени сло-



Жигмунтов (Сигизмундов) колокол,  
Краков, Польша



ผู้พบเห็น  
ระฆังใหญ่  
โปรดแจ้ง

жился ритуал их освящения, и капитулярный императора устанавливал некую грань между верой и суевением. Католическая церковь не препятствовала этому ритуалу, и в последующие века колокола повсеместно крестили – приглашали священников, обливали водой, мазали миррой, надевали крестильную рубашку, окуривали ладаном, давали имена, под которыми они значились в документах и прочих письменных источниках. Считается, что начало «официальному» крещению колоколов положил папа Иоанн XIV, нарёкший в 968 г., видимо, в честь себя, один из колоколов Johannes.

## ПЕРВАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ТЕОФИЛА ПРЕСВИТЕРА

Первое подробное «техническое» описание процесса изготовления колокола дал монах-бенедиктинец Теофил, живший на рубеже XI–XII веков. Исследователи пришли к выводу, что Теофил (лат. Phedophilus Presbyter – монах Теофил, пресвитер Теофил, клирик Теофил) – псевдоним средневекового художника и ювелира (по другой версии – торговца металлом) Рогера из Хельмарсхаузена (нем. Roger von Helmarshausen) – автора ряда росписей в Кёльне и переносных алтарей. После пострига он работал в бенедиктинском монастыре в Хельмарсхаузене (ныне пригород Бад-Карлсхафена), который был в то время крупным центром прикладного искусства.

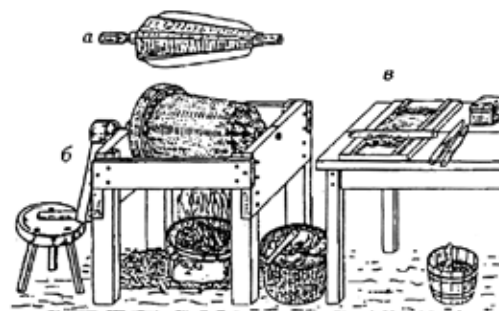
Перу Теофила принадлежит искусствоведческая (в смысле описания искусств, т.е. технологий) компиляция – «Список различных искусств» (лат. *Schedula diversarum artium*, или *De diversibus artibus*). Древнейшая рукописная копия книги Теофила была обнаружена в вольфенбюттельской библиотеке в XVIII в. и на протяжении XIX в. переведена на ряд европейских языков.

«Список различных искусств» фактически является первой в мире технической энциклопедией. Манускрипт состоит из трёх книг, в которых каждая глава представляет собой своеобразный «рецепт» – описание технологии получения изделия или материала. Первая книга включает 45 глав, описывающих материалы и способы стенной и станковой живописи, способы окраски кожи и дерева, миниатюрную живопись на пергаменте и бумаге. Во второй книге (31 глава) изложены технологии изготовления стекла и витражей. Третья книга, состоящая из 95 глав, полностью посвящена получению металлов и изготовлению металлических изделий.

По Теофилу, формовка колокола осуществлялась следующим образом. В земле выкапывали литейную яму, на дне которой устраивали ровную площадку из обожжённой глины или кирпича. Затем на деревянном шпинделе, вращающемся в гнездах вокруг горизонтальной оси, из сырой глины лепили болванку, которую постепенно обтачивали резцами до точного соответствия внутреннему профилю будущего колокола. После



Отливка колоколов по Теофилу: изготовление стержня шаблона (В. Бирингуччо «Пиротехния»); изготовление литейной формы (руководство Теобальда) (а – шпиндель; б – изготовление и сушка стержня; в – изготовление воскового слоя)

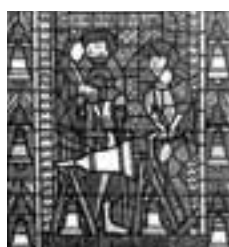


Испанский колокол, музей г. Ронда, Испания





«Теофилы» колокола



Изготовление формы для колокола  
(витраж собора в Йорке,  
Великобритания, начало XIV в.)

просушки накладывали слой сала, повторяющий своей формой колокол. На него осторожно наносили несколько слоёв жидкой глины, причём каждый последующий накладывали только после высыхания предыдущего – так формировали кожух. Шпindel удалялся, и вся конструкция прогревалась на сильном огне, сало вытапливалось, оставляя после себя полость. Таким же образом создавали модель «ушей» колокола. Затем в форму заливали сплав меди и олова, приготовленный в переносных тиглях.

У описанного способа отливки имелись характерные недостатки. При сушке формы небольшие частицы глины отпадали, образуя полости, которые затем заполнялись металлом. Обтачивать колокола в то время ещё не умели, лишь шлифовали их песчаником на вращающемся станке, но могли это делать лишь поверхностно из-за высокой твёрдости сплава, поэтому колокола имели грубую, неровную поверхность.

Для изготовления колокольного сплава Теофил предписывал взять четыре части меди и одну – олова. Такой состав сохранялся (с небольшим отклонением в 1...2 %) и в последующие времена вплоть до наших дней. К строгому рецепту Теофил добавил комментарий о том, будто добавки серебра и золота улучшают звучание колокола. Древняя легенда дошла до нашего времени, хотя давно доказано, что подобные небольшие добавки не влияют заметным образом на акустические свойства колокольного металла. Возможно, это поверье связано с тем, что излом колокольной бронзы имеет серебристый блеск,

Биг-Бен – колокол в часах  
Часовой башни Вестмин-  
стерского дворца, Лондон,  
Великобритания



хотя, скорее всего, это обусловлено «благородством» упомянутых металлов. Впрочем, о составе колокольной бронзы мы поговорим чуть далее.

Пламенная печь во времена Теофила не была известна, поэтому он описывает отливку из железного тигля, футерованного глиной как снаружи, так и изнутри. Вокруг тигля сооружался очаг, в котором разводился огонь, раздуваемый кузнечными мехами. Когда сплав был готов, печь разбирали и тигель с расплавленным металлом переносили к подготовленной форме.

Теофил упоминает о надписях и изображениях, украшавших колокола. В это время нанесение надписей и рисунков только начинало входить в колоколотейный обиход. Первые колокола изготавливались совершенно гладкими, без узоров и надписей, что объясняется несо-

наковой толщины, край скруглён, а не заострён, как у современных колоколов. Звук у них чистый, но отрывистый, резкий, без привычного долгого гула. Сохранилось более десятка колоколов, изготовленных описанным способом. Самый крупный из них – колокол св. Луллия высотой 130 см.

Сам Теофил отмечал, что утолщение стенки колокола или увеличение его размеров изменяет высоту звука. Поэтому, когда требуется отлить набор колоколов, согласованных между собой по тональным высотам, можно пользоваться одним из этих двух приёмов – в своем трактате Теофил приводит соответствующие расчёты. Изложение методики можно найти и в других источниках того времени. Предпочтительным считался вариант, когда все колокола имели стенки одинаковой толщины, а же-

Украшения средневековых колоколов: а – XI–XII вв., сверху буквы альфа и омега; б – XII в., плоский верх; в – XIII в., появляются изображения икон



А



Б



В

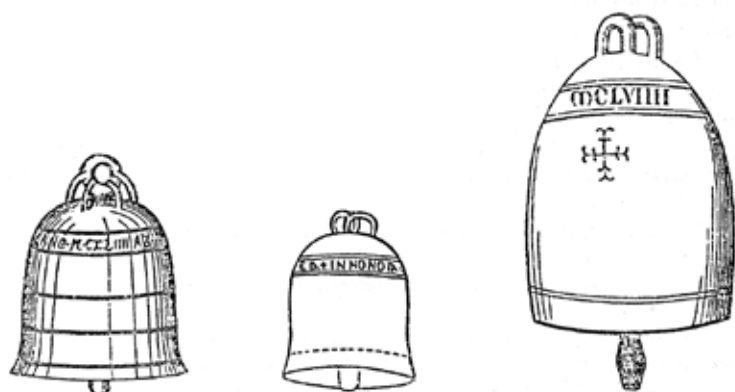
вершенством техники и неопытностью самих мастеров. Когда впервые появились надписи и рисунки на колоколах, установить довольно трудно, так как древнейших колоколов до нашего времени почти не сохранилось.

В XIII в. на некоторых колоколах делали надписи, идущие справа налево, поскольку мастера вырезали требуемые слова на рубашке формы колокола, а в отливке они выходили в зеркальном отображении. У более поздних делали выпуклую надпись из восковых палочек. Лишь в середине XIV в. начали делать выпуклые надписи, приклеивая восковые модели к телу глиняного колокола.

«Теофиловым» колоколам свойственны характерные особенности, возникавшие вследствие применявшейся несовершенной технологии производства: небольшой уклон стенок, одно большое подвесное ухо, вдавленные надписи и украшения. У них почти отвесные стенки оди-

лаемая высота тона определялась размерами колокола. Если стенки колокола были толстыми, он давал мощный бас. Тонкие стенки «пели» звонко и пронзительно. Но колокола различались не только по размерам и звуку, но и по назначению. Самыми главными были огромные церковные благовесты, они звонили только по большим праздникам. Обычные церковные колокола для служб назывались полиелейными и воскресными. Самыми большими городскими колоколами были вечевые и набатные, а те, которые висели на сторожевых башнях крепостей, назывались вестовыми.

Было замечено, что окраска звука, который издаётся колоколом, меняется в зависимости от профиля его стенки. В средние века шёл упорный поиск такой формы стенок колокола, которая придавала бы звуку красивую окраску. Форма теофиловых колоколов называ-



Формы средневековых европейских колоколов:  
«УЛЕЙ» и «САХАРНАЯ ГОЛОВА»



Испанские колокола,  
музей г. Ронда, Испания



лась «улей»; её сменила «сахарная голова». Верхняя часть такого колокола напоминает усечённый конус и едва заметно прогибается внутрь, нижняя часть круто выгибается наружу, образуя выпуклость, и имеет массивную губу с заострённым краем.

Описываемая Теофилом технология применялась вплоть до XII в. В размерах и массе колокола к этому времени увеличились в сотни раз. Если в VI в. они перевозились в ларцах, то в IX в. их масса исчислялась уже сотнями, а в XI в. – тысячами фунтов. Перевозить их стало делом затруднительным, поэтому они отливались прямо на месте вблизи той церкви, для которой они предназначались. В результате на рубеже X–XI вв. за отливку колоколов взялись бродячие ремесленники, и монахи-бенедиктинцы к XIII в. утратили привилегию на колокольное литьё.

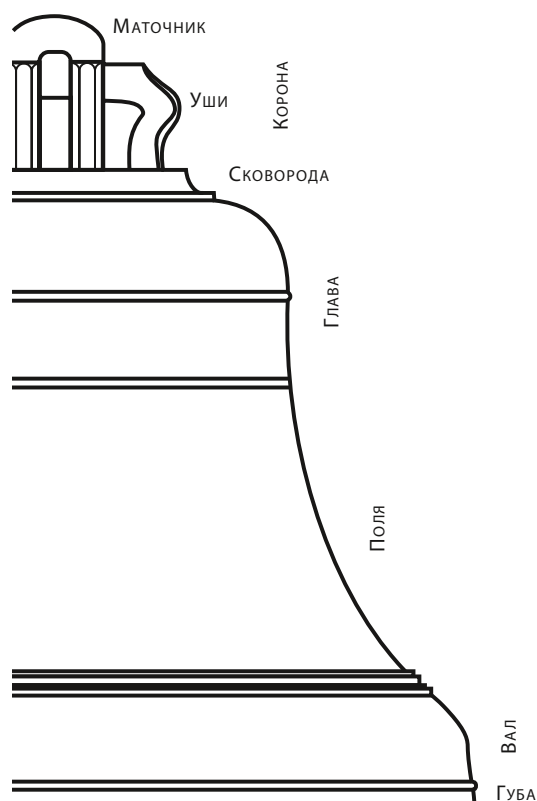
### КОЛОКОЛЬНОЕ ЛИТЬЕ ПО ТЕХНОЛОГИИ БИРИНГУЧЧО

Период с XII по XVI в. занимает особое место в истории колоколов: в эти столетия сформировалась их современная форма и технология литья, полностью определились функции. Появились комплексы, объединяющие до тридцати колоколов; система клавиш, по которым звонарь ударял кулаками, была дополнена педалями; колоко-

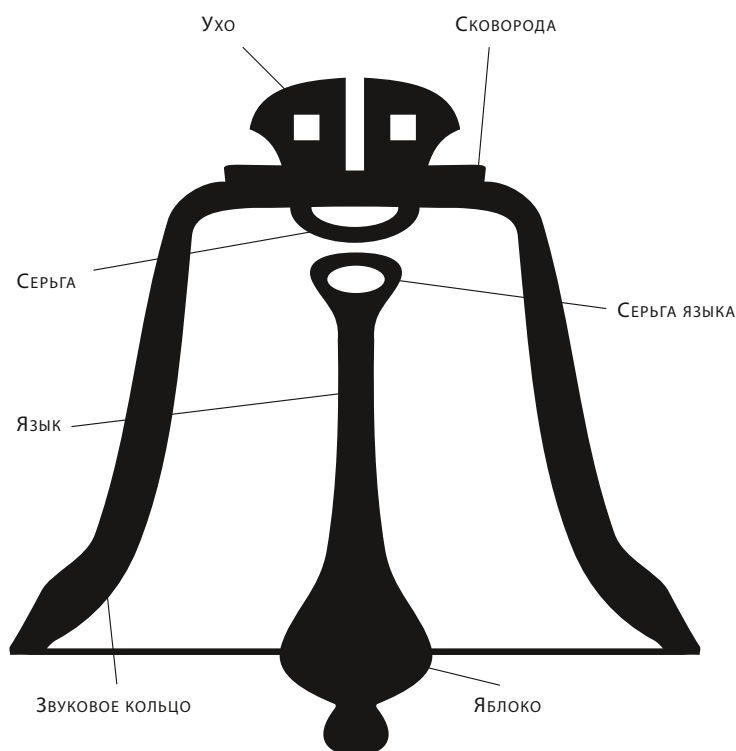
ла следовали друг за другом в соответствии с полутонами без пробелов (был создан звукоряд по системе европейской хроматической гаммы, состоящей из полутонов). Так получила завершение конструктивная схема нового музыкального инструмента – карильона.

В первой половине XIII в. появляются колокола, близкие по форме к современным, а к концу столетия окончательно складывается классическая (готическая) форма колокола. Обусловленный классической формой звон колокола имеет характерное развитие во времени: сначала, сразу после удара языка о стенку, раздаётся резкий металлический звук, а затем долго слышится ровный гул, затухающий медленно и слегка меняющий свою окраску по мере затухания, так что возникает ощущение едва уловимой мелодии.

Высокое качество звучания и возможность ещё более наращивать массу колоколов обеспечила новая технология их литья, освоенная в XII в. Впервые она описана в 1540 г. в книге Бирингуччо «Пиротехния». По этой технологии в литейной яме выкладывают из кирпича полый сердечник литейной формы, обмазывают его смесью глины и песка, нанося её тонкими слоями. Шаблон, вращающимся вокруг вертикальной оси, выглаживают каждый слой так, чтобы в итоге сердечник принял форму, соответствующую внутреннему профилю колокола.

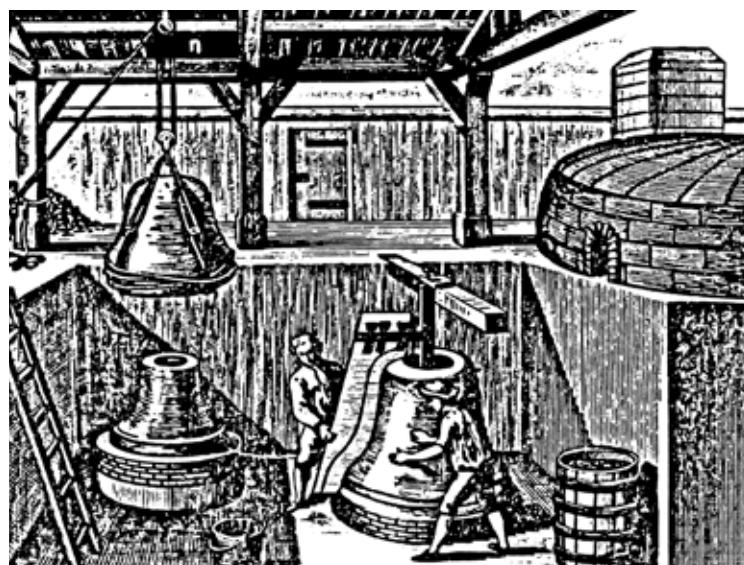


Основные составные части колоколов «классической» формы



Внутри полости разводят огонь и хорошо просушивают глиняную обмазку сердечника – слой за слоем, затем смазывают его салом. Сверху выкладывают глиняную «рубашку», в точности повторяющую своими очертаниями желаемый колокол, внешнюю поверхность скругляют и выравнивают другим шаблоном.

Глиняный колокол просушивают и смазывают салом. Затем на него накладывают буквы и элементы орнаментов, приготовленные из воска. Сверху наносят один за другим тонкие слои жидкой глины, высыхающие на воздухе, без прогрева огнём. Глина замешивается всё гуще, её слой становится всё толще – таким образом образуется глиняный кожух, который для прочности охва-



Изготовление колоколов по Бирингуччо. Форма изготавливалась с помощью шаблона (гравюра из «Энциклопедии, или Толкового словаря наук, искусств и ремёсел» Дидро и Д'Аламбера, 1751 г.)

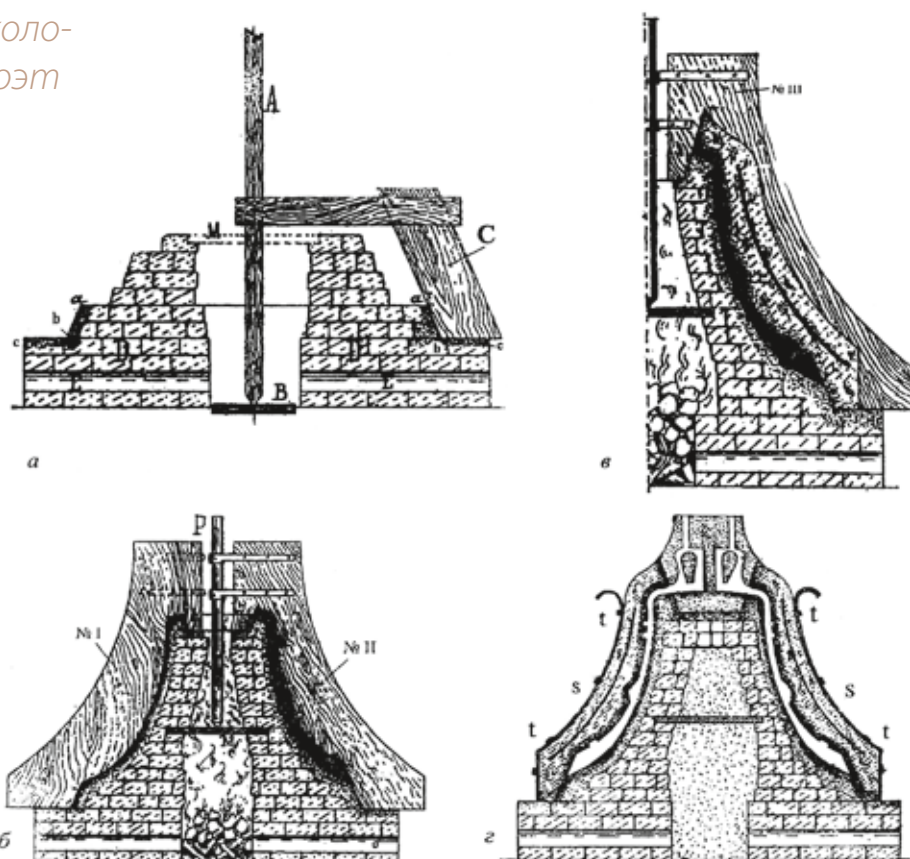
тывают железными ребрами и обручами. В полости снова разводят огонь и прогревают кожух, затем его приподнимают и удаляют глиняный колокол (то и другое получается без особого труда благодаря разделительным слоям сала). Потом кожух опускают, стараясь точнее установить на прежнее место.

Форму для «ушей» готовят тем же способом, который описан в трактате Теофила, и надстраивают ею форму колокола. Литейную яму засыпают землей и тщательно утрамбовывают, чтобы форму не разорвало при заливке. Сплав готовится в отражательной печи неподалёку от литейной ямы и направляется в форму по желобу из кирпичей, обмазанных глиной.

Преимущества новой технологии литья вскоре были подтверждены успешными крупными отливками. При-

Вот как описывает отливку колокола знаменитый немецкий поэт Ф. Шиллер:

Утвердивши форму в глине,  
Обожжённую огнём,  
Выльем колокол мы ныне.  
Ну! Живей, друзья, начнём!  
Медь дружнее плавь,  
Олова прибавь,  
Чтобы с силой надлежащей  
Медь лилась струёй кипящей.



Основные операции формовки: а – выкладка цоколя стержня; б – формовка по шаблону стержня и модели колокола; в – изготовление кожуха формы; г – разрез собранной формы

мерами здесь могли бы послужить колокола для Петербурга (1206 г., 2500 кг), для Фрейбурга (1288 г., 6500 кг), а также один из самых больших и благозвучных западноевропейских колоколов – знаменитая «Глорियोла», колокол массой 11367 кг, отлитый в 1497 г. голландским мастером Герхардом Вау для Эрфуртского собора.

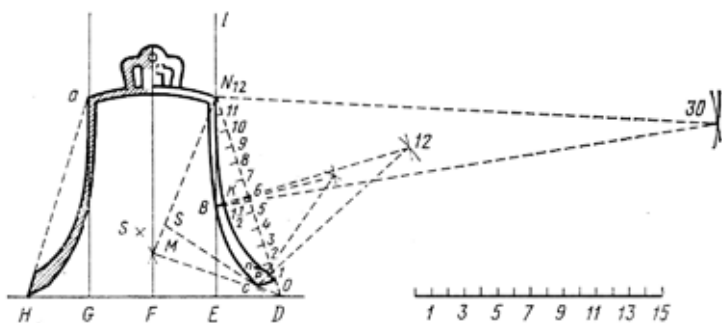
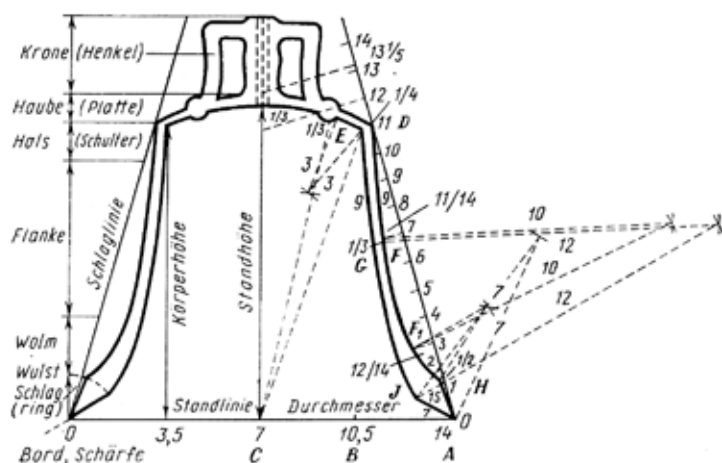
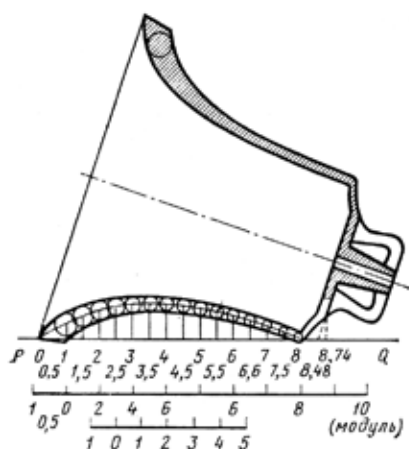
Технология Бирингуччо в своей основе сохранилась до настоящего времени, хотя, естественно, непрерывно совершенствовалась. Рассмотрим в общих чертах процесс изготовления колокола.

### ИСКУССТВО КОЛОКОЛЬНОГО ЛИТЬЯ

Работа мастера над будущим колоколом начинается с расчётов и построения чертежа его профиля. От решения этой первоначальной задачи будут зависеть голос, прочность и внешний вид изделия. Обычно заказчик определяет массу нужного ему колокола, но иногда задаётся и его основной тон. То и другое зависит от определённого соотношения размеров всех частей формы колокола.

Главные параметры, определяющие прочность и красоту звучания колокола, – нижний диаметр, высота и толщина стенки.

Известны несколько вариантов построения профиля колокола: «немецкий» профиль, «французский», «английский», «русский», но принцип всегда один: все части формы рассчитываются по единому модулю и должны быть ему кратны. Величина модуля определяется толщиной стенки в месте удара, т.е. в наиболее утолщённой части, которую русские мастера называли «бой». Рассчитывается бой в зависимости от массы и тона будущего колокола по специальным таблицам. Далее по осевой линии стенки колокола строятся линии внутреннего и наружного профиля. Вся система пропорций основана на свойствах логарифмической спирали. От соотношения толщины боя к диаметру колокола зависит и его прочность. В старинных колоколах (до XV в.) это соотношение было равно 1:12 и 1:13; у русских колоколов XIX в. – 1:15. Чем тоньше стенки колокола, тем ниже его основной тон и пластичнее звук.



НЕМЕЦКАЯ (А), РУССКАЯ (Б) И ФРАНЦУЗСКАЯ (В) ФОРМЫ КОЛОКОЛОВ

Существующий, выверенный многовековой практикой метод построения формы колокола не предусматривает точного расчёта его верхнего диаметра. В итоге каждый мастер имеет свой собственный, индивидуальный профиль колокола. Когда чертёж будущего колокола готов, по нему изготавливаются два лекала: для внутреннего профиля колокола и для наружного. Далее начинается создание объёмной формы колокола из кирпича и глины.

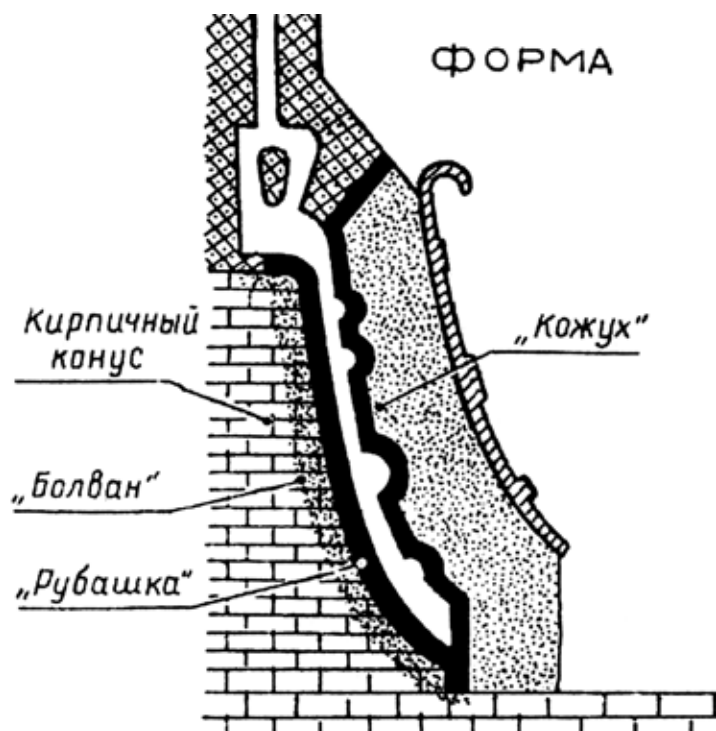
Литейная форма состоит из трёх частей: болвана, или стержня (внутренняя часть формы), «фальшивого колокола» (модели), и кожуха (внешняя часть формы колокола). Самая кропотливая часть работы – изготовление фальшивого колокола. Модель изготавливается из глины и песка по лекалу; готовая внутренняя форма обмазывается тонкими слоями, каждый слой подсушивается. В глину добавляют пластификаторы и армирующие материалы: коровью шерсть, конский навоз, квасное сусло.

На фальшивый колокол наносятся орнаменты, иконы, надписи. Подготовка декора колокола – отдельный, очень длительный процесс. Готовая модель с украшениями и надписями обмазывается тонкими слоями жирной глины с просушкой каждого слоя. Таких слоев может быть 20–30 в зависимости от массы будущего колокола. Жидкая глина должна заполнить все детали украшений.

Затем форма обмазывается толстым слоем глины, который стягивается металлическими прутьями с крючками наверху, служащими для подъема верхней части колокола – кожуха. Кожух поднимают, фальшивый колокол уничтожается, болван и внутреннюю часть кожуха (на которой отпечатались все украшения и надписи) зачищают и поправляют. Затем ставят кожух на прежнее место, между болваном и кожухом получается пустое пространство для заливки металлом. Форму устанавливают в литейную яму и тщательно засыпают землей, плотно трамбуя, чтобы кожух выдержал давление расплавленного металла.

Медь плавится в подовой печи в течение 5...6 ч. Мастер всё это время постоянно следит, чтобы пламя не ослабевало и медленно, постепенно температура приближалась к точке плавления меди (1083 °С). Далее температуру быстро поднимают до 1200...1300 °С и добавляют нужное количество олова. Полученный сплав тщательно перемешивают деревянными шестами, раскисляя металл. Затем сплав охлаждают до температуры 1080 °С и начинают выпуск.

Жидкий металл стремительно течёт по жёлобу и наполняет форму. До этого момента от загрузки олова в печь должно пройти не более 10 минут, иначе олово выгорит. Если температура будет меньше 1080 °С, тело колокола получится пористым, если больше – сплав в наиболее толстых участках стенок будет неоднородным: лёгкое олово разделится с тяжёлой медью, что окажет вредное влияние на звук.



СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

Готовность сплава, кроме точного контроля температуры, можно определить старинным способом: опустить в него деревянную палочку. Если бронза готова, она застывает на ней в виде стеклообразной корки. При правильном заполнении формы металл глухо журчит (более резкие звуки говорят о пузырях в сплаве, что ведёт к появлению раковин в колоколе). Колокол остывает несколько дней, затем его вынимают из ямы, очищают от пригоревшей глины абразивными материалами и тщательно обрабатывают чеканкой каждый сантиметр поверхности. Это позволяет сделать поверхность колокола гладкой и блестящей, а украшения – более рельефными.

### ТРАДИЦИИ И ХИТРОСТИ ЛИТЕЙЩИКОВ КОЛОКОЛОВ

Отливка колокола считалась рискованным делом и поэтому ей предшествовала молитва об удачном исходе как у католиков, так и у протестантов и православных. На некоторых заводах на протяжении всего времени литья присутствующие стояли с обнажёнными головами, читая молитву, иногда приглашали духовенство и служили молебен о благополучном литье. Как правило, перед выпуском расплавленной бронзы зажигали перед иконой свечи, молились и затем уже приступали к отливке.

В старину церкви, нуждавшиеся в колоколах, отправляли особых сборщиков на телегах, переезжавших из села в село. Остановившись на торговой площади, сборщик звонил, собирал гроши мирян и серебряные рубли от щедрых жертвователей, чтобы колокол был звонче и лучше.

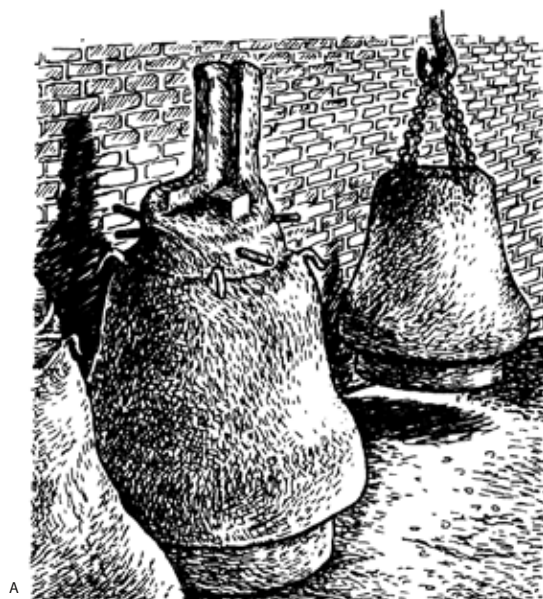
Бытовавшее в народе мнение о пользе для колокольного металла примеси серебра является ошибочным. Химический анализ известных своим приятным звуком

Подготовка к заливке бронзы:

А – внешний вид формы, готовой к заливке.

На заднем плане – подъём кожуха;

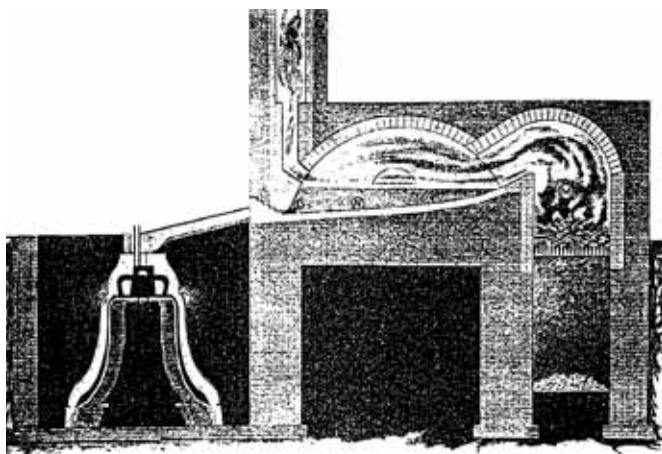
Б – желоба для заливки бронзы в форму



А



Б



Заливка бронзы из пламенной печи непосредственно в форму при изготовлении крупных отливок



А



Б

Чистовая обработка колокола: А – очистка поверхности (гравюра из книги «Арена природы и искусств», Вена, конец XVII в.); Б – чеканка (гравюра К. Люкена, 1698 г.)

*Колокол остывает несколько дней, затем его вынимают из ямы, очищают от пригоревшей глины абразивными материалами и тщательно обрабатывают чеканкой каждый сантиметр поверхности. Это позволяет сделать поверхность колокола гладкой и блестящей, а украшения – более рельефными.*

колоколов, в которых предполагалось значительное количество серебра (например, известный колокол в Руане), показал полное его отсутствие. Есть версия, что литейщики, вместо того чтобы бросать приносимые им драгоценные металлы в тигли, заставляли жертвователей бросать их прямо в огонь. Благодаря этому серебряная масса оставалась в золе, откуда литейщики и вытаскивали её, как только церемония кончалась и мастерская пуста.

### КОЛОКОЛЬНАЯ БРОНЗА

Колокола обыкновенно отливались и отливаются из так называемой колокольной меди (бронзы), представляющей собой сплав 78–82 % масс. меди и 18...22 % масс. олова. Исходные компоненты колокольной бронзы – медь и олово – должны быть как можно более чистыми. Использование медного лома может привести к появлению в сплаве примесей, не только придающих резкий звук будущему колоколу, но и делающих его хрупким (особенно если это цинк, свинец и железо).

Бронза не подвержена коррозии, в этом смысле она практически вечна. Под влиянием влажности воздуха на бронзе с течением времени появляется голубовато-зеленый налёт – патина, предохраняющая бронзу от дальнейших изменений. Хорошую бронзу видно на изломе: она мелкозерниста, желтовато-серебристого цвета (что также давало повод думать, что бронза содержит серебро). Так как кристаллы меди и олова до конца не перемешиваются, их дрожание и трение друг о друга и создают тот мощный и богатый звук, за который ценятся

колокола. Крупные кристаллы на изломе указывают на недостаток олова, а чуть заметные – на его излишек.

### ЯЗЫК ДЛЯ КОЛОКОЛА

Отдельно делался язык колокола. Его конструкция также зависела от способа звона. Считается, что лучший материал для языка – кованое железо, обладающее необходимой вязкостью. Масса языка составляла около 1/25 массы колокола, для больших колоколов языки несколько легче. Сталь в этом случае не подходит ввиду хрупкости и негативного влияния на свойства звука.

В Германии иногда использовали железные языки с бронзовыми или деревянными подушками на ударных местах, однако такая конструкция не подходит для ударного звона, приводящего к быстрому изнашиванию мягкого металла и дерева в языке, и недостаточной яркости звука.

Язык подвешивается на стальную петлю в верхней части внутри колокола. Эта петля, или серьга, вставляется в форму колокола перед заливкой и, залитая бронзой, становится неотъемлемой частью колокола. Иногда серьги изготавливают из меди.

### ИСКУССТВО КОЛОКОЛЬНОГО ЗВОНА

В звуке колокола различают три главных отдельных тона: первый звон – главный, самый слышный тон, происходящий тотчас же после удара; если он густ, ровен, держится долго и не заглушается другими побочными тонами, то колокол отлит превосходно. Главный звон зависит от

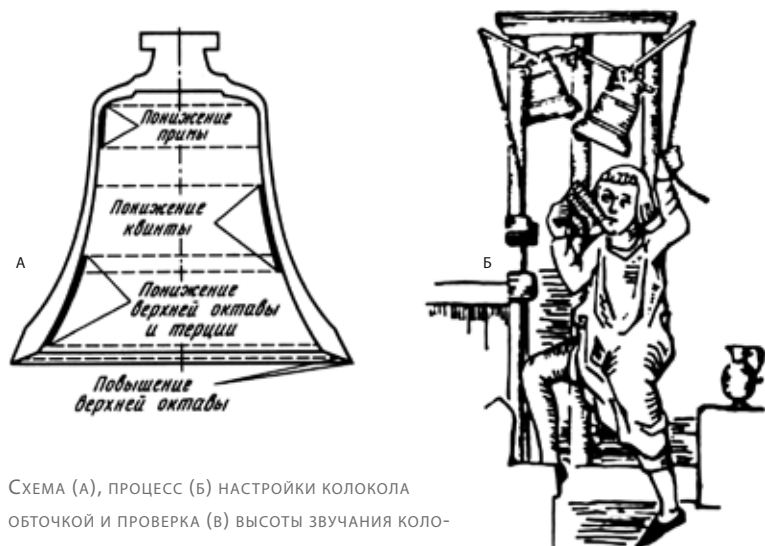


СХЕМА (А), ПРОЦЕСС (Б) НАСТРОЙКИ КОЛОКОЛА  
ОБТОЧКОЙ И ПРОВЕРКА (В) ВЫСОТЫ ЗВУЧАНИЯ КОЛО-  
КОЛОВ С ПОМОЩЬЮ ПОПЕРЕЧНОЙ ФЛЕЙТЫ (ФРАГМЕНТ  
ФРЕСКИ. Г. МЁЛН, ГЕРМАНИЯ. ОК. 1400 Г.)



В

*С середины XIX в. известны общества любителей колокольного звона. Особенно много их было в Англии и России (до революции 1917 г.). Наиболее авторитетными считались Камберлендское общество искусства звонарей в городе Норвич и Лондонский клуб звонарей.*

математически правильной и соразмерной толщины всех частей колокола и происходит от вибрации частиц металла в средней его трети. Второй тон представляет собой гул, который хотя происходит тотчас же за ударом, но явно слышится спустя некоторое время. Гул распространяется не так далеко, как звон, но держится дольше его, и чем он сильнее, тем колокол считается лучше. Гул происходит от вибрации частиц металла в краях колокола или, вернее, в нижней его трети. Поэтому чем толще края колокола, тем гул сильнее, хотя при излишней толщине он разносится не так далеко.

Третий тон – это «звененье». Оно происходит от вибрации частиц металла в верхней трети колокола; звук этот довольно неприятен; он тем слышнее, чем толще дно и верхняя треть колокола и чем массивнее его уши. В небольших колоколах этот звук сливается со звоном и потому едва слышен, но в больших он довольно силен и пронзителен. Для устранения или, по крайней мере, для уменьшения нежелательного звука верхнюю треть и дно колокола стараются делать как можно тоньше, в 2–3 раза тоньше краев.

Если размеры колокола верны и пропорция меди и олова точна, тогда звук колокола, происходящий от сочетания главных тонов, достигает необыкновенной чистоты и певучести. Такие колокола достаточно редки. Это связано с целым рядом обстоятельств, с которыми довольно трудно бороться, например, с ликвацией сплава в печи. И хотя предпочитают отливать колокола, которые предполагается использовать совместно, из металла одной плавки, успех не гарантирован. Таким образом, и при всём опыте мастера не всегда сразу получается звон из нескольких колоколов в требуемом тоне, и тогда остается одно – исправить недостатки обточкой стенки колокола.

Это возможно лишь в том случае, когда тон колокола должен быть понижен, и почти невозможно повысить тон колокола, так как при этом необходимо укоротить диаметр его нижнего края. Поэтому на практике предпочитают отливать колокол с более толстыми стенками. Таким способом возможно исправить ошибку главного тона, но при этом невозможно исправить добавочные тона.

Искусство колокольного звона требует большого навыка и умения. Как уже отмечалось, применяются два

способа: раскачивают или язык, или сам колокол. В средневековье, когда колокола использовались особенно часто, от сильного звона звонари нередко глухли (вспомним хотя бы знаменитого Квазимодо из «Собора Парижской Богоматери» Виктора Гюго), поэтому, чтобы сберечь слух, они клали в уши ягоды, например, рябины, калины и клюквы, затыкали уши ватой, звонили с открытым ртом.

С середины XIX в. известны общества любителей колокольного звона. Особенно много их было в Англии и России (до революции 1917 г.). Наиболее авторитетными считались Камберлендское общество искусства звонарей в городе Норвич и Лондонский клуб звонарей.

В России хороший звон зависит от искусного перебора шести, семи, а иногда девяти и даже тринадцати колоколов с соблюдением довольно ровного такта, зависящего от более или менее частых ударов в большой колокол. В Англии большой популярностью пользуются колокольные концерты, на которых звонари на пяти, шести или более колоколах исполняют все возможные сочетания ударов, которые только можно получить при известном числе колоколов. Например, в 1796 г. члены клуба звонарей в Вестмерленде на колокольные церкви св. Марии звонили три часа и двад-

цать минут и сделали за это время на семи колоколах все возможные сочетания числа семи, т.е. 5040 ударов. В Бирмингеме подобный концерт продолжался 8 ч 15 мин, за это время с хронометрической точностью было сделано 14 224 удара.

### СТАРЕЙШАЯ МАНУФАКТУРА В МИРЕ

Рассказывая о колокольном литье, нельзя не упомянуть о замечательном факте – старейшей действующей мануфактуре в мире (не только металлургической, а вообще – старейшей из всех известных) является литейная мастерская Уайтчепел («Whitechapel»). Почти 600 лет она не прекращает производство колоколов. Мануфактура внесена в Книгу рекордов Гиннеса. Именно в колокольной литейной Уайтчепел были сделаны многие знаменитые колокола, ставшие национальными символами.

В 1752 г. в Уайтчепеле отлили Колокол свободы, который в 1776 г. возвестил независимость Америки от власти Великобритании. В 1858 г. здесь был отлит Биг Бен («Большой Бен») для курантов, установленных в Часовой башне парламента в Лондоне. Колокол массой 13,5 т назван в честь сэра Бенджамина Холта – главного смотрителя работ. Большой Бен зазвучал в мае 1859 г., впоследствии он стал известен во всем мире своим характерным



Литейная мастерская Уайтчепел (Whitechapel), Великобритания



боем, который передаётся во все страны радиостанцией Би-Би-Си. Причиной гулких ударов колокола является трещина.

В литейной Уайтчепел отливали «колокола Боу» для церкви Сент-Мэри-ле-Боу на улице Чипсайд в лондонском Сити. Те, кто родился в пределах слышимости колоколов Боу, считают себя «настоящими кокни», т.е. коренными лондонцами. Говорят они на своеобразном наречии и имеют особый рифмованный жаргон, ныне собранный в нескольких словарях.

Справедливости ради необходимо отметить, что мастерская Уайтчепел – это результат слияния в начале XV в. нескольких независимых литейных: Хартфордской, Глостерской и Даунэмской. Объединенное производство первоначально располагалось на знаменитой Биллитер стрит – улице колокольников, которая до сих пор существует в лондонском Сити. Во второй половине XVI в. Роберт Мот перевёл мастерскую в Уайтчепел. Этот мастер прославился тем, что изготовил два колокола для Вестминстерского аббатства (в 1583 и 1598 гг.), которые до сих пор звонят к ежедневной службе.

С начала XVII в. литейной Уайтчепел владеет семья Хьюзов. Нынешний глава фирмы – Алан является представителем тридцать девятого поколения литейных мастеров. В 1758 г. мастерская переехала через улицу, в нынешнее помещение, где до того была дорожная гостиница под названием «Артишок». Литейная, переоборудованная из постоянного двора, представляет удивительное сочетание старого и нового, как, впрочем, и само искусство отливки колоколов. Открываешь наружную дверь – и раздаётся перезвон колокольчиков. Старый сигнальный колокол, сделанный 160 лет назад, возвещает рабочим (их двадцать четыре) перерывы на обед и чаепитие. В приемной располагается маленький музей литейного дела. Главный экспонат – колокольный формовочный стенд, собранный для 1-й Всемирной промышленной выставки в Лондоне 1851 г.

В современной Великобритании почти 6500 звонниц, которые обслуживают всего две мастерские (вторая – литейная Тэйлоров в городе Лафборо графства Лестершир). Литейщики выполняют работы по переливке, настройке или подвеске колоколов на новое место. Бывает, что старинный колокол с трещиной – вещь сама по себе очень ценная. Он может представлять единственное сокровище церкви. Поэтому переплавку старых колоколов разрешают не всегда. Если колокол особенно древний или известно, что это единственный оставшийся образец работы того или иного прославленного литейщика, совет по охране богослужебных зданий может настоять на запрете переплавки.

Техника отливки колоколов мало изменилась за 500 лет. При формовке болвана (английские литейщики используют термин «шишка») применяются те же мате-

риалы, что и сотни лет назад: желтая лондонская глина, конский волос для связки и навоз для аэрации. Единственное техническое новшество – электрическая плавильная печь. Во всех других отношениях средневековый мастер-литейщик не заметил бы никакой разницы. Он бы, впрочем, удивился тому, что происходит в столярной и слесарной мастерских, примыкающих к литейной. В былые времена мастера только лили колокола – подвеской их на места занимались другие рабочие. Теперь же мануфактура не только отливает колокола, но и сама изготавливает к ним головные брусья и ведёт подвеску.

Правильно подвесить колокол так же важно, как правильно его отлить. Перед подвеской колокол нужно настроить. Иногда в дополнительной настройке нуждается и колокол, провисевший целые века. Не потому, что сам колокол теряет настройку, а потому, что меняется аку-



МАСТЕРСКАЯ УАЙТЧЕПЕЛ. НАСТРОЙКА КОЛОКОЛОВ

стика в помещениях и вокруг них. Многие старинные церкви Великобритании зажаты со всех сторон высокими зданиями. Поверхность этих зданий, отражая звук, искажает акустику и расстраивает мелодию колоколов.

Как уже говорилось, настраивают колокол изнутри, спиливая металл с внутренней поверхности. Напомним, что, поскольку металл можно только снимать, но не добавлять, колокол первоначально отливают на тон выше, чем требуется, и затем постепенно снижают ему «голос», доводя до нужной ноты. Правильность ноты определяется современным электронным стробоскопическим прибором. Но окончательную настройку звучания мастер определяет по слуху. Человеческое ухо лучше всякой электроники ощущает момент наступления «верного» звука. \*

## Приложение

# «Коренное» родство золота и железа (морфология металлургической терминологии)

Привычная для нас металлургическая терминология в основном сложилась в эпоху Древнего мира и раннего средневековья. 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, лингвисты могут реконструировать древнее звучание слова, получившее в дальнейшем в каждом из родственных языков новое произношение.

### ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

Изучение любой науки начинается с освоения ее терминологического аппарата и методологии. Иногда эти термины хорошо известны нам со школьной скамьи и поэтому привычны в употреблении. А какова морфология (происхождение) металлургических понятий? Является ли профессиональный язык металлургов обособленным от повседневной жизни или, наоборот, представляет собой порождение бытового «просторечного» языка? В университетских учебниках вы об этом не прочитаете, а мы попробуем разобраться.

Согласно последним исследованиям древнейшие названия большинства металлов восходят к их характерному цвету или блеску. Ярким примером являются названия драгоценных металлов – золота и серебра. Славянское «золото», английское и немецкое «gold» происходят от санскритского корня «гол» («зол» или «жал»). Этот корень составляет основу слов «яркий, блестящий, пылающий». К этому же корню восходят корни «жел» и «зел» в словах «желтый» и «зеленый», а также древнегерманское «геолу» и современное английское «yellow» (желтый).

Блестящий цвет серебра издавна связывали с Луной, что отразилось в названии металла. В Древнем Египте серебро обозначалось словом «хат» – белый. Современное латинское название «argentum» происходит от греческого слова «аргос» – белый, блестящий. В странах Древнего мира широко применялись изделия из природного сплава золота с серебром, который греки называли «электрон», а римляне – «электрум». Полагают, что греческое название происходит от янтарного цвета металла. Сам камень – янтарь, очень высоко ценившийся в Древней Греции, Гомер и Гесиод также называли электроном.



Золото — очень тяжёлый металл. Шар из чистого золота диаметром 46 мм имеет массу 1 кг. Высокая плотность золота облегчает его добычу.

Золото — очень мягкий металл, по сравнению с твёрдостью ногтя.

Золото также высокопластично: оно может быть проковано в листки толщиной до ~0,1 мкм (сусальное золото).

«Цветовая идентификация» древних металлов приводила к интересным родственным связям их названий, недоразумениям и «наследственным» взаимоотношениям. Например, распространена точка зрения, согласно которой русское слово «железо» происходит от упоминавшегося выше санскритского корня «жел» («жал»). Оно могло характеризовать поверхность отполированного блестящего на солнце стального изделия или происходить от желтого цвета болотной руды, наиболее часто применявшейся для производства металла. Если согласиться с этой версией, следует признать древнее «коренное» родство золота и железа, сохранившееся в современном русском языке.

Другим примером могут служить свинец и олово. Большинство древних народов считало свинец, олово и сурьму одним и тем же металлом разной степени чистоты. Римляне называли свинец «плюмбум нигрум», а олово – «плюмбум альбум», т.е. это один и тот же металл, только черного или белого цвета. На Руси свинец долгое время назы-



*Олово является (наряду с медью) одним из компонентов бронзы. Поскольку бронза являлась наиболее прочным из известных в то время металлов и сплавов, олово было «стратегическим металлом» в течение всего «бронзового века», более 2000 лет.*

вали оловом. Это нашло отражение в поговорке «Слово – олово, молчание – золото», впоследствии видоизмененной. Позднее за свинцом закрепилось название, произошедшее от технологии его разлива: «свинкой» называли товарные слитки металла.

В украинском языке до сих пор существует слово «оливець» – карандаш, но раньше писали не оловянными, а свинцовыми стержнями. Свинцовые штифты широко использовались для письма еще в античности, поэтому древние греки дали свинцу название «молибдос», что означает «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.

Сложности, связанные с толкованием древних металлургических терминов, часто возникают по «философским» и «мировоззренческим» причинам. В древних языках длительное время не было термина «металл» в его современном понимании. Слова, которые теперь переводятся из древних текстов как «железо» или «медь», в те времена означали «камень» («руда») или «продукт плавки». Осознание металла как вещественной формы, которой присущи определенные металлические свойства, произошло лишь в середине 1-го тысячелетия до н. э. Этому достижению научной мысли человечество обязано греческой философии, благодаря которой в современные языки вошли термины «металл», «металлургия» и их производные. В предшествующие же эпохи не было ничего удивительного в том, что слово, использовавшееся для обозначения железа, перейдя в другой язык, начинало обозначать медь или наоборот.

В настоящее время наиболее распространена версия, согласно которой древнейшим языком, из которого началось «движение» термина, обозначающего железо, в другие языки, был язык хатти – народа, относящегося к древним индоевропейцам и населявшего Анатолийский полуостров во 2-м тысячелетии до н. э. Хатти, а следом

за ними и хетты называли железо «хапалки» (или более поздние формы – «hawalki» и «habalkinnu»). 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», означавшая первоначально собственно металл (и железо, и 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 называл этот сплав железа в своих произведениях Эсхил; отсюда же происходит часто упоминаемое в греческих мифах название легендарного народа «железоделателей» – халиберов, которые согласно преданию обитали на черноморском побережье Малой Азии и передали древним грекам секреты металлургического мастерства. Кроме того, в древнегреческом языке существовало слово «сидерос» (звездный металл), обозначавшее железо космического происхождения. Аналогичные термины для метеоритного железа характерны для многих древних языков. «Бинипет» (небесный) называли этот металл копты – жители Древнего Египта, а «еркат» (капнувший с неба) – древние армяне.

Интересно 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. 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».

Вернемся к хаттийскому 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 в семитский («parzillu») и финикийский («парциллум») языки.

В древнееврейских книгах железо называют «barzel», что является производным от упомянутого «parzillu» и шумерского «bar-jal». В Ветхом Завете используется название «tubalkain» (созвучное хаттскому «habalkinnu»). Самое раннее упоминание о железе в Библии можно найти в 1-й книге Моисея («Бытие»). При перечислении потомков Каина говорится: «...Цилла родила мальчика, названного Tubalkain, ставшего кузнецом...».

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 в латинский язык в виде «феррум». Именно так теперь и называют железо, когда о нем говорят как о химическом элементе. Ставшее международным латинское название «ferrum» принято сегодня у всех романских народов.



ФРЕСКА С ИЗОБРАЖЕНИЕМ ТУБАЛКАИНА НА ЗНАМЕНИТОЙ КОЛОКОЛЬНЕ ДЖОТТО ВО ФЛОРЕНЦИИ



Термин «феррум» широко применялся в средневековье в алхимической литературе. Однако алхимики им не ограничивались: для обозначения железа они использовали также такие названия, как «iris», «sarsar», «phaules», «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 другой планеты – «меркурий».

В современных английском и немецком языках для обозначения железа используют слова, восходящие к кельтскому термину «изарн» («изарнон»).

В кельтском языке много слов с корнем «изар»: 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 средние века в употреблении были несколько слов, обозначавших железо и созвучных кельтскому прообразу: isern, isen и iren. Современное «iron» стало общепринятым в середине XVII в.

Отметим, что тибетские и китайские слова, обозначающие железо, современные лингвисты также производят от хаттского «hawalki». Считается, что от него произошло древнекитайское «khlek», которое затем трансформировалось в «thek» («сек») – сталь. Чугун, который китайцы научились использовать раньше других народов, они называли «чао». Для обозначения металла вообще, как философской категории, применяли термин «цзянь», которым также обозначали бронзовый меч – особо почитаемое благородное оружие.

О происхождении славянских слов, обозначающих железо, существует несколько версий. Наибольшее распространение получили две из них. Хаттско-санскритская версия упомянута в начале главы. 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 образовании славянских и балтийских терминов указывают на то, что подобная практика обозначения металла была и в древнейшей истории. Например, в латинском языке наряду с вышеупомянутым названием железа «феррум» использовался термин «acies», буквально обозначавший лезвие или острие, но применявшийся и как название стали.

Интересно происхождение других славянских металлургических терминов. Славянский 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 изго-

товлять из металла сложные замысловатые изделия. По-видимому, в современном понимании слова «кузнец» и «кузница» стали использоваться в русском языке не ранее XV в.

В основе слов «ковка», «ковать», «коваль», характеризующих процесс термомеханической обработки металла, лежит корень «ков», происходящий от позднего хеттского названия меди «кувана» («кована»). От него же происходит слово «коварство», ранее означавшее «мудрость, умение, замысловатость» и не имевшее негативных оттенков. Поэтому встречающееся в летописях словосочетание «коварные златокузнецы» следует понимать как «умелые ювелиры». Глагол «ковать» ранее имел широкий смысл: «изготавливать что-либо из металла с помощью умения, навыков». Именно от него произошло множество слов, обозначающих и мастера, и его инструменты, и продукцию, например: ковач, наковальня, ковадло (кувалда, молот), подкова, ковчег (металлический ящик).

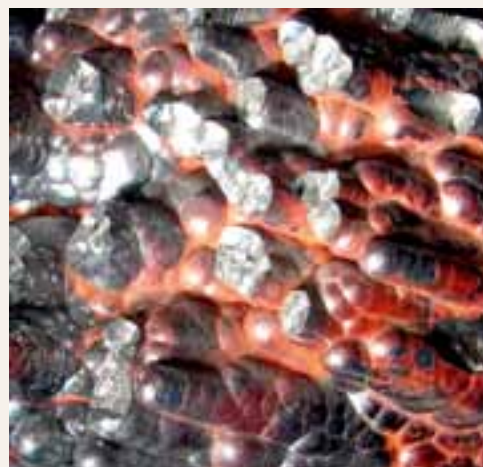
Как же называли мастера-металлурга, работавшего с железом, древние славяне? По наиболее распространенной в настоящее время версии, это слово звучало как «крыч» или «хрыч». Однокоренными являются слова «крица» – кусок восстановленного железа, требующий термомеханической обработки, «корчиница» – кузница, «мех корчин» – кузнечный мех, «корчиться» – работать с мехами. От старославянского «крыч» 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» («стрый крыч») не было ничего обидного, он понял бы его как «мудрый (опытный) кузнец».

Исходный материал для металлургического производства в древности назывался, так же как и в настоящее время, рудой. В древнерусском языке это слово обозначало одновременно кровь и рудные минералы, т.е. «кровь земли». Прилагательное «рудый» было синонимом красного или рыжего цветов, из чего можно сделать вывод о том, 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.

Кстати, славянское слово «руда» имеет прямые родственные связи со скандинавским (варяжским) «raudi». От этого термина, обозначавшего болотную или гематитовую руду, происходят финское слово «rauta», исландское «gauda» и даже современное английское «red» – красный, заимствованное у викингов.

Продуктами плавки железной руды в древних славянских сыродутных горнах были сплавы железа разного качества. В летописях чаще всего упоминаются оцел и харалут. Под оцелом понималась сталь высокого качества, прошедшая длительную термическую обработку. Это слово обычно употребляется с прилагательными «тръпенный» (стойкий, терпеливый) и «каленный»; известна старорусская поговорка: «Пещь искушает оцел во каление» (печь испытывает сталь огнем).

Харалут был сталью самого высокого качества. Из него изготавливались прежде всего предметы наступательного вооружения: мечи, наконечники копий и стрел. Некоторые специалисты считают термин «харалут» заимствованным из тюркского языка, в котором существует выражение «кара-лыг», что означает «черный цветок». Прилагательное «харалужный» пять раз используется в поэме «Слово о полку Игореве»



ДИСПЕРСНЫЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ГЕМАТИТА В БУРОМ ЖЕЛЕЗНЯКЕ. ЗИГЕН, ВЕСТФАЛИЯ, ГЕРМАНИЯ.

для характеристики качества русских мечей и копий. Например: «Ярь туре Всеволод! Стоиши на борони, прыщещи на вои стрелами, гремлеши о шеломи мечи харалужными». Из текста произведения следует, что помимо основного смыслового значения слова «стальной» прилагательное обозначало также цвет изделия «яркий, сверкающий, пламенный». При изготовлении харалута применяли специальные способы закалки металла: летопись говорит о том, что такая сталь была «в бусте закалена» (закалку проводили на ветру).

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 выплавке железа из руды. «Дутье» по-древнерусски произносилось как «дмение», отсюда происходит прилагательное «надменный», т.е. «надутый». Этот же корень имеют глагол «дмать» (дуть) и название 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 подчиненным являлся Семаргл) был богом неба, огня и воздушной стихии, от него зависело движение «соков» и «крови» в земле, т.е. 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.



*Сварожич – символ небесной силы бога Сварога, сохраняющий в первозданном виде все многообразие форм жизни во Вселенной.*

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 каменiem бивахуся» (А.А. Шахматов «Повесть временных лет»). Именно с помощью кузнечных клещей в известном эпическом произведении легендарный кузнец Михайло Поток (по другой версии – Козьмодемьян) побеждает Змея Горыныча.

Таким образом, у древних славян было много причин, чтобы металлургов уважительно называть «сварожичами», т.е. верными помощниками небесного божества. Имя Сварг часто присваивалось наиболее умелым и талантливым кузнецам. Отсюда берет свое происхождение глагол «сварганить» – мастерски изготовить металлическое изделие или 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 средневековой Европе крицу называли «волчья голова» (лат. Lupus, итал. Lupo, нем. Lurre, франц. loup). 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. ✱

## Приложение

# Водоснабжение и санитария Римской империи

### РИМСКИЕ БАНИ

Куда бы ни приходили римляне, повсюду они устраивали свои бани. Развалины их находят во Франции и в Англии, по Рейну, Некару и Дунаю, в Северной Африке. Сенека в одном из сочинений рассказывает о печальной судьбе человека, которому случилось жить возле общественных бань: «Одного гула голосов достаточно, чтобы сделать человека больным». Ему приходилось мириться со стонами штангистов, хлопками массажистов, плеском купающихся, выкриками продавцов сосисок и сладостей, криками игроков в мяч, вызываниями пациентов, которым удаляли излишки волос. Ежедневное посещение терм вошло в обычай в связи с тем, что помимо своего основного назначения они служили своеобразными местными клубами, были одним из признаков «римского образа жизни».

Общественные бани (balnea) появились в Риме в III в. до н. э. Первоначально они были «тёмные и просто оштукатуренные» и находились в ведении эдилов, которые «требовали чистоты и температуры полезной и здоровой». К концу I в. до н. э. насчитывалось 170 общественных бань; одни из них принадлежали городу, другие – частным владельцам. В IV в. н. э. в Риме имелось около тысячи бань. Без общественных бань нельзя представить себе самого захолустного итальянского городка; их строили даже в селениях.

Постепенно бани начали украшать статуями, колоннами и дорогими мозаиками для полов, устраивать искусственные водопады, чтобы слушать «шум воды, скатывающейся по ступеням». Состоятельные граждане строили бани со стенами, выложенными александрийским и нумидийским мрамором, с мозаичными помостами, серебряными кранами. По утверждению Плиния Младшего (61/62–144 гг.), изнеженные римские дамы имели бани, полностью отделанные серебром. Однако вся эта роскошь меркла перед императорскими термами в Риме.

Считается, что устройство терм, в отличие от издавна использующихся небольших бань, придумал в начале I в. до н. э. богатый и предприимчивый римлянин Гай Сергий Ората. Он взял за основу конструкцию природных терм на побережье у Флегрейских полей, неподалёку от Везувия. Эти термы отапливались при помощи системы труб, в которые подавался вулканический пар. Вместо природного теплоносителя Ората ис-



Все римские императоры считали своим долгом уделить внимание строительству терм, которые называли по имени построившего их императора.

Куда бы ни приходили римляне, повсюду они устраивали свои бани. Развалины их находят во Франции и в Англии, по Рейну, Некару и Дунаю, в Северной Африке.

пользовал печи, горячие газы от которых подавались под пол и в стены, отапливая помещение.

Первые государственные термы в Риме выстроил Марк Випсаний Агриппа (63–12 гг. до н. э.) – римский государственный деятель и полководец, друг и зять императора Октавиана Августа, завещавший их в бесплатное пользование жителям Рима. Эта традиция прижилась, и очень скоро строительство общественных терм стало наряду с боями гладиаторов и раздачей хлеба популярным видом благотворительности и инструментом для завоевания симпатий граждан, используемым императором и другими политическими деятелями.



Все римские императоры считали своим долгом уделить внимание строительству терм, которые называли по имени построившего их императора. Рядом с термами Агриппы, на Марсовом Поле, построил свои термы Нерон. Недалеко от Неронова Золотого дома находились термы Тита, а рядом с ними располагались Траяновы термы. Позднее были воздвигнуты термы Каракаллы, официально именуемые Антониновыми; они находились около Аппиевой дороги, за Капенскими воротами. Ещё одни термы, Диоклетиановы, занимали 13 га. Часть их Микеланджело превратил в церковь Санта-Мария-дельи-Анджели-э-деи-Мартири, существующую и поныне. В них же сейчас располагается Национальный Римский музей.

В сооружении терм с их колоссальными внутренними помещениями, перекрытыми мощными цилиндрическими и крестовыми сводами и грандиозными куполами, были использованы передовые достижения древнеримской строительной техники. Самые большие в Римской империи бани Диоклетиана, строительство которых окончилось в 306 г. н. э., могли вместить одновременно до 3600 посетителей. Однако самыми красивыми и величественными считаются термы Каракаллы.

Эти термы уже в V в. считались одним из чудес Рима. Они занимали площадь в 11 га (323 × 323 м). Вот как описываются термы Каракаллы в «Истории Августов»: «В них помещение в форме подошвы, по признанию архитекторов, имеет неподражаемое устройство. Снизу подложены решётки из бронзы и меди, на коих покоится весь свод, а пространство там такое, какое учёные механики считают невозможным».

Площадь главного здания терм 218 × 112 м. Эти бани были заложены при императоре Септимусе Северусе в 206 г. и завершены при его сыне Каракалле в 216 г. Они использовались по прямому назначению вплоть до VI в., пока в 537 г. готы, осаждавшие Рим, не разрушили водопровод. Нынешние руины терм Каракаллы, обустроенные для обзора и отдыха туристов, дают представление о размахе и роскоши Империи. С 1937 по 1995 г. термы Каракаллы использовались для проведения оперных спектаклей на открытом воздухе.

Банные помещения терм Каракаллы были ярко освещены благодаря застеклённым окнам (фонарям) – архитектурным прототипам сводчатых окон средневековых церквей. Длина бассейнов достигала 200 римских футов (59 м). В здании могли одновременно находиться более 3 тыс. человек. При строительстве сводов терм для повышения устойчивости широко использовались железные стяжки. Они заделывались в каменные блоки на ранних стадиях строительства и являлись, таким образом, предшественниками современного железобетона.

Главное здание, «банный корпус», было расположено в парке, окружённом сплошной линией разных помещений. В задней части сада, напротив главного входа, в правом и в левом углах, размещались два просторных зала – библиотеки. В центре, между этими залами, располагались амфитеатром ряды сидений, перед которыми находился стадион,

смотреть на который можно было и из самих терм (из задних комнат). Над ним помещались цистерны с водой для терм: 64 сводчатых помещения, шедших в два ряда и в два этажа. Вода для этих цистерн поступала из акведука Aqua Marcia.

Термы Каракаллы когда-то украшали статуи фарнезского быка, Флоры и Геркулеса, торс Аполлона Бельведерского. Сюда приходили не только смыть грязь, но для отдыха и общения. Особенное значение имели термы для бедняков, теснившихся на верхних этажах многоквартирных зданий – инсул или живших на антресолях своих мастерских. Посетитель находил здесь и клуб, и стадион, и сад для отдыха, и дом культуры. Каждый мог выбрать себе то, что было ему по вкусу: одни, вымывшись, усаживались поболтать с друзьями, шли поглядеть на борьбу и гимнастические упражнения и самим заняться ими; другие бродили по парку, любовались статуями, засиживались в библиотеке; здесь же проводили деловые встречи и обедали.

### РИМСКИЕ ТУАЛЕТЫ

Непременным спутником общественной бани был туалет (лат. *latrina, forica*). В 315 г. н. э. в Риме было 144 общественных туалета, что сопоставимо с современным мегаполисом. Некоторые из них были очень вместительны: например, в термах Адриана в Ливии они спроектированы на 50 человек, с богатой декоративной мозаикой на полу и фонтанами. Интересно, что римские туалеты были в прямом смысле «общественными», т.е. использовались не только по прямому назначению, но и для общения. Для римского гражданина посещение туалета представляло собой социальное действие – это было место для встреч, обсуждения дел, слухов и т.п.

Римские туалеты отличались комфортабельностью, оборудовались мраморными сиденьями и подключались к системе водоснабжения. За пользование ими взималась определённая плата. По поводу этой платы, введённой в правление Веспасиана, широко известен пассаж из сочинения римского историка II в. н. э. Гая Светония Транквилла. Светоний рассказывает, что император обложил налогом посещение туалетов в новом амфитеатре, прозванном за свои размеры Колизеем. В ответ на упреки Тита Веспасиан взял монету из первой прибыли, поднёс ее к носу сына и спросил, воняет ли она. «Нет», – ответил Тит. «А ведь это деньги с мочи», – сказал Веспасиан. Отсюда, как известно, и пошла римская пословица «деньги не пахнут».

Туалет, расположенный в терме, примыкал к аподитериуму (раздевальне). Главной его функциональной особенностью был водный канал с проточной водой, выведенный наружу до ближайшей реки или соединённый с канализационной системой. Вместо бумаги использовалась средиземноморская губка (эластичная пористая масса), насаженная на деревянную палочку. Посетитель первым делом выбирал палочку с губкой. Её нужно было обмыть в проточном канале и находящихся рядом резервуарах с солёной водой или уксусом.

### КАНАЛИЗАЦИЯ ВЕЧНОГО ГОРОДА

Огромные количества использованной воды требовали отвода. Многие античные города имели развитую систему водоотведения. В Афинах уже в V в. до н. э. воду и нечистоты с Агоры отводили при помощи канала глубиной и шириной в 1 м. В эпоху эллинизма во многих городах проводились открытые уличные каналы или водостоки, перекрытые плитами. В Пергаме с III в. до н. э. функционировала система подземных клоак, с которой были связаны общественные уборные. Польский филолог К. Куманецкий, говоря об античном градостроительстве, отмечает, что «наличием удобств и чистотой эллинистическая Приена превосходила Париж эпохи Людовика XV».



РИМСКИЕ ТУАЛЕТЫ отличались комфортабельностью, оборудовались мраморными сиденьями и подключались к системе водоснабжения. За пользование ими взималась определённая плата.

В эпоху эллинизма во многих городах проводились открытые уличные каналы или водостоки, перекрытые плитами.



В Риме, а также в городах, находящихся в сфере римского влияния, постепенно в разных климатических условиях начали создаваться крупные канализационные сооружения. Знаменитый греческий географ Страбон (63 г. до н. э. – 24 г. н. э.), описывая Вечный город, сообщает: «Если считалось, что греки при основании городов особенно достигали цели стремлением к красоте, неприступности, наличию гаваней и плодородной почвы, то римляне как раз заботились о том, на что греки не обращали внимания: о постройке дорог, водопроводов, клоак, по которым городские нечистоты можно спускать в Тибр. Клоаки, выведенные сводом из плотно подогнанных камней, оставляют даже достаточное пространство для проезда волов с сеном. Водопроводы подают такое количество воды, что через город и по клоакам текут настоящие реки. Почти в каждом доме есть цистерны, водопроводные трубы и обильные водой фонтаны. Обо всем этом больше всего заботился сам Марк Агриппа. Помпей, Божественный Цезарь, Август, его сыновья, друзья, супруга и сестра превзошли всех остальных, не щадя усилий и расходов на строительство».

Одним из древнейших инженерных сооружений Рима является Cloaca Maxima (от лат. cluo – чистить). Первоначально это был открытый канал, сооружённый в VI в. до н. э. во времена правления трёх этрусских царей – Тарквиния Приска, Сервия Туллия и Тарквиния Гордого. Во II в. до н. э. канал был покрыт сводом. Строительство продолжалось долго, окончательно сооружение было завершено только в 33 г. Марком Агриппой. Первоначально основная функция Cloaca Maxima заключалась в отводе дренажных вод с Форума в Тибр, позднее он стал главным коллектором разросшейся канализационной системы Рима.

Плиний Старший, рассказывая о достопримечательностях Рима, писал: «Старики поражались огромному протяжению городского вала, подпорным сооружениям Капитолия, кроме того, клоакам – сооружению, о котором следует сказать более всех других, поскольку для этого были прокопаны холмы, и город стал висячим, и под ним проплывали на лодках во время эдильства Марка Агриппы после его консульства. Под ним протекают, сведённые вместе, семь рек и стремительным течением, подобно бурным потокам, неудержимо всё увлекают и уносят, а усиленные вдобавок лавиной дождей сотрясают дно и стены».

Иногда Тибр, раздувшись, устремляется против их течения, и сталкиваются внутри встречные потоки, – и всё же прочность этого сооружения непоколебима. Поверху волокут такие громады, а полости этого сооружения поддерживают всё это, их потрясают обрушивающиеся со стремительной силой или обваливающиеся от пожаров здания, сотрясается почва от землетрясений, а они держатся со времени Тарквиния Приска вот уже 700 лет почти несокрушимые».

### ВОДОПРОВОДЫ ВЕЧНОГО ГОРОДА

Как уже отмечалось, потребление воды в римских городах было сопоставимо с уровнем, который обеспечивают современные городские системы водоснабжения. Долгое время жители Рима пользовались водой из источников и речушек, а также собирали дождевую воду в цистерны. Позднее возрастающие потребности в чистой воде обусловили необходимость строительства многокилометровых водопроводов. Большинство водопроводов, как, впрочем, и храмов, театров, дорог и других ответственных и уникальных сооружений, получили своё название по имени своих строителей, точнее людей, которые финансировали строительство и отвечали за него. Ими обычно являлись высокопоставленные государственные цензоры, преторы, эдилы, консулы и сами императоры.

Римская водопроводная система в конце I в.

№	Водопровод	Год постройки	Кол-во воды для частных домов, квинариев*	Кол-во воды для уличных водомётов, квинариев*	Кол-во уличных водоразборов	Кол-во водораспределительных башен
1	Аппиев	312 г. до н.э.	194	226	92	20
2	Старый Анио	272 г. до н.э.	490	218	94	35
3	Марциев	145 г. до н.э.	543	253	113	51
4	Тёплый	125 г. до н.э.	247	31	13	14
5	Юлиев	33 г. до н.э.	196	65	28	17
6	Девы	33 г. до н.э.	338	61	25	18
7	Клавдиев и Новый Анио	50 г. н.э.	1839	481	226	92

\* количество воды указано в квинариях (лат. *quinarĭus*, буквально — содержащий пять единиц). 1 квинарий равен примерно 240 л в сутки.

Римские водопроводы начали строить в конце VI в. до н. э. Первый большой водопровод провёл в 312 г. до н. э. цензор Аппий Клавдий Цек – известный строитель Аппиевой дороги, открытой в том же году. Водопровод длиной 16,5 км большей частью проходил под землёй. Он был назван *aqua Appia* (Аппиев водопровод). В 272 г. до н. э. цензор Маний Курий Дентат заложил второй водопровод – *aqua Anio* (водопровод Анио, или Аниен), который был закончен через два года Марком Фульвием Флакком. Он снабжал столицу водой из речки Анио, расположенной в 70 км от города.

Третий водопровод, *aqua Marcia* (Марциев водопровод), построил в 144 г. до н. э. претор Квинт Марций Рекс. Это уникальное для того времени гидротехническое сооружение послужило эталоном для более позднего римского строительства. В книгах древнеримских авторов Марциев водопровод упоминается как значительная веха великих дней Республики. На трассе водопровода выделялся грандиозный акведук, поднявшийся почти на 60 м над уровнем Тибра. Общая протяженность водопровода достигала 91,3 км, надземная часть составляла 11,82 км, а суточный дебит подаваемой воды равнялся 200 тыс. м³. Построен он был из красивого природного камня пленными греками и карфагенянами.

Четвёртый римский водопровод *aqua Tepula* (Тёплый) был построен в 125 г. до н. э. цензорами Гнеем Сервилием Цепионом и Луцием Кассием Лонгином Равиллой. Вода поступала в него из тёплых источников, расположенных около 10-го милевого столба (ок. 15 км) по Латинской дороге (*via Latina*), и была проведена на Капитолий (в городе – по трубам).

В 33 г. до н. э. Марк Агриппа провёл *aqua Iulia* (Юлиев водопровод) и *aqua Virgo* (водопровод Девы – назван так потому, что по преданию источник воды указала строителям молоденькая девушка (*puela virguncula*); у источника была даже построена эдикула с росписью, изображавшей эту сцену). Этот водопровод снабжал водой термы Агриппы и пруд при них.

В 2 г. до н. э. Октавиан Август построил седьмой римский водопровод – *aqua Alsietina* (Альсиетский). Вода (малопригодная для питья) была проведена из Альсиетского озера на северо-западе от Рима до Навмахии – огромного (536 × 357 м) искусственного пруда, вырытого для зрелищных морских сражений. Строительство восьмого и девятого римских водопроводов – *aqua Claudia* (Клавдиев) и *Anio Novus* (Новый Анио) было начато в 38 г. н. э. Гаем Калигулой и закончено Клавдием в 52 г. н. э. Клавдиев акведук был построен, как и Марциев, из тёсаного камня (последний каменный акведук в Риме, впоследствии использовались бетон и кирпич), но значительно уступал ему по технике работы и по ар-

хитектуре (поэтому вскоре потребовались ремонты). Десятый римский водопровод aqua Traiana (Траянов) был проведён Траяном в 109 г. н. э., а одиннадцатый – aqua Alexandrina (Александров) – Александром Севером (222–235 гг. н. э.) К концу III в. количество водопроводов в Риме достигло 13. В общей сложности было проведено около 435 км водопроводов. В итоге город получал в день до 1,5 млн. м<sup>3</sup> воды.

### «ВОДЯНОЕ ВЕДОМСТВО»

Работа по организации водоснабжения включала в себя изыскательские работы по поиску водных источников, проектирование трассы водоводов и очистных сооружений. Далее следовало строительство водопроводов, водоочистных и распределительных сооружений для снабжения общественных и частных фонтанов, терм, купален, специальных аквариумов-садков для разведения морских и речных рыб, водоотводных каналов.

Со временем эта сложная система потребовала организации специального ведомства, которое занималось её эксплуатацией и развитием. Организация управления системой водоснабжения Рима связана с именем упомянутого выше Марка Агриппы, зятя императора Октавиана Августа. Агриппа был первым куратором водопроводов, он обучил своих рабов водопроводному делу и смежным отраслям и создал из них специальную «водяную команду», которую завещал Августу. На основе этой «команды» император организовал «водное ведомство», во главе которого была поставлена комиссия из трёх человек.

К концу I в. «водяное ведомство» обеспечивало бесперебойную эксплуатацию водопроводов и необходимых гидротехнических сооружений. В его ведении находилась водопроводная сеть, водонапорные башни (castella) и фонтаны (publici salientes). Часть специалистов размещалась за городом, чтобы в случае необходимости быстро произвести ремонт; также были организованы посты у водонапорных башен и больших фонтанов.

После проведения Клавдием двух новых водопроводов «водяная команда» включала 700 работников (aquarii) (240 государственных рабов и 460 императорских рабов и отпущенников). Во главе этой команды стояли инженеры-гидравлики, которых Фронтин называет «специалистами» (periti) и «строителями своего ведомства» (architecti suae stationis). В их обязанности входило всё, что касалось постройки водопроводов (установление

профиля, проведение каналов под землёй или на акведуках, устройство водонапорных башен, прокладка труб, поддержание всей водопроводной системы в хорошем состоянии).

В составе «семей», находившихся в их распоряжении, были техники-управители (villici), сторожа при водонапорных башнях (castellarii), инспекторы-обходчики (circitoris), мостовщики (silicarii), нивелировщики (libratores), мастера: каменщики, свинцовщики (plumbarii) и простые чернорабочие. Фактически «ведомство» осуществляло функции министерства, проектного института и строительного управления.

Такое большое количество специалистов было обусловлено объёмом необходимых работ. «Водное ведомство» вело строгий учёт воды, контролируя её поступление по каждому водопроводу и ежедневное потребление, а также перечень лиц, имеющих право пользоваться водой для своего дома. Право на отведение воды в дом выдавалось лично и не переходило ни по наследству, ни при продаже дома новому владельцу. В случае смерти владельца количество воды, ему отпускаемое, возвращалось государству, подача воды прекращалась, и для её возобновления необходимо было подавать прошение императору. Поэтому в Риме постоянно прокладывались и демонтировались трубы, а мостовую разрывали и мостили вновь. \*

Первый большой водопровод провёл в 312 г. до н. э. цензор Аппий Клавдий Цек – известный строитель Аппиевой дороги, открытой в том же году.



# Приложение

## Колокола Европы

### РАЗНООБРАЗИЕ ИМЕН И ПРОЗВИЩ

Имена колоколам стали давать, начиная со времени использования при церквях нескольких колоколов. Колокола определяли ритм жизни средневекового и ренессансного города, извещая о времени бодрствования и сна, молитв и житейской суеты, времени труда и отдыха, веселья и скорби. Урочные звоны определили прозвища многих колоколов.

В Турине известен «Хлебный колокол» – под его удары хозяйки в ранний час принимались месить тесто. В Бонне по призыву «Колокола чистоты» жители выходили из домов подметать мостовую. «Трудовой колокол» в Бадене возвещал перерыв на обед. В Бове колокол «Торговка рыбой» давал сигнал к открытию рыбных и прочих продуктовых лавок. С позволения «Пивного колокола» открывались по вечерам двери питейных заведений Гданьска, а «Колокол пьяниц» в Париже закрывал двери пивных. После звона «Колокола чудаков» в Ульме только чудаки могли подвергать свою жизнь опасности, гуляя в темноте. В Этампе по сигналу колокола «Преследователь гуляк» тушили огни. «Воротный колокол» звучал, когда закрывались городские ворота, а «Сонный колокол» указывал время сна. Набатные (на Руси их называли всполошными) колокола собирали народ на борьбу с огнём, с врагом и иными напастями, а сигнальные играли роль сухопутного маяка, давая ориентир заблудившимся путникам. Страсбургский «Колокол смерти» гремел, когда городу грозила опасность, созывая на ратушную площадь всех граждан, способных носить оружие.

Колокола служили напоминанием и говорили о важных событиях. «Процентный колокол» Фрейбурга назначал срок уплаты старых долгов. «Колокол позора» ганзейских городов оповещал о банкротстве купца. Кёльнский «Кровавый колокол» созывал народ в городской суд. «Колокол бедного грешника» в английских городах возвещал о казни преступника.

### КОЛОКОЛЬНЫЕ СУЕВЕРИЯ

С колоколами была связана масса суеверий. Средневековый европеец верил, что звон освящённого колокола отводит козни дьявола, молнии, бури, град, голод, эпидемии, а если при его литье в сплав была брошена змея – то и змей; что немой обретёт голос, если напишет свое имя на колоколе; что душевнобольной исцелится, если выпьет воду из колокола, как из чаши; что к глухому возвратится слух, если окуривать его дымом от сожжённой верёвки колокола; что кусочек верёвки колокола, посыпанный солью и опущенный в пойло для скота, делает скот здоровее, а если верёвку съест стельная корова, то телёнок будет хорошо расти; что смазка оси, на которой сидит качающийся колокол,



«Колокол мёртвых» из Глазго (1642 г.) – один из колоколов, заупокойный звон которых, согласно поверью, отгонял злых духов от отошедшей души.



«Колокол Шиллера».

помогает заживлению ран и срастанию переломов; что вода, которой был облит язык колокола, помогает от колик в боку, если помыться ею.

Расколовшийся или запотевший колокол, сорвавшийся язык считались предвестием несчастья. Спеклин, писатель в XVI в., рассказывает, что во время чумы, свирепствовавшей в 1427 г. в Страсбурге, колокол, называемый «Святой Дух», дал трещину благодаря усиленному звону по случаю многочисленных похорон, и его пришлось переплавить. Богатые граждане города во время плавки бросали в плавильные печи много золота и серебра.

### ЖЕЛАННЫЕ ТРОФЕИ И ВИНОВНИКИ БУНТОВ

Колокола покорённого города были желанным трофеем для победителя. Их срывали с колоколен, переплавляли на пушки и монеты. Не было большей кары для опального или потерявшего независимость города, чем лишение колокола или запрет на звон. Колокола истязали и увечили. Так, в 1540 г. по приказу Карла V колоколу мятежного Гента отбили край, и, охрипший, отныне он только отбивал часы. Колокола бичевали, колоколам вырывали язык, на повозке, запряженной ослом, их возили по улицам, и толпа издевалась над ними – так вымещали свою ненависть к монахам флорентийцы, разгромившие в 1498 г. монастырь св. Марка.

В 1681 г. набатный колокол Кремля был заключен в Никольско-Карельский монастырь за то, что своим звоном нарушил сон царя Фёдора Алексеевича. В 1591 г. по приказу Бориса Годунова отрубили уши и вырвали язык Угличскому колоколу, поднявшему народ на восстание после гибели царевича Дмитрия, затем его сослали в Тобольск.

Во время известного народного восстания в Москве в 1771 г., носящего название Чумного бунта, восставший народ собрался в Кремле под удары Набатного колокола. Разгневанная императрица Екатерина II, не найдя организаторов восстания, тех, кто «ударил в набат», приказала наказать сам колокол – отнять у него язык. Так, без языка, и висел этот колокол на Царской башне до 1803 г., когда при ремонте кремлёвских стен и башен он был снят и отправлен в кремлевский Арсенал. Оттуда в 1821 г. колокол был перенесён в старое здание Оружейной палаты и установлен в её вестибюле.

### КОЛОКОЛА-ВЕЛИКАНЫ

Особенно большой интерес и уважение вызывают колокола-великаны. Когда в XI в. при соборной церкви города Гильдесгейма был повешен колокол массой сто пудов, он всех поразил своей величиной, однако это было только начало истории колоколов – тяжело-весов. Колокол в немецком Эрфурте, отлитый в четвертый раз в 1497 г., весил около 850 пудов и требовал для звона 16 человек, а для звона в полную силу – 24 человека. Кардинал Жорж д'Амбуаз (1460–1510 гг.) поручил шартрийцу по имени Жан Маншон отливку колокола для Руанского собора. Существует легенда, согласно которой литейщик умер от радости, увидев успех своей работы. Этот колосс весил 1075 пудов, диаметр его составлял 10 м, а высота – 3,33 м. Таких уникальных колоколов в Западной Европе было немного – только Кёльнский, Венский, Йоркский соборы и собор Парижской Богоматери могли похвастаться колоколами массой от 9,5 до 36 т.

Кёльнский Kaezer Glocke (по-немецки – Царь-колокол) – самый большой колокол Германии – переливался три раза и получил прозвище «Большой молчальник» и «Немой Кёльна» из-за своего веса, который делал практически невозможным звон в него. Самый большой колокол Швейцарии находится в Берне в церкви св. Винцента. Он отлит в 1611 г. и весит около 700 пудов. Немного тяжелее венский колокол (в церкви св. Стефана) массой 885 пудов. Он был отлит в 1711 г. из бронзы турецких пушек, захваченных в 1683 г. при осаде Вены, и впервые звонил в 1712 г. Масса языка колокола составляет 33 пуда, раскачивали колокол для удара 12 человек.

Большими размерами отличались древние колокола Китая и Японии. В Миако, возле главного храма Будды, висит огромный медный колокол, который весит 5000 пудов; в Пекине колокола в три и четыре тысячи пудов не редкость.

## ЧУДЕСНЫЙ ГОЛОС MARIA GLORIOSA

Лучшим по звучанию европейским колоколом считается эрфуртский колокол Maria Gloriosa (Слава Марии), посвящённый, как нетрудно догадаться, Деве Марии. Отлил Глориозу в 1497 г. нидерландский мастер Герхард де Кампис (Gerhardus Wou de Campis). Колокол имеет солидные размеры (254 см в высоту и 257 см в диаметре и весит 11 450 кг) и готическую надпись: «Славно хвалою воспеваю святых и укрощаю молнию и злых демонов, созывая звуком народ в храм для священного песнопения».

Несомненное достоинство Глориозы – удивительно красивый голос. Колокол звонил не только на церковных службах, но и во время чумы и сильного ненастья, оповещал начало войн и заключение мира, его голос звучал по особым государственным праздникам. И голос этот был столь благозвучен, что Глориозу стали называть «королевой всех колоколов» (Konigin aller Glocken). Колокол слышен даже в городах Готе и Веймаре в 20...25 км от Эрфурта. Он благополучно пережил большой пожар в Эрфурте в 1717 г. и две мировые войны.

В 1923 г. Глориоза была оборудована электроприводом к механизму качания. 487 лет колокол исправно звонил, пока в рождественскую ночь с 24 на 25 декабря 1984 г. в нём не появилась нитевидная трещина длиной 60 см. По мнению экспертов, причин возникновения трещины могло быть три. В 1899 г. колокол развернули на 90°, посчитав, что пора изменить место удара языка. Затем в 1927 г. Глориозе заменили язык. По-видимому, новый 900-килограммовый язык был для неё несколько тяжёл. И третье: возможно, был установлен слишком мощный механизм качания, не согласовавшийся с массой колокола.

Ремонт Глориозы выполнил литейный мастер Ханс Лахенмейер (Hans Lachenmeier). Работы по завариванию трещины проводились на месте. Сначала надо было снять колокол, разобрать и вынести все деревянные конструкции во избежание пожара. Кроме этого, в башню пришлось поднять большое количество материалов и приспособлений, необходимых для ремонта, что при отсутствии подъёмных механизмов было не простым делом (для установки механизмов пришлось бы разобрать часть кровли собора).

Колокол реставрировали по оригинальной технологии. Вначале трещина была расширена по всей длине до 6 см. Мастеру нужна была большая отвага для такого решения! Был проведен тщательный элементный анализ состава бронзы колокола, чтобы подобрать состав для реставрации. Затем колокол разогрели до 475 °С и залили трещину расплавленной бронзой (нагрев был необходим для образования гомогенной связи между материалом колокола и новой жидкой бронзой). Нагрев длился непрерывно 26 ч.

Операция по реставрации Глориозы прошла успешно. Акустический анализ, проведённый после сварки, показал, что звуковые характеристики колокола практически не изменились. Первый раз после ремонта Глориоза прозвонила в честь праздника Девы Марии 8 декабря 1985 г. Тысячи людей собрались, чтобы вновь услышать её голос. Огромная площадь перед Соборной горой, все близлежащие улицы и дворы были заполнены людьми. Голос Глориозы был так же хорош, как и прежде.

## ПОДЪЁМ И ПОДВЕСКА КОЛОКОЛОВ

Подъём и подвеска крупных колоколов во все времена представляла собой сложнейшую инженерную задачу. Для крепления колокола в его конструкции предусмотрен специальный крепёжный узел – «корона».

Корона колокола состоит из маточника и ушей. Количество ушей составляет от 2 до 8. Наиболее часто встречаются колокола с шестью ушами – двумя парными и двумя одинарными. Назначение короны, этого сложного по конструкции элемента всех российских колоколов, состоит в распределении нагрузки массы колокола и рассредоточении этой нагрузки по нескольким центрам. Маточник, как наиболее массивная составляющая короны, имеющая в верхней части отверстие, несёт на себе практически всю массу колокола. Уши предназначены для того, чтобы препятствовать слишком сильной раскачке колоколов при звоне. Для них, как и для маточника, делают отдельную глиняную форму (с помощью деревянной



Знаменитый >колокол MARIA GLORIOSA.



Узел крепления колокола («корона»), вид сверху.



Очепный колокол  
(Псковско-Печер-  
ский монастырь).



Подвеска «лёгкого»  
колокола.



Подвеска «тяжёло-  
го» колокола.

или восковой модели). Затем эти формы собирают вместе и насаживают сверху на форму колокола. Через эту часть также осуществляется заливка металла. С течением времени и в зависимости от местных традиций форма короны видоизменялась. Но примерно с XVIII в. короны всех российских заводов становятся практически одинаковыми.

Способ подвески зависит от вида звона и массы колокола. Европейский способ звона раскачиванием колокола, который вместе с колоколами, колокольнями и колокололи-тейным искусством попал из Европы в Россию, требовал наличия системы, которая позволяла бы колоколу раскачиваться. Качающиеся колокола в древней Руси назывались очепными, или очепными, или колоколами с очапом (очепом) – по специальному шесту – очепу («оцепу», «очапу»), который приделывался к вращающемуся валу с насаженным на нём колоколом.

Иногда такие колокола назывались валовыми. Качающиеся колокола выполняли основную мелодию церковного звона – благовест. Они входили в состав каждого древнерусского собрания колоколов, так называемого звона, были самыми большими на колокольне и звучали в максимально низких регистрах. Кроме больших благовестных колоколов на древнерусских колокольнях были колокола средних регистров – средние. За приятность звука их также называли красными. Третий разряд древнерусских колоколов составляли малые, или зазвонные, колокола. Эти колокола висели неподвижно, и в них звонили за верёвку, ударяя языком в край; они назывались язычными.

Предназначенный к благовесту колокол скреплялся с железным стержнем квадратного сечения – матицей. Матица продевалась в маточник (откуда и произошло его название) и заклинивалась в нём. И петли, и матица, и верхушки ушей заделывались для жесткости в дубовую колоду веретенообразной формы (вал), собранный из клиньев и окованный обручами. На вал накидывались продетые сквозь уши железные петли. Выходящие на обе стороны из вала концы матицы выковывались круглыми. Эти концы вкладывались в железные «гнезда», предварительно заложенные каменщиками в столпы звона. Опасаясь прогиба матицы, мастера стремились делать её максимально короткой – чуть больше диаметра колокола, с тем чтобы можно было завести концы вала в кладку. Колокол, намертво скрепленный с валом, поднимался на колокольню и ставился в гнезде. Это называлось «поставить колокол».

К валу снизу приделывался очеп – длинный или короткий шест с верёвкой на конце. У тяжёлого колокола верёвка оканчивалась стременем, куда звонарь ставил ногу, помогая себе при звоне. Если для приведения колокола в движение требовались усилия нескольких человек, к основной веревке или канату привязывались дополнительные верёвки со своими стременами, и к каждой становилось по звонарю. Для гигантских колоколов очепы делались на обе стороны пролёта, и вся система напоминала коромысло. В отдельных случаях применялись и четыре скреплённых между собою очепа.

Звон в очепные колокола на Руси в ранний период производился с земли (если колокола стояли на церковной стене или на колокольне) или со специальных подмостей (при звонницах) снаружи колоколен. Современному читателю нелегко представить себе знаменитую колокольню Ивана Великого в момент звона, обвешанную со всех сторон канатами с обступившими их звонарями. Однако так оно в действительности и было. Об этом свидетельствует известный план Московского Кремля 1600 г., где в ярусе больших валовых колоколов Ивана Великого изображены свисающие до земли веревки.

С увеличением массы колоколов очапной звон становится неудобным и невозможным. Чем тяжелее колокол, тем больше людей требуется для его раскачивания. В отлитый Александром Григорьевым колокол массой 8000 пудов звонили 40 или 50 (по другим данным 100) человек, ещё несколько человек подводили язык к краю колокола. Для решения этой проблемы сначала стали неподвижно закреплять лишь самые большие колокола. Иноземные гости Российского государства тотчас подмечают это нововведение и акцентируют на нём свое внимание, рассказывая о русском колокольном звоне. С течением времени неподвижными становятся колокола всех размеров, и складывается мнение о такой манере звона как об исконно русской.

В самом конце XVII в. в связи с переходом Русской Православной церкви на звон «в языки», т.е. без раскачивания колокола, изменился и способ крепления колоколов, сохранившийся до наших дней. Стали использоваться металлические несущие балки с добавлением деревянных конструкций. С XVIII по середину XIX в. использовались деревянные колоколонесящие балки.

Применение в строящемся Исаакиевском соборе в Санкт-Петербурге металлических конструкций способствовало их широкому распространению в различных храмах и монастырях России, в том числе деревянные балки были заменены металлическими фермами и балками в комплексе кремлёвских колоколен. Во второй половине XIX в. деревянные балки зачастую усиливали отрезком рельса. Появление двутавровой балки практически полностью вытеснило все прочие материалы и конструкции.

Впрочем, стоит иметь в виду, что и способ звона, и способ крепления не менялись одновременно – зачастую на протяжении столетий качающиеся колокола соседствовали с языковыми, а металлические балки – с деревянными и комбинированными. В настоящее время существуют два основных способа неподвижного крепления колокола. Если колокол не очень тяжёлый (до 500 кг), то для его подвески используются только уши, в противном случае колокол крепится с помощью маточника и парных ушей, а одинарные используются для предотвращения его раскачивания.

В Европе и Америке применялся иной способ подвески колокола: короткая балка, к которой вплотную прикреплён колокол, на своих концах имеет металлические стержни, заходящие в подшипники, облегчающие качание. Сам же звон производится с помощью большого колеса или двух рычагов, укреплённых на короткой балке.

Поскольку крупные колокола обладают огромной инерцией, то, как и в случае очепного подвеса, перекинутая через колесо верёвка спускалась с колокольной и звон осуществляли с земли, дёргая тот или другой конец верёвки. Позднее стали широко применяться электромоторы с реверсивным механизмом.

Из-за отскока лёгкого языка при встрече со стенкой колокола звон при таком способе получается сбивчивый – «неправильный» по сравнению со звуком неподвижного колокола. По-видимому, неудобство способа звона в подвижный колокол привело к тому, что в Западной Европе увеличение массы колоколов ограничилось отметкой в 20 т (1300 пудов). Так, знаменитый колокол Кёльнского собора Kaezer Glocke массой 1312,5 пудов получил прозвище «Большой молчальник», или «Кёльнский немой», поскольку в него почти не звонили, а когда это получалось, звук был неравномерный. Кроме того, раскачивание больших колоколов приводило к расшатыванию башен колоколен.

Известный немецкий специалист колокольного дела Хейнрих Отто по этому поводу писал: «Если не от русских и китайцев, то от испанцев и англичан мы могли бы научиться, без ущерба для немецкого национального чувства, что колоколами такой огромной величины можно пользоваться не с помощью раскачивания, а только посредством ударного звона».

Начиная с XVII в., когда появились большие колокола, были отработаны несколько способов их подъёма. Первый – «внутренний», наиболее простой – применялся во вновь построенных звонницах. При нём колокола закатывали внутрь колокольной и поднимали вертикально вверх, закрепляя на балке. После подъёма закладывали свод под ними и достраивали внутреннюю часть колокольной. Таким способом поднимали три гигантских колокола на новую колокольную Троице-Сергиевой лавры. По именному указу императрицы Елизаветы Петровны колокольную специально строили неспешно ввиду предстоящей отливки большого колокола лавры массой более четырёх тысяч пудов.

Второй способ – «внешний» – заключался в подъёме колокола вдоль внешней стены колокольной и требовал большого количества работников, их слаженной работы и точного исполнения приказаний мастера, заведующего подъёмом. Использовалась система поднимающих и отводящих канатов, количество которых зависело от размеров колокола.



«ЕВРОПЕЙСКОЕ» КРЕПЛЕНИЕ КОЛОКОЛА  
ПИЗАНСКОЙ БАШНИ –  
КОЛОКОЛЬНОЙ БАШНИ  
СОБОРА САНТА-МАРИА  
АССУНТА (ВНИЗУ  
ВИДЕН ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ  
МЕХАНИЗМ БОЯ).

Отводной канат, привязанный сверху колокольни и внизу пропущенный под блок, привязанный к колоколу, служил направляющей для поднимаемого колокола. При этом колокол, влекомый подъёмными канатами, как бы катился на блоке по отводному канату.

Если же конструкция или прочность колокольни не допускала подъём большого колокола одним из описанных способов, то рядом с колокольной сооружали такой же высоты деревянную или железную башню-каланчу, на которую поднимали с помощью системы блоков колокол, устанавливали его на платформу и по каткам передвигали на колокольню.

### КОЛОКОЛА ИЗ СТАЛИ, ЧУГУНА, СТЕКЛА И ГЛИНЫ

В XIX в. было сделано немало попыток заменить дорогостоящую бронзу более дешёвым металлом, например, сталью. Но попытки эти не были удачными, так как звук их был резким, а сами они непрочны, хотя некоторые церкви Западной Европы использовали стальные колокола, у которых железные языки были обложены бронзовыми подушками для мягкости звука.

Изредка попытки заменить чем-нибудь колокольный металл встречались и в более отдалённые времена. Так, например, в Пекине (Китай) до сих пор звонит чугунный колокол, отлитый в 1403 г. Чугунный колокол также был отлит в 1610 г. в Женеве. Чугунные колокола встречались и в России: например, такой колокол находился в Досифеевой пустыне на берегу реки Шексны. Кем был этот Досифей, точно неизвестно. Расска-

*В Китае впервые создали музыкальный инструмент из нескольких десятков колоколов. В Европе аналогичный музыкальный инструмент (карильон) появился почти на 2000 лет позднее.*

зывают, что, когда Иван Васильевич Грозный путешествовал в Кириллов монастырь, на обратном пути он вышел на берег Шексны и в дремучем лесу встретил старца Досифея и посетил его келью. Он велел ему построить церковь и обещал помочь. В Москве он вспомнил своё обещание и прислал в Досифееву пустынь чугунный колокол. Колокол этот в конце XIX в. был передан известным учёным Е.В. Барсовым в Московское археологическое общество, где он теперь и находится.

Также чугунный колокол, изготовленный в Европе, висел позади церкви во имя Архангелов в селении Пхотрери (Сванетия, Грузия). Превосходно звучащий колокол из стекла есть в Упсале (Швеция), в Тотье также был изготовлен стеклянный колокол. В Брауншвейге (Германия) при церкви св. Власия хранится как редкость один деревянный колокол, которому около четырёхсот лет, называвшийся колоколом св. Петра, в который звонили на страстной неделе.

В Абиссинии (Северная Африка) делали колокола из глины, а в Соловецком монастыре есть даже колокола из камня. Таких каменных колоколов в Соловецком монастыре имеется всего два. Каким образом они попали в монастырь, неизвестно, скорее всего, они сделаны на месте братией в то время, когда медных колоколов в монастыре ещё не было. Предполагают, что идеей для создания колокола послужило древнее каменное клепало, сделанное преподобным Зосимой. Насколько известно, нигде в других местах каменные колокола и била не использовались.

В конце XIX в. в Харькове был изготовлен единственный в мире колокол из чистого серебра (с необходимой лигатурой) массой 17 пудов 35 фунтов. Этот колокол предназначался для Успенского кафедрального собора и был создан по указанию архиепископа Амвросия в память спасения царской семьи во время крушения поезда близ станции Борок. Средства для сооружения этого колокола были собраны среди духовенства и других сословий Харьковской епархии. Каждый день, в час крушения императорского поезда, производился благовест в этот колокол. ✱

## Приложение.

# Колокола Восточной Азии

### СИМВОЛ ЭПОХИ ШАН

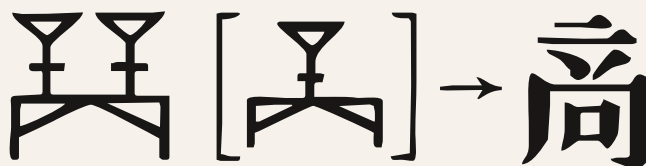
Среди музыкальных инструментов Древнего Китая колокол занимает главное место – он возглавляет список в древнем трактате «Юэцзи» («Записки о музыке»). Колокола и их звучание занимали важное место в традиционной системе музыкального мышления, в которой посредством звуков, определённым образом организованных в пространстве и времени, раскрывались представления о структуре мира и действующих в нём силах и законах.

Самой общей отличительной характеристикой колокольного инструментария региона является наличие наряду с языковыми колоколами (как правило, они имеют малые размеры) колоколов безязыковых, издающих звук при ударе с внешней стороны молотком, горизонтально подвешенным бревном и т.п. Оба типа колоколов известны с глубокой древности.

В Китае технология бронзового колокольного литья начинает активно развиваться в эпоху Ся (XXIII–XVIII вв. до н. э.). Сохранился небольшой (4,5 см в высоту) колокольчик из сплава, содержащего 92 % масс. меди и 7 % масс. олова. В деревне Эрлитоу найден колокольчик другого типа – трапцевидной формы, с язычком, с ухом сверху и ручкой сбоку, напоминающей ручку сосуда. Это непосредственный предшественник колоколов эпох Шан (называемой также Инь, XVI–XI вв. до н. э.) и Чжоу (1122–246 гг. до н. э.). Эпоха Чжоу подразделяется на два больших периода: Западная Чжоу и Восточная Чжоу, разграничиваемые 770 г. до н. э.

Распространение колоколов в древнем Китае относится к эпохе Шан. Свидетельствами этого являются гадательные надписи на иньских бронзовых предметах, где колокола упоминаются среди других музыкальных инструментов. Ранние колокола эпохи Шан напоминают образцы культуры Эрлитоу. В целом они подразделяются на три типа: малые колокольчики с языком (лин), малые безязыковые колокола на ножке и аналогичные колокола более крупных размеров. По одной из версий, иероглиф, обозначающий эпоху Шан, восходит к символическому изображению колокола на ножке, стоящего на специальной подставке.

В эпоху Шан колокола получили практически повсеместное распространение. Археологами, проводившими раскопки на месте столицы древнего царства Шан, было обнаружено 939 захоронений, в которых среди других предметов найдено свыше 200



ВАРИАНТ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ИЕРОГЛИФА, ОБОЗНАЧАЮЩЕГО ЭПОХУ ШАН

КИТАЙСКИЕ КОЛОКОЛА  
БО (эпоха Западная  
Чжоу) и чжун (эпоха  
Восточная Чжоу)



колокольчиков с язычком. Примечательно, что уже тогда они объединялись в наборы по три или пять штук.

В Китае эпохи Чжоу известен ещё один тип малых бронзовых колокольчиков с язычком. Это конские колокольчики, встречающиеся в погребениях среди деталей конской упряжи. Были также найдены наборы более крупных колоколов другого типа. У них нет языка, по форме они напоминают рюмки на ножке, украшенные характерным орнаментом. Они, так же как малые языковые колокола, скомплектованы в наборы по три и по пять. В одном из наборов колокола имеют размеры 10–12,3–15 см. В эпоху Чжоу (XII–III в. до н. э.), чтобы отпугивать злых духов, колокольные наборы вешали как амулеты на пояс или на шею лошади.

Для военных колокольный звон служил сигналом тревоги, в храмах он сопровождал жертвоприношения. Технология литья совершенствовалась и позволяла создавать колокола размером до 80 см, причём с заранее задаваемой высотой звучания. В эпоху Чжоу колокола становятся одним из главных музыкальных инструментов в храмовых ритуалах и дворцовых церемониях.

В Китае в эпоху Чжоу существовало две разновидности оркестровых колоколов, крепившихся на перекладинах, колокола типа бо и типа чжун. Бо имел отверстие круглой формы, и стенки его сужались книзу, а у краев чуть загибались; подвешивался бо за скобку или крюк в раме, причём висел строго вертикально. Высота его составляла около 80 см, диаметр около 50 см. Чжун отличался эллиптической формой отверстия, подобного раскрытой рыбьей пасти; подвешивался он за патрубок с ушком сбоку и висел наклонно. Высота чжуна около 30 см, диаметр отверстия около 18 см, толщина стенок везде одинакова. К III в. до н. э. грань между колоколами бо и чжун стирается, и они фигурируют уже под общим названием бочжун.

Особую разновидность представляет собой набор колоколов, называемый бяньчжун – своеобразный карильон. Это набор чжунов, подвешенных в раме (от 3 до 64), производящих звуки определённого ладового звукоряда. Сен-

*Самой общей отличительной характеристикой колокольного инструментария региона является наличие наряду с языковыми колоколами (как правило, они имеют малые размеры) колоколов безязыковых, издающих звук при ударе с внешней стороны молотком, горизонтально подвешенным бревном и т.п.*

сационным стало открытие могильника, датированного 433 г. до н. э., в котором среди семи тысяч предметов находились 124 музыкальных инструмента, из них 64 колокола, входящих в карильон – бяньчжун, и один – типа бо. Надписи на колоколах носят сугубо музыкальный характер и свидетельствуют об отходе от древней традиции жертвенных надписей.

В качестве военного и сигнального колокола в этот период служил ручной колокол до, почти строго цилиндрической формы на ручке. До с деревянным языком использовался в гражданской жизни для сбора народа при опубликовании императорских указов и т.п. До с металлическим языком применялся в военных действиях для подачи сигнала «тишина и внимание». Известно, что до использовался и в даосских ритуалах. Высота его составляла до 20 см, длина ручки до 12 см, максимальный диаметр отверстия 12 см.

Ручной колокол чжэн звучал в военной музыке в паре с барабаном. Чжэн сохранялся в военной среде и не вышел из практики вплоть до XIX в. Одна из разновидностей этого колокола известна под названием чжо. Удары в чжо в военной музыке определяли темп марша. Военные колокола малых размеров использовались и в придворных воинских музыкально-танцевальных представлениях. Именно их описал Гунсунь Ницзы (современник и предположительно ученик Конфуция) в своем трактате «Юэцзи» («Записки о музыке»): «Колокола издают звонкие звуки, воспринимаемые как сигнал. Сигнал узнаётся всеми и возбуждает воинственных дух...».

Одним из своеобразных видов является и так называемый «обезьяний» колокол вэй-чунь – баллонообразной формы, с набалдашником, подвешиваемый в раме. Очертаниями вэй-чунь напоминает висящую на ветке обезьяну. Его высота около 50 см, диаметр около 35 см. Языком у него служит подвешенная внутри связка маленьких бубенцов, из-за чего колокол издаёт пронзительный резкий звук.

### КОЛОКОЛЬНЫЕ ТРАДИЦИИ ЧОСОНА И АУЛАКА

Колокола и колокольчики были широко распространены в древних государствах на территории современных Кореи и Вьетнама: корейская колокольная традиция зародилась в древнем государстве Чосон (I тыс. до н. э.), а во Вьетнаме – в древнем государстве вьетов Аулак (257–207 гг. н. э.). Формирование колокольной традиции этих государств происходило при сильном влиянии Китая.

Важное место в придворной жизни древних корейских царств ритуальная музыка занимала и в XIV–XV вв. Подробное описание этой музыки и её инструментария содержится в 9-томном энциклопедическом труде о музыке «Акхак квебом», созданном в 1493 г. Существовал в том числе корейский аналог китайского бяньчжуна – пхён-джон.

Бронзовые колокола различных размеров входили в состав придворных ансамблей вьетов с конца I тыс. до н. э. В эпоху Хань китайское искусство оказывало большое влияние на Восточную Азию. На территории Вьетнама в захоронениях I–VI вв. наряду с другими предметами обнаружены музыкальные инструменты – гонги, колокольчики, свидетельствующие о ханьском влиянии. Но влияние не было односторонним. Военные экспедиции династии Хань на юг привезли сообщения о «бронзовых барабанах», китайцы называли их тунгу и внесли в категорию «инструментов из металла» классификации музыкальных инструментов баинь.

Почти все виды китайских колоколов, существовавшие начиная с эпох Шан и Чжоу, известны в странах региона. Китайскому колоколу до соответствуют корейский тхак и японский таку (таку с деревянным язычком получил название бокутаку), китайскому колоколу чжун соответствует корейский чон, китайскому чжэн – корейский чэн, китайскому чунь – корейский сунь (инструмент этого типа в Японии был назван добати), китайскому бяньчжун – корейский пхён-джон, японский хэнсё и т.д.

### ЯПОНСКИЕ ДОТАКУ

В Японии существовала своя, местная культура бронзовых колоколов, называемых дотаку. Они оригинальны по форме и орнаментам и, как отмечают японские исследователи, отличаются от континентальных образцов, обнаруживая, впрочем, некоторое сходство с корейскими.

Первое сообщение о медном литье в Японии относится к 605 г., на практике же бронзовое литье было известно на много веков раньше, ещё в эпоху вэй (эпоха обра-



Дотаку со стоянки Камо-Ивакура (префектура Симанэ, Япония), где было найдено наибольшее на сегодняшний день количество находок – 39 колоколов

Древние колокольчики Восточной Азии:  
 А, Б – культура Эрлиту;  
 В – царство Шан, XII в. до н. э.; Г – конский колокольчик, эпоха Чжоу, V-III вв. до н. э.; Д – корейский колокольчик;  
 Е – колокольчик нао



*Дальневосточные династийные хроники содержат много информации о колоколах, поскольку литье и установка колоколов всегда считались событиями государственной важности.*

На сегодняшний день в Японии найдено около 400 образцов бронзовых колоколов дотаку, в основном в центральной части острова Хонсю. В основном их находят на невысоких холмах вблизи древних поселений, на глубине 15...20 см от поверхности земли, гораздо реже на равнинах, в самих поселениях или могильниках находки отсутствуют, поэтому предполагается, что колокола принадлежали всей общине, а не одному человеку.

Дотаку разнообразны по форме, но обычно имеют трапециевидный профиль, отверстие овальное или в виде раскрытой рыбьей пасти, плоский верх, на котором обычно располагается дужка-ухо. Предполагается, что звук извлекался ударом снаружи по нижней части колокола (как правило, свободной от орнамента). Общей чертой всех колоколов дотаку являются две пары сквозных отверстий в верхней части (возможно, необходимы для подвешивания колокола), а также деталь в форме плавников с двух сторон колокола, вытянутых по вертикали.

Поскольку Япония бедна запасами олова, то при выплавке бронзовых изделий олово заменялось сурьмой. Дотаку содержат от 66 до 76 % масс. меди. Колокола также отливались из привозного корейского металла. Матрицы для отливок находили на острове Кюсю в префектурах Фукуока и Сага. Постепенно центр производства дотаку переместился в центральную Японию – в регион Кинки и его окраины, восточный Сикоку, северо-восточный Тюгоку и район современной префектуры Айти.

Начиная со второй половины 2-го тысячелетия региональная дифференциация японских бронзовых колоколов по форме и орнаменту исчезла. Около трёхсот из найденных колоколов с толстыми стенками имеют от 10 до 30 см в высоту. Вероятно, это наиболее древние колокола. Позднее появились колокола больших размеров, тонкостенные, от 55 см до 1,5 м в высоту. Найденные колокола имеют овальное поперечное сечение, верхняя часть выполнена в форме дуги, срезанной с двух сторон и украшенной орнаментом. На нижней части колокола орнамент отсутствует. Встречаются образцы с выступающим бортиком с двух сторон по всей длине колокола.

Ранние экземпляры дотаку имели небольшие размеры и внутренний или наружный язычок, который издавал звук при раскачивании или ударе по колоколу. Вероятно, колокола этих типов использовались в сельскохозяйственных обрядах как ритуальные музыкальные инструменты. Начиная с конца I в. дотаку видоизменились: увеличились размеры, колокола стали покрывать орнаментом, их музыкальная функция осталась прежней.

Во II в. дотаку стали огромными, а форма их – более вытянутой, колокола были слегка изогнуты по бокам, их покрывали сложным орнаментом, язычок отсутствовал. Такие дотаку служили в качестве сакральных созерцательных предметов. Колокола этого типа украшались волнообразными, зубчатыми и сетчатыми узорами, а иногда примитивными рисунками, изображавшими строения или предметы быта (лодки рыбаков, дома на высоких сваях), сцены из повседневной жизни (охота, рыбная ловля, сбор урожая, танцы на праздниках урожая), людей или животных (олени, кабаны, свиньи, цапли, ящерицы, черепахи, стрекозы, пауки и богомолы). Помимо бронзовых в Японии изготавливались колокольчики из золота (диаметром около 8 см). Использовались и бубенцы для конской упряжи.

### МУЗЫКАЛЬНЫЕ ТРАКТАТЫ И ДИНАСТИЙНЫЕ ХРОНИКИ

Необходимо отметить, что упоминания о колоколах встречаются в классической литературе и исторических памятниках региона на протяжении тысячелетий. В самых ранних китайских литературных источниках есть сведения о том, что колокола в составе карильонов использовались как музыкальные инструменты. В «Шицзин» («Книга песен», приблизительно VI в. до н. э.) упоминается свыше 25 музыкальных инструментов, в том числе колокола. В трактатах «Чжоу ли», «И ли», «Моцзы» также встречаются перечисления музыкальных инструментов, в том числе и колоколов.

В трактате «Чжоу ли» даны пропорции металлов в сплаве колоколов: 1/6 олова и 5/6 меди. Со временем пропорции изменились: в эпоху Мин (1368–1644 гг.), например, в сплаве содержалось 1/4 олова и 3/4 меди. В том же трактате есть сведения о примесях в сплавах для больших колоколов – серебра, золота, железа. Шестая часть этого трактата – «Каогун цзи» («Записки о ремесле») – была известна в Японии. В более поздних трактатах о строительстве и прочих ремёслах также содержатся подобные данные.

В «Чжоу ли» определены и музыкальные функции колоколов различного типа. Так, колокол чунь играл вместе с барабаном, чжо издавал удары, чередующиеся с ударами барабана, удар до означал начало барабанного боя, а удар нао был сигналом для прекращения барабанного боя.

Дальневосточные династийные хроники содержат много информации о колоколах, поскольку литье и установка колоколов всегда считались событиями государственной важности. Этот обычай был воспринят и вьетнамской традицией. Во вьетнамских династийных книгах, начиная с династии Ли (1010–1225 гг.), и надписях на лакированных дощечках в пагодах подчас встречаются подробные описания предметов древней бронзы, в том числе и колоколов.

В хронике «Вьет шы лыок» («Короткая история Вьета») можно прочесть следующее: «В третьем месяце отлили колокол и установили его в Луангчи. Приказано тем, кто несправедливо обижен [в деле которых не разобрались], ударять в этот колокол, чтобы быть услышанным» и «Построили храм Шунг кхань бао тхиен. Из [хранилища] дворца



«Ухо дракона»  
(колокол храма Чан  
Чун. Провинция  
Вухань, Китай)

В Японии существовала своя, местная культура бронзовых колоколов, называемых дотаку. Они оригинальны по форме и орнаментам и, как отмечают японские исследователи, отличаются от континентальных образцов, обнаруживая, впрочем, некоторое сходство с корейскими.



выдано 12 тысяч канов меди, чтобы отлить колокол и установить [его] в этом храме. Сам вуа (правитель) сочинил текст надписи [на колоколе]».

Характерно, что даже при описании жизни народов других государств встречаются упоминания о колоколах, что свидетельствует о большой культурной значимости колоколов в древних обществах. Так, например, в «Истории династии Тан» в сообщении о древнем буддийском государстве на территории Бирмы – государстве народности пью – сказано: «В королевском дворце имеются два колокола: один из золота, другой из серебра. При приближении врага люди пью зажигают ладан и бьют в эти колокола».

### КОЛОКОЛА В НАТУРФИЛОСОФИИ КИТАЯ

В китайской натурфилософской традиции колокола ассоциировались с первоэлементом – металлом и западом: например, колокола Сун располагались у западного входа, в соответствии с ханьскими трактатами о правилах погребения конская упряжь с колокольчиками располагалась именно у западной стенки погребальной камеры. Вероятно, к древнейшим временам восходят и сохранившиеся ныне символические названия частей колокола. Например, ухо колокола (часто в виде двух сплетённых драконов без голов) называется «ухо дракона».

Древнее оркестрово-колокольное искусство пережило тяжкий удар и было практически уничтожено в ходе борьбы с конфуцианством по указу императора Цинь Ши Хуанди. Однако вскоре, с приходом к власти династии Хань, эта музыка начала восстанавливаться, поднимались со дна рек и озер «утопленные» музыкальные инструменты (литофоны и колокола), реконструировались оставшиеся.

В начале XII в. с китайскими достижениями в области литья и других художественных ремесел ознакомились чжурчжени – создатели империи Цзинь (XII–XIII вв.). О высоком развитии металлургии чжурчженей свидетельствуют раскопки в Маньчжурии и Приморье (Шайгинское городище и др.). В Приморском крае среди прочих изделий из металла найдены бронзовые колокольчики.

Оркестровая колокольная музыка переживала период подъёма во времена правления династии Мин (1368–1644 гг.). В эпоху Мин карильоны из 24 колоколов входили в оркестры, игравшие в службах Небу, Земле, Предкам и Духам-охранителям государства. В последующую эпоху Цин (1644–1911 гг.) значение колокольной оркестровой музыки сохранялось. Именно в начале XVII в. были созданы те бянчжуны, которые стали эталонами описания в европейской синологической литературе и в энциклопедических изданиях.

Ещё одной функцией восточных колоколов был отсчёт времени. В древних китайских городах отсчёт времени вёлся по водяным часам, установленным при чиновничьих управах. Продолжительность дня определялась восходом и заходом солнца, а ночное время делилось на пять равных промежутков, называемых гэн, которые, в свою очередь, делились на пять более коротких – дань.

Именно ночью воины, нёсшие вахту, отмечали эти вре-

менные единицы ударами в колокол и в барабан соответственно. Схожий обычай существовал и в Японии.

В древности колокола-часы помимо прикладной преследовали, по-видимому, и иную цель, обусловленную древней магической функцией звука. Звучания колоколов и барабанов – удары через равные промежутки времени – могли служить и для отпугивания злых духов. Известно, что в древней Японии, например, существовало такое предписание для дворцовой стражи: «Через определенные промежутки времени натягивать луки и издавать звон тетивы, чтобы отпугивать злых духов». \*

## Приложение

# Дар богов (металлы в мифологической картине мира)

Воздух – мать всему на свете,  
Старший брат – водой зовётся,  
Младший брат воды – железо,  
Средний брат – огонь горячий.

**Калевала. Руна девятая. Пер. Л. П. Бельского**

**И**СТОРИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛА В ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ человека насчитывает несколько тысячелетий (что совсем немного по сравнению со сроком существования самого человечества как биологического вида). При этом только на протяжении нескольких последних столетий человечество постепенно узнало, что представляют собой металлы, чем обусловлены их свойства, каково их происхождение.

Какое же место занимали металлы и металлургия в мировоззрении человека до того, как были совершены научные открытия, однозначно показавшие, что собой представляют металлы? Каково было отношение людей к представителям весьма древних профессий – металлургам и горнякам? Как оно менялось на протяжении веков и тысячелетий? Для ответа на эти вопросы необходимо обратиться к древнейшему источнику информации, дающему представление о том, каким видели окружающий мир наши далёкие предки – к мифу.

Для современного человека, знакомого с научной картиной мира, мифология представляется рядом «сказочных» сюжетов, носящих скорее развлекательный характер. Между тем, мифы не являются сказками, и лишь с оговоркой их можно назвать сказаниями или рассказами. Мифотворчество – это важнейшее явление в культуре человечества, определявшее характер его духовной жизни на протяжении тысяч лет. Миф выражает мироощущение и миропонимание эпохи его создания, так как человеку с самых ранних времен приходилось не только реагировать на окружающее, но также и осмыслять его.

Конечно, «использование» в мифах того или иного металла, а также отношение к металлам и металлургам зависит от того, как давно этот металл был освоен каким-либо племенем или народом, от его мифологической традиции, от культурных, торговых и военных взаимодействий с соседними народами и многих других факторов. Вопрос этот весьма сложен и требует проведения системных исторических, культурологических, археологических и лингвистических исследований. Поэтому мы ограничимся лишь констатацией мифологических сюжетов, связанных с металлами, не делая сколько-нибудь серьёзных обобщений и далеко идущих выводов, а вопросы генезиса и преемственности мифологических сюжетов у разных народов будут затронуты лишь вскользь, на основании бесспорных достижений современных исторических и смежных с ними наук.



Пруджапати создаёт  
Вселенную из Миро-  
вого яйца с золотым  
зародышем



Первочеловек Пань-  
гу. Песчаная скульп-  
тура



Первые люди Идза-  
нами и Идзанаги.  
Кобаяси Эйтаку,  
конец XIX в.

## МАТЕРИАЛ ДЛЯ СОТВОРЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ

С древнейших пор металлы имеют особое значение в человеческом обществе. Их прочность в совокупности со способностью к пластической деформации, а также эстетические качества не только позволили произойти прорыву в развитии материальной культуры, но и породили новый пласт в мировоззрении людей, что нашло своё отражение в мифах.

Задолго до начала железного века и даже эпохи бронзы люди находили металлические предметы: метеоритное железо, медные, золотые и серебряные самородки. Неумение обрабатывать их ничуть не мешало пониманию того, что эти предметы состоят из какого-то особенного материала, не похожего на хорошо знакомые камень, глину или дерево. Скорее всего, уже в те времена металл, наряду с другими важнейшими для человека природными материалами, начал осознаваться в некоторых культурах как один из элементов, одна из стихий, из которых состоит вся Вселенная.

Мифология начинается с космогонии - сказаний о том, как был создан и упорядочен мир. И уже здесь металлы играют существенную роль: в первую очередь железо, золото, бронза, реже - медь, серебро, свинец. Особые свойства металлов делали их в глазах людей Древнего мира отличным «рабочим материалом» в руках богов, по аналогии с архаичными мифами о сотворении мира и человека из глины.

Одним из универсальных мифических сюжетов, распространённых у многих народов, является возникновение мира, либо божества, сотворившего мир, из Мирового (космического) яйца. В ряде случаев материалом яйца является металл, чаще всего золото, как «идеальная субстанция» и как символ солнца.

В индуистской мифологии мир возник из Мирового яйца, которое раскололось на две половины. Серебряная половина превратилась в землю, а золотая - в небо. По более позднему варианту мифа из золотого зародыша Хираньягарбха возник творец Пруджапати; в ещё более поздней трактовке из него возникает Брахма - бог-творец, создатель Вселенной, её олицетворение и душа.

Согласно китайским мифам мир изначально представлял собой подобие куриного яйца, тогда родился Пань-гу. Каждый день Пань-гу, на плечах которого покоилось небо, а ноги упирались в землю, рос примерно на три метра. Через 18 тысяч лет мир полностью разделился на две части: светлую - небо и мутную - землю (Инь и Ян). Когда Пань-гу увидел, что земля и небо находятся так далеко друг от друга, что уже не смогут соединиться, он умер. Из частей тела Пань-гу образовался весь окружающий мир, в том числе из костей и зубов - металлы и камни.

В японской традиции духи руд металлов (и сами руды) произошли из рвоты первой женщины Идзанами, которая сильно обожглась во время родов Духа Огня и тяжело заболела. В тибето-бирманской мифологии металлы, растения и животные произошли из тела первопредка Линген Соба. По одному из вариантов мифа о сотворении мира царства Ахом (территория современного индийского штата Ассам), небо соткал из золотых нитей паук, а земля появилась из его экскрементов. С неба на землю паук опустил тысячи нитей, по которым спустились души всех живых существ.

Интересен мотив возникновения мира из металлического яйца (яиц) в карело-финской мифологии. В ижорской руне мир из яйца творит ласточка - «птица воздуха». Она находит кочку посреди вод, отливает гнездо из меди и кладёт туда золотое яйцо. Налетает большая туча и гнездо скатывается в воду. Тогда ласточка летит к кузнецу и просит сковать ей грабли со стальными зубьями. Этими граблями птичка достаёт половину белка и половину желтка, а разбившаяся скорлупа становится звёздами на небе.

В финских рунах, объединённых в эпос «Калевала», утка снесла шесть золотых и одно железное яйцо на колени Матери воды - воздушной девицы Ильматар, но они скатились вниз и разбились: из этого первичного материала и был создан мир.

Необходимо отметить, что медь и золото в поздней карело-финской мифологии считаются существующими изначально, и принимают участие в сотворении мира, а железо возникает в результате отдельного акта творения. Вот как поэтично описывается этот процесс:

Не рождалось лишь железо,  
Не рождалось, не всходило.  
Укко, этот бог верховный,  
Протянул однажды руки  
И потёр их друг о дружку  
На своём колене левом:  
Появились три девицы,  
Эти дочери творенья,  
Эти матери железа  
И голуборотой стали.  
Вот пошли они, колышась,  
В облаках они ступают,  
Молоком полны их груди,  
И сосцы отяжелели.  
Молоко течёт на землю,  
Грудью полной орошают  
Девы землю и болота,  
Тихо дремлющие води.  
Каплей чёрною стекает  
Молоко у девы старшей,  
У второй же девы, средней,  
Каплей белою стекает,  
А у той, что всех моложе,  
Каплей красною сбегает.  
И из чёрных этих капель  
Вышло мягкое железо;  
Где же белые упали –  
Сталь упругая явилась;  
А из красных капель вышло  
Лишь некрепкое железо.

#### «ОСНОВА МИРА»

Металлы в мифологии – не только материал, из которого создан мир. Часто они играют существенную роль в его устройстве. В мифологии многих народов распространён мотив «мировой основы». Как правило, в роли основы выступает «Мировая Гора» или «Мировое Дерево», однако это может быть и металлическая ось. В центрально-азиат-

*В корейской мифологии землетрясения стали происходить с тех пор, как великан, который держит подпирающий небо бронзовый столб, стал переставлять его с одного плеча на другое.*

ских традициях и у ряда алтайских народов упоминается железный столб (иногда железная гора), который находится посреди земного диска и соединяет небо и землю, касаясь вершиной Полярной звезды.

Схожие мотивы наблюдаются в монгольской мифологии. В монгольских мифах Полярная звезда носит название «Золотой кол» (Алтан гадас) и осмысливается в различных вариантах как небесная коновязь, изготовленная девятью мудрыми кузнецами, или как камень, закрывающий отверстие в небе (если его вынуть, вода зальёт землю), или как вершина мирового столба или мировой горы, т.е. как «пуп неба».

В мифологии догонов – одного из народов Западной Африки (Республики Мали) Земля – круглая и плоская – окружена, как ободом, большим пространством солёной

воды, всё вместе обвивает громадная змея, прикусив свой хвост. В центре земли находится железный столб. Он поддерживает другую, находящуюся над небом, землю. Каждая земля имеет солнце и луну. Солнце неподвижно, а земной диск вращается в течение суток вокруг своей железной оси.

Согласно мифам другого африканского народа – дагомейцев – Земля была создана первосуществом Айдо-Хведо – змеей-радугой. Горы – это её экскременты, поэтому в горах находят драгоценные металлы и камни. Айдо-Хведо поддерживает землю, свернувшись кольцом и закусив свой хвост, а когда шевелится, чтобы устроиться поудобнее, происходят землетрясения. Питается она железом, которое делают для неё живущие в море красные обезьяны. Когда у обезьян кончится железо, змее нечего будет есть, и ей придётся кусать свой хвост. Тогда земля, которая и так перегружена тем, что на ней находится, соскользнёт в море, и настанет конец мира.



Богиня неба Нут, бог земли Геб и ладья солнечного бога Ра (виньетка папируса Неспакашути, X в. до н.э., Лувр, Париж)



Бог солнца Ра на ладье (верхняя часть)(роспись из гробницы Сеннеджема, ок. 1250 г. до н.э.)

### ЖЕЛЕЗНЫЕ ЛИСТЬЯ И МЕДНЫЕ ШИПЫ ИНДУИСТСКОГО АДА

Некоторые свойства металлов – высокая температура в расплавленном состоянии и способность наносить раны – используются в мифологии для наказания грешников. Так, зороастрийский вариант Страшного суда предполагает, что после того как тела умерших восстанут и соединятся с душами, спасенные, равно как и грешники, должны будут в течение трех дней подвергнуться испытанию расплавленным металлом. Божества Арьяман и Атар расплавят весь металл в горах, и он потечёт на землю огненной рекой. Расплавленный металл покажется спасённым парным молоком, а грешники переживут вторую смерть и исчезнут навсегда с лица земли. Река металла потечет в ад, уничтожит духа зла Анхро-Манью и сожжёт остатки зла в мире.

В индуизме, в одной из 21-й преисподней – Лохашанку – железные листья непрерывно пронзают тела грешников, в другой – Шалмали – в их тела вонзаются шипы «огнеподобных» медных деревьев шалмали.

### МАТЕРИАЛ ДЛЯ НЕБЕС

Особенно часто металл фигурирует в мифах как материал, из которого сделано небо. Рассмотрим один из вариантов происхождения этого мотива на примере Древнего Египта. Хотя дождь в Египте выпадает редко, потребность объяснить появление атмосферных осадков заставляла предполагать наличие «небесной влаги», связанной с движением небесных светил. Поскольку в Египте вплоть до 2-го тысячелетия до н.э. колесный транспорт был неизвестен и основным средством сообщения служили корабли и лодки, образ небесной колесницы, присущий, например, более поздней древнегреческой мифологии, был чужд мифотворчеству египтян. Солнечное и лунное божества передвигаются у них на ладьях. Для объяснения, почему небесные воды не обрушиваются на землю, было создано учение о металлической преграде, являющейся дном небесного потока. Когда верховный бог Ра создавал землю в виде продолговатого плоского четырехугольного ящика с приподнятыми краями, он также соорудил полукруглый металлический небосвод.

Уже в «Текстах пирамид» (XXVII-XXV вв. до н.э.) египтяне называют небосвод медным. Характерно, что и в Библии, и в поэмах Гомера, небо тоже считается медным. По всей видимости, древние народы, цивилизация которых была основана на меди и бронзе (греки, египтяне, иудеи), полагали, что аналогичным образом обстоит дело и в мире богов. Шумеры и вавилоняне полагали, что небо – свинцовое.

Переход к использованию железа внёс соответствующие коррективы и в мифологию, в последствии у большинства цивилизованных народов специфическим небесным металлом считалось железо. Традиционно в мифологии мир делится на срединный – мир людей, верхний – мир «добрых» богов и нижний (хтонический) – мир «злых» богов и мёртвых. Важную роль в отождествлении небосвода с железной сферой сыграло «проецирование» реалий окружающего человека мира на «верхний» мир с обитавшими в нём богами. Развитию представлений о небесах как о железной сфере способствовало

знакомство и использование человеком метеоритов. Именно благодаря метеоритам люди познакомились с железом, его свойствами, научились производить из него предметы культа и украшения.

В мифологии дусунов Сабаха (Восточная Малайзия) мир создали муж и жена (Варунсансадон и Кинорохинган), вышедшие из изначальной скалы. Варунсансадон создала землю из комков грязи с собственного тела, а кузнец Кинорохинган выковал небо. Затем они вылепили из глины людей.

Южно-карельская версия финно-угорских мифов отводит роль творца богу-кузнецу Ильмаринену (соответствующему удмуртскому Инмару, марийскому Ёйну). Ильмаринен выковывает солнце и луну, из двух медных половинок создает небо, скрепляя сферу невидимым тончайшим швом, так что «след молота не виден, не видны следы клещей в нём». Чтобы небо держалось и не падало на землю, кузнец забивает в него гвозди с серебряными шляпками, которые превращаются в звезды.

### МИРОВОЗЗРЕНЧЕСКАЯ КАТЕГОРИЯ

По современным представлениям производство железа из руд получило развитие в ходе использования железосодержащих минералов для производства глазурей в гончарном производстве. Существуют две основные версии происхождения технологии производства железа из руд: моноцентричная, согласно которой «родиной» технологии является Малая Азия (Анатолийский полуостров), откуда она распространилась по всему Ближнему Востоку, Европе и Азии, и полицентричная, согласно которой первичных центров производства железа было несколько. При этом у специалистов не вызывает сомнений, что именно народы Малой Азии первыми преуспели в философском осознании природы химических превращений, происходящих при «превращении» руды в железо. В 3-м тысячелетии до н.э. в Малой Азии складывается отношение к железу как к сакральному металлу – дару богов и символу царской власти.

Первоначально метеоритное и рудное железо использовались совместно; железное оружие украшалось золотом, что говорит о его церемониальном и сакрально-религиозном значении. Постепенно технология производства железа вышла на «государственный» уровень, став основой могущества государства хаттов. Хаттов (или хатти) ранее также ошибочно называли «протохеттами». Позднее было установлено, что местный малоазийский народ хатти был постепенно вытеснен пришедшим, скорее всего, с Балканского полуострова, индоевропейским народом, который перенял культуру и технологии хатти и основал государство с тем же названием – Хатти, которое в период наивысшего расцвета во 2-м тысячелетии до н.э. занимало практически всю территорию Малой Азии. Таким образом, хатти можно считать «протохеттами» лишь в культурном, но не в этническом смысле.

У хеттов, перенявших культуру и технологии хаттов, железо также имело сакральное значение – из него был сделан трон царя Анитты, железное оружие использовали в ритуалах и посылали в качестве даров царям и фараонам Ближнего Востока. У хеттов же впервые появляется «специализированный» бог-кузнец – Хасамиль.

Дальнейшее развитие производства рудного железа позволило государству Хатти занять лидирующее положение на Ближнем Востоке и диктовать свою волю ближайшим соседям, среди которых были такие мощные соперники, как Египет и Вавилон. Однако в XII в. до н.э. в результате внутренних раздоров и военных неудач государство Хатти перестало существовать. В результате этого технология производства железа, секрет которой ревностно охранялся хеттами, получила распространение среди «народов моря», под ударами которых пала держава Хатти, и далее по всему Ближнему Востоку и Средиземноморью.

Вместе с железом во всём регионе получили распространение колесницы, а также мифы, связанные с металлом. В Ветхом Завете упоминается, что «хеттеи» (жители царств, на которые распалась держава Хатти), филистимляне (один из «народов моря») и некоторые другие народы, жившие в земле, обещанной Богом израильтянам, сража-



Ильмаринен. Скульптура работы Роберта Стигелла на фасаде Старого Дома Студента (Vanha Ylioppilastalo), Хельсинки, Финляндия



Рельефные изображения хеттских богов скального святилища Язылык



Сцена вбивания  
гвоздя.  
Изображение на  
этруском бронзо-  
вом зеркале,  
ок. 320 г. до н.э.,  
Берлинский музей



Ильмаринен

лись железным оружием и на «железных колесницах». Они тщательно охраняли секреты их производства, так что победить их стало возможно только благодаря божественному вмешательству.

### АТРИБУТ МАРСА И ВЕЛИКОГО ПОНТИФИКА

Можно предположить, что отношение различных народов к железу, отражённое в их мифологии, складывалось в процессе знакомства с ним; например, вряд ли народы, использовавшие медь и бронзу, и впервые узнавшие железо от воинственных соседей, могли считать его даром небес. В частности, у древних израильтян железо было символом несчастья, рабства, выносливости и решительности. В удэгейском фольклоре имена, образованные от основы сэлэ – «железо», имеют злые духи.

Табу на применение железа в районе Средиземноморья существует с древнейших времен. На Крите жертвы богу Менедему приносились без применения железа. Архонт (греч. archon — начальник, правитель – высшее должностное лицо в древнегреческих полисах) Платеи никогда не должен был прикасаться к железу. Впоследствии, развивая древнейшую тему «золотого века» (потерянного рая), древнегреческие и древнеримские поэты в своих произведениях приняли периодизацию золотой век – серебряный – медный – железный. Причём железный век – «век наклонностей худших» (Гесиод, Вергилий).

Для античной мифологии в целом характерно «отрицательное» положение железа в сакральной сфере, как металла, угодного воинственному Аресу (Марсу). Скорее всего, это связано с тем, что первоначально рудное железо использовалось исключительно для производства оружия, а хозяйственный инструмент было дешевле и проще изготавливать по старой технологии, из меди и бронзы. Такой важный предмет этрусского сакрального ритуала, как лемех священного плуга для опашивания контура стен будущего города, делали из меди. Другим ритуальным предметом этрусских жрецов были гвозди, которые ковали из меди и из золота, что не случайно, так как они соотносились со звездами. Ритуальные гвозди жрецы раз в год забивали в дверь храма для подсчета возраста города.

Для всех магических и жреческих операций существовало табу на использование железа. Этот запрет от этрусков перешел к римским жрецам. Из античных источников известно, что свайный деревянный мост в Риме, который считался священным, должен был ремонтироваться только медными орудиями. Сабинские и римские жрецы должны были бриться исключительно бронзовыми бритвами.

В преданиях о легендарном втором этруском царе Рима – Нуме Помпилии (715–673 гг. до н.э.) – есть эпизод, ярко демонстрирующий неприятие железа. Поскольку камни – божества водных источников (позднее отождествлялись с греческими музами) – по представлениям этрусков, очень болезненно относились к соприкосновению с железом, Нума запретил строить любые переправы с помощью железных инструментов и гвоздей. Сооружение переправ без использования враждебного всему живому металлу, он поручил особым жрецам – понтификам (мостоделателям).

Позднее понтики составили коллегию, стоявшую во главе всей римской религии. Коллегию возглавлял Великий понтифик (лат. Pontifex Maximus), причём одним из атрибутов этой должности был жреческий железный нож (secespita) для закалывания жертвенных животных. В дальнейшем титул Великий понтифик стал императорским, а после падения Рима Великими (Верховными) понтификами стали титуловаться римские Папы. Таким образом, должность Великого понтифика можно считать самой древней непрерывно функционирующей должностью в Европе.

### ДВОЙСТВЕННАЯ ПРИРОДА ЖЕЛЕЗА

Наиболее наглядно двойственная природа железа показана в финском эпосе «Калевала», когда на просьбу железа вынуть его из пламени горна божественный кузнец Ильмаринен отвечает:

Коль тебя отсюда выну,  
Может, станешь ты ужасным,  
Станешь слишком беспощадным,  
Своего порежешь брата,  
Сына матери поранишь»...  
...Поклялось тогда железо,  
Поклялось сильнейшей клятвой  
Пред горнилом, наковальней,  
Перед молотом кузнечным,  
Говорит слова такие  
И такие молвит речи:  
«Есть деревья для пореза,  
Можно сердце рвать у камня.  
Я не буду резать брата,  
Сына матери не трону;  
Жизнь моя приятней будет  
И житье моё привольней,  
Если к людям попаду я,  
Послужу ручным орудьем,  
Чем своё мне племя резать,  
Чем своих родных мне ранить».

Однако попавшие в жидкость для закалки животные яды сделали железо злобным:

Из огня железо вынул,  
Из горнила сталь он поднял.  
Вышла сталь оттуда злою,  
Злобным сделалось железо  
И нарушило присягу,  
Как собака, съело клятвы;  
Без пощады режет брата  
И родных с ужасной злобой,  
Заставляет кровь струиться  
И бежать из раны с шумом.

Известный английский религиовед и этнолог Джеймс Фрэзер (1854-1941 гг.) писал по поводу отношения древних к железу: «Для объяснения антипатии правителей и жрецов к железу, которую те приписали и богам, достаточно неприязни дикаря к нововведениям... Однако в таком отношении к железу со стороны богов и их посланцев есть и обратная сторона. Антипатия духов к металлу дает в руки человека оружие, которое он может при случае обратить против них... Так, у шотландских горцев самой надежной защитой от эльфов является оружие, сделанное из железа или, ещё лучше, из стали (сабля, нож, ружейный ствол и пр.)... Гвозди, прибитые в изголовье кровати, отгоняют эльфов от рожениц и младенцев... Если бык упал и разбился об утес, для сохранения мяса от фей следует вонзить в его тушу гвоздь. Мелодия, сыгранная на варгане, охраняет охотника от эльфов-женщин, потому что язычок варгана сделан из стали».

Конечно, такое объяснение антипатии к железу представляется слишком простым и даже примитивным, однако, так или иначе, свойство железа «отпугивать» духов, в том числе недоброжелательных, широко использовалось во многих культурах, причём независимо от того, почиталось железо или вызывало опасения.

У осетин для предохранения здоровья детей использовались амулеты в честь Сафы – духа цепи домашнего очага. На третий день Великого поста, в среду, кузнецу давали раскаливать мелкие пруты железа, эти кусочки затем зашивали в ладанку вместе с лоскутом сукна или шелковой материи, кусочком ваты и воробьиным помётом и давали детям носить на шее.

У бурят существовало почитание железа и предметов из него считалось, что если возле больного или спящего человека положить топор, нож или ножницы, вообще ка-



Святой Дунстан  
и дьявол

кие-нибудь железные режущие инструменты, поставить поблизости топор, ружье или просто железный прут, то они будут лучшим оберегом от злых сил.

В средневековой Европе было распространено поверье, что с помощью «честного железа» можно уничтожить или напугать нечистую силу. Плиний писал, что железо помогает против «вредных веществ», а также «против ночных страхов».

Наиболее распространённым по сей день железным оберегом является подкова. Считается, что дьявол (от которого должна защищать подкова) всегда ходит кругами и, доходя до каждого из концов подковы, вынужден развернуться и пойти обратно. При этом в европейских странах подкову всегда вешают концами вверх, а в России (где существует примета, что найти старое железо, а особенно подкову – к удаче) – концами книзу.

Бытует мнение, что использование подковы в качестве оберега восходит к легенде о святом Дунстане, архиепископе Кентерберийском (909-988 гг.), который считался покровителем всех работающих с металлом. Как гласит легенда, однажды к нему явился сам дьявол и попросил подковать своё копыто. Дунстан согласился и, приковав посетителя к стене, взялся за него так крепко, что дьявол запросил пощады. Перед тем как освободить, святой заставил его поклясться, что он никогда не войдет в дом, где будет висеть подкова. Однако, скорее всего, это поверье более древнее, и восходит к римскому обычаю вбивать гвозди в двери и стены для лечения болезней и отведения порчи.

### ДУША РУДЫ

В целом в мифологической традиции металл нередко рассматривался как сердцевина, внутренний дух руды, из которой он выплавляется (такое представление впоследствии было распространено в алхимии). Значение слова «металл» может соотноситься со значением «внутренности». Известно изречение, приписываемое Пифагору и приводимое Порфирием: «Звук, издаваемый звенящей медью, есть голос духа, живущего в ней».

Средневековые европейские алхимики, учение которых в значительной мере было основано на древних мифах и мистических учениях, верили в связь семи металлов с семью основными планетами и семью божественными персонажами: медь – Венера, золото – Солнце, железо – Марс, свинец – Сатурн, ртуть – Меркурий, серебро – Луна, олово – Юпитер.

Следует заметить, что такие соответствия не были формальными ассоциациями, а имели символический смысл. Например, самые дорогие, благородные металлы (золото и серебро) наделялись свойствами важнейших для людей небесных тел – дневного и ночного светила.

Золото в алхимической традиции, причём как в александрийской и европейской, так и китайской и индийской, считалось «идеальной субстанцией». Алхимики верили, что все металлы и минералы превращаются друг в друга, а конечной стадией этого процесса, самым «зрелым» веществом является золото. Именно на ускорение этого процесса искусственным путём и были направлены их усилия.

Серебро символизировало целомудрие, знание, духовные добродетели, оно связывалось с лучшими человеческими качествами. В поздней европейской традиции серебро, являясь символом чистоты и стойкости человеческого духа, помогало устоять против нечистой силы, которая этот металл не переносит, и даже победить её. С этим связана вера в то, что серебряной пулей можно убить оборотня и вампира.

В Древнем Китае металл был элементом мифопоэтической системы, одним из пяти первоэлементов. Он ассоциировался с белым цветом, осенью, планетой Венерой (Цзинь-синь или Тай-бай Цзинь-синь). Покровителем металла считался Бай-ди (Белый император, один из пяти императоров) или его внук Шао-хао. По другой версии металлом «ведает» владычица запада Цзинь-му («матушка металла»). Божество осени Гай Жу-шоу считался также духом металла, а поскольку металл связывался с западом, то алтарь Жу-шоу помещали в западной части храма. \*



Символическое изображение пяти первоэлементов

## Рекомендуемая литература

Агрикола, Г. 12 книг о металлах / Г. Агрикола. – М. : Недра, 1986.

Анджела, А. Один день в Древнем Риме. Повседневная жизнь, тайны и курьёзы / А. Анджела ; пер. с итал. М. Челищевой и О. Уваровой. – М. : КоЛибри, 2010.

Бажов, П.П. Сочинения в 3 т. / П.П. Бажов ; под общ. ред. В.А. Бажовой, А.А. Суркова, Е.А. Пермяка. – М. : Гос. изд-во худ. лит-ры, 1952. Т. 2.

Бакс, К. Богатства земных недр : пер. с нем. К. Бакс; общ. ред. и предисл. Г.И. Немкова. – М. : Прогресс, 1986.

Бахтиаров, А.А. Иоганн Гуттенберг. Его жизнь и деятельность в связи с историей книгопечатания / А.А. Бахтиаров. – СПб. : Типография книгоизд. тов-ва «Просвещение», 1892.

Бехайм, В. Энциклопедия оружия : пер. с нем. В. Бехайм. – СПб.: АО «Санкт-Петербург оркестр», 1995.

Блэр, К. Рыцарские доспехи Европы. Универсальный обзор музейных коллекций / К. Блэр ; пер. с англ. Е.В. Ламиновой. – М. : ЗАО «Центрполиграф», 2006.

Валериус. Металлургия чугуна / Валериус ; пер. и доп. В. Ковригиным. – СПб. : типография Иосафата Огризко, 1862.

Васильев, В.А. Изготовление художественных отливок / В.А. Васильев, Н.И. Бех, Э.Ч. Гини, А.М. Петриченко ; науч. ред. В.А. Васильев. – М. : Интермет Инжиниринг, 2001.

Веддинг, Г. Основания металлургии чугуна, железа и стали / Г. Веддинг. – СПб.: Изд. К.Л. Риккера, 1909.

Великое переселение. М. : Бук Хаус, 2005.

Викинги: Набеги с севера / пер. с англ. Л. Флорентьева. – М. : ТЕРРА, 1996. – (Энцикл. «Исчезнувшие цивилизации»).

Винклер фон, П. Иллюстрированная история оружия / П. фон Винклер. – М. : Эксмо, 2010.

Витрувий. Десять книг об архитектуре / Витрувий ; пер. с лат. Ф.А. Петровского. – М.: КомКнига, 2010.

Владимиров, Л.И. Всеобщая история книги / Л.И. Владимиров. – М. : Книга, 1988.

Гайко, Г.И. История освоения земных недр / Г.И. Гайко. – Донецк : Східний видавничий дім, 2009.

Джонс, Г. Викинги. Потомки Одина и Тора / Г. Джонс ; пер. с англ. З.Ю. Метлицкой. – М.: ЗАО «Центрполиграф», 2007.

Джонс, Г. Норманны. Покорители Северной Атлантики / Г. Джонс ; пер. с англ. Н.Б. Лебедевой. – М. : ЗАО «Центрполиграф», 2003.

Ефимов, С.В. Оружие Западной Европы XV–XVII вв. : в 2 кн. / С.В. Ефимов, С.С. Рымша. СПб. : ООО «Издательство «Атлант», 2009. Кн. 1.

Жуков, К.А. Западноевропейский доспех раннего ренессанса / К.А. Жуков, Д.С. Коровкин ; под. ред. А.В. Арановича. – СПб. : СПГУТД, 2005.

Здорик, Т.Б. Камень, рождающий металл. / Т.Б. Здорик - М. : Просвещение, 1984.

Золото мира / ред. группа: А. Журавлёв, Л. Дукельская, А. Гусева. – М. : Астрель, 2008.

Иванов, Вяч. Вс. История славянских и балканских названий металлов / Вяч. Вс. Иванов. М. : Наука, 1983.

Кнабе, Г.С. Древний Рим – история и повседневность / Г.С. Кнабе. – М. : Искусство, 1986.

Коа, И. Викинги, короли морей / И. Коа ; пер. с фр. М. Ивановой. – М. : Астрель – АСТ, 2003.

Колокола. История и современность : сб. статей / отв. ред. Б.В. Раушенбах. – М. : Наука, 1993.

Коновалов, И.В. Православный колокольный звон. Теория и практика / И.В. Коновалов, Н.И. Завьялов. – М. : Триада плюс, 2002.

Кочетов, В.А. Римский бетон / В.А. Кочетов. – М. : Стройиздат, 1991.

Ламан, Н.К. Развитие техники обработки металлов давлением / Н.К. Ламан. – М. : Наука, 1989.

Ледебур, А. Металлургия чугуна, железа и стали / А. Ледебур ; пер. с нем. Н.А. Иосса. – СПб. : Изд. книжного магазина В. Эрикссон, 1886. Т. 1.

Малинова, Р. Прыжок в прошлое: Эксперимент раскрывает тайны древних эпох : пер. с чеш. / Р. Малинова, Я. Малина. – М. : Мысль, 1988.

Металл. – М. : Бук Хаус, 2006. – (Сокровища Ойкумены / История мировой культуры).

Миронов, В.Б. Древний Рим / В.Б. Миронов. – М. : Вече, 2007.

Немировский, Е.Л. Изобретение Иоганна Гутенберга. Из истории книгопечатания. Технические аспекты / Е.Л. Немировский. – М. : Наука, 2000.

Окшотт, Э. Археология оружия. От бронзового века до эпохи Ренессанса / Э. Окшотт ; пер. с англ. М.К. Якушиной. – М. : ЗАО «Центрполиграф», 2004.

Окшотт, Э. Рыцарь и его доспехи. Латное облачение и вооружение / Э. Окшотт ; пер. с англ. А.Н. Анваера. – М. : ЗАО «Центрполиграф», 2007.

Оловянишников, Н.И.. История колоколов и колоколотейное искусство / Н.И. Оловянишников ; под ред. А.Ф. Бондаренко. 5-е изд. испр. – М. : НП ИД «Русская панорама», 2010.

Перед нашествием. – М. : Бук Хаус, 2005. – (Сокровища Ойкумены / История мировой культуры).

Перно, Ф.. Золото / Ф. Перно ; пер. с фр. У.Х. Дулёвой. – М. : ЗАО «БММ», 2007.

Перси, Д.. Руководство к металлургии : в 2 т. / Д. Перси ; пер. с англ. А. Добронизского. СПб. : Типография А.И. Траншеля, 1869. Т. 2.

Плиний Старший. Естествознание. Об искусстве / Плиний Старший. – М. : Ладомир, 1994.

Промышленность и техника. Энциклопедия промышленных знаний. Горное дело и металлургия / В. Борхес, Ф. Вюст, Е. Трептов. – СПб. : Типография книгоизд. тов-ва «Промсвещение», 1901.

Ребрик, Б.М. У колыбели геологии и горного дела / Б.М. Ребрик - М. : Недра, 1984.

Сильнов, А.В. Сосуды тайн: туалеты и урны в культурах народов мира / А.В. Сильнов. – СПб. : Азбука: Петербургское Востоковедение, 2002.

Теофраст. Исследование о растениях / Теофраст ; пер. с др.-греч. и прим. М.Е. Сергеевко; под ред. И.И. Толстого, Б.К. Шишкина. – М. : Изд-во АН СССР, 1951.

Теофраст. О камнях / Теофраст ; пер. с англ. – М. : ИД МСП, 2004.

Фальковский, Н.И. История водоснабжения в России / Н.И. Фальковский. – М.; Л.: Изд-во Мин-ва коммун. хоз-ва РСФСР, 1947.

Фиркс фон, И. Суда викингов : пер. с нем. / И. фон Фиркс. – Л. : Судостроение, 1982.

Фолкс, Ч. Средневековые доспехи. Мастера оружейного дела / Ф. Чарльз ; пер. с англ. Т.Е. Любовской. – М. : ЗАО Центрполиграф, 2006.

Фрэнсис, К. История костюма. От крестоносцев до придворных щеголей / К. Фрэнсис, Р. Швабе ; пер. с англ. Т.Е. Любовской. – М. : ЗАО «Центрполиграф», 2008.

Черных, Е.Н. Металл – человек – время / Е.Н. Черных - М. : Наука, 1972.

Шухардин, С.В. История науки и техники. В 2 ч. Ч. 1. С древних времен и до конца XVIII в. / С.В. Шухардин. – М. : Наука, 1974.

Этруски: италийское жизнелюбие. – М. : ТЕРРА, 1998. – (Энцикл. «Исчезнувшие цивилизации»).

Forbes, R.J. Studies in ancient technology / R.J. Forbes. Leiden : Netherlands, 1971.

Humphrey J.W. Greek and Roman Technology: A Sourcebook. Annotated translations of Greek and Latin texts and documents / J.W. Humphrey. Routledge, 1998.

Percy, John. Iron and steel / J. Percy. London : J. Murray, 1864.

Phillips, J.A. A manual of metallurgy, or a practical treatise on the chemistry of the metals / J.A. Phillips. Glasgow : R. Griffin and Co., 1854.

The Natural History of Pliny in 6 volumes / Translated by J. Bostock and H.T. Riley. London, 1854–1857.

The Pirotechnia of Vanoccio Biringuccio: the classic sixteenth century treatise on metals and metallurgy / translated from the Italian by C.S. Smith and M.T. Gnudi. Reprint. Dover Publications, New-York, 1990.

Zonca, V. Novo teatro di machine et edificii / Vittorio Zonca. Padoua : appresto P. Bortelli, 1607.

## Словарь терминов

**Агломерат** - спекшаяся в куски мелкая (часто пылевидная) руда.

**Амальгама** – сплав, один из компонентов которого — ртуть. В зависимости от соотношения ртути и металла амальгама может быть (при комнатной температуре) жидкой, полужидкой или твёрдой. Из жидких и полужидких амальгам ртуть удаляется фильтрацией через замшу под давлением; твёрдая амальгама разлагается на составные части при нагревании.

**Аршин** (тюрк.) – мера длины, применявшаяся в Болгарии, Афганистане, России, Турции, Иране до введения метрической системы мер. В России вошла в употребление с XVI в. Первоначально аршин равнялся 27 английским дюймам; при Петре I размер аршина был установлен в 28 дюймов. 1 аршин = 16 вершкам = 71,12см.

**Выглаживание** (лощение) – технологическая операция, позволяющая придавать изделию зеркальную поверхность и блеск; осуществлялась специальными орудиями – лощилами (деревянными, кожаными и др.).

**Гомогенизация** (от греч. *homogenes* — однородный) - создание однородной (гомогенной) структуры в сплавах путём ликвидации концентрационных микронеоднородностей, образующихся в сплавах при кристаллизации. Для гомогенизации сплавы подвергают термической обработке, так называемому диффузионному или гомогенизирующему отжигу, при котором за счёт процессов диффузии происходит выравнивание химического состава в микрообъёмах, соизмеримых с размером зёрен сплава. Температура отжига обычно составляет 0,8—0,9 температуры плавления сплава.

**Диффузия** (от лат. *diffusio* – распространение, растекание) – взаимное проникновение соприкасающихся веществ друг в друга вследствие теплового движения их частиц.

**Дюйм** (от голл. *duim* – большой палец) – единица длины в английской и американской системах мер, в которых за исходную единицу длины принят фут. Дюйм составляет 1/12 фута. По международным соглашениям дюйм принят равным 0,0254 м (точно). Дюйм входил также в старую русскую систему мер и составлял 1/28 часть аршина и 1/12 фута.

**Закалка**, термическая обработка материалов, заключающаяся в их нагреве и последующем быстром охлаждении с целью фиксации высокотемпературного состояния материала или предотвращения (подавления) нежелательных процессов, происходящих при его медленном охлаждении. Закалка возможна только для тех веществ, равновесное

состояние которых при высокой температуре отличается от равновесного состояния при низкой температуре (например, кристаллической структурой). Закалка эффективна только в том случае, если реально достижимая скорость охлаждения достаточно для того, чтобы не успели развиваться процессы, подавление которых является её целью.

**Зернь** – мелкие золотые или серебряные шарики (диаметром от 0,4 мм), которые напаиваются в ювелирных изделиях на орнамент из филигрانی. Зернь создаёт эффектную светотеневую и фактурную игру, обогащает орнаментальную ритмику изделия.

**Золотник** – старая русская мера массы, равная 4,266 г или 1/96 фунта. Название происходит от слова «золото», так как еще в X в. в Киевской Руси золотник представлял собой золотую монету.

**Золочение** – процесс нанесения на поверхность изделий, конструкций, архитектурных сооружений слоев золота. При огневом методе золочения на поверхность наносили тестообразную пасту из амальгамы золота. При нагреве изделия ртуть испарялась, а плотное золотое покрытие оставалось.

**Жила** – минеральное тело, заполняющее трещину в горной породе. Длина жил полезных ископаемых колеблется от 1 м и менее до 200 км.

**Изотерма** (от греч. thermē — теплота) – линия на диаграмме или графике, отображающая постоянную температуру. Изо... (от греч. isos — равный, одинаковый, подобный) – часть сложных слов, обозначающая равенство, подобие по форме или названию.

**Иммунология** – наука о защитных свойствах организма, особенностях иммунитета и его передаче на генетическом уровне.

**Калибр** – отверстие в волоке или просвет, образованный вырезами (ручьями) двух сопряжённых прокатных валков, через который пропускают обжимаемый металл для придания ему требуемой формы.

**Кельтиберы** (лат. Celtiberi, греч. Keltiberes) – племена северо-восточной Испании, образовавшиеся от смешения иберов с кельтами, расселившимися на Пиренейском полуострове в V–III вв. до н. э.

**Ковка** – один из способов обработки металлов давлением, при котором инструмент оказывает многократное прерывистое воздействие на заготовку, в результате чего она, деформируясь, постепенно приобретает заданную форму и размеры.

**Колошник** – верхняя часть шахтной печи, куда загружают рудные материалы, флюсы, топливо.

**Купеляция** – купелирование (от франц. coupelle — разделительная печь; буквально — чашечка), окислительное плавление сплава свинца с благородными металлами (золотом, серебром) с целью выделения их в чистом виде. Купеляция основана на том, что свинец и другие неблагородные металлы при высокой температуре легко окисляются кислородом воздуха, тогда как благородные металлы не изменяются.

**Лётка** – отверстие в некоторых металлургических печах (главным образом шахтных) для выпуска металла или шлака.

**Литая сталь** – сталь, выплавляемая в жидком виде с помощью тигельной плавки, конвертерного, мартеновского или электросталеплавильного процессов. Сталь с необходимым содержанием углерода также можно было получить из твердого кричного или сварочного железа, осуществив процесс цементации – насыщения углеродом поверхностного слоя железной полосы или изделия без расплавления.

**Литьё** – технологический процесс изготовления отливок, заключающийся в заполнении литейной формы расплавленным материалом (литейным сплавом, металлургическим шлаком, некоторыми горными породами) и дальнейшей обработке полученных изделий.

**Миля** (от лат. mille passuum – тысяча двойных римских шагов, «тростей») – путевая мера для измерения расстояния, введенная в Риме. Древнеримская миля (миллиатрий) была равна 1598 м (по другим данным – 1480 м).

**Окалина** (оксидная плёнка) – продукт окисления поверхности металла при взаимодействии с внешней средой. Обычно окалиной называют продукт окисления лишь железа и его сплавов. В широком смысле слова окалиной можно считать образующиеся на поверхности любого металла его химические соединения не только с кислородом, но и с другими окислителями (серой, азотом и т.д.) Окарины прозрачны (при толщине до 40 нм) или окрашены в тот или иной цвет побежалости (при изменении толщины от 40 до 500 нм). При толщине свыше 500 нм окалина имеет постоянную окраску, зависящую от химического состава.

**Отжиг** – вид термической обработки металлов и сплавов, заключающийся в нагреве до определённой температуры, выдержке и последующем, обычно медленном, охлаждении. При отжиге осуществляются процессы возврата (отдыха металлов), рекристаллизации и гомогенизации. Цели отжига — снижение твёрдости для повышения обрабатываемости, улучшение структуры и достижение большей однородности металла, снятие внутренних напряжений.

**Пайка** – процесс соединения материалов, находящихся в твёрдом состоянии, расплавленным припоем. При пайке происходят взаимное растворение и диффузия основного материала и припоя, который заполняет зазор между соединяемыми частями изделия.

**Практическая археология** – наука, сформировавшаяся в 1970–1980-х гг. и основывающаяся на воспроизведении в современных условиях методов древней техники и технологии.

**Прётор** (лат. praetor от praeire – идти впереди, предводительствовать) – государственная должность в Древнем Риме. В ходе исторического развития Древнего Рима содержание и функции этой должности менялись. Во времена Империи должности преторов служили необходимой ступенью для замещения целого ряда высших административных постов и офицерских должностей на пути к сенаторской должности.

**Пуд** – единица массы, применявшаяся в России, Белоруссии и на Украине. Впервые упоминается в документах XII в. Равнялся 49 фунтам (около 16,38 кг).

**Рафинирование металлов** – очистка первичных (черновых, сырцовых) металлов от примесей.

**Сажень** – старая русская мера длины, впервые упоминающаяся в русских источниках в начале 11 века. Известна прямая сажень (в 152 и 176 см), определявшаяся размахом рук от конца пальцев одной руки до конца пальцев другой. Косая сажень (размером

в 216 и 248 см) определялась расстоянием от пальцев ноги до конца пальцев руки, вытянутой по диагонали. Указом 1835 размер сажени был определён в 7 английских футов, или 84 дюйма. Это соответствовало 3 аршинам, или 48 вершкам, что равнялось 213,36 см.

**Скань** (от др.- рус. скать – сучить, свивать) – вид ювелирной техники.

**Уклад** – железные заготовки, полуфабрикаты для последующего кузнечного передела в изделия.

**Филигрань** (итал. filigrana, от лат. filum – нитка и granum – зерно), вид ювелирной техники. В филигрании из тонкой золотой, серебряной или медной проволоки (гладкой или свитой из нескольких нитей и затем обычно сплюсненной) выполняются узоры – ажурные (отдельные элементы соединяются пайкой) или напаянные на металлический фон.

**Флюсы** – материалы, применяемые в металлургических процессах с целью образования или регулирования состава шлака, предохранения расплавленных металлов от взаимодействия с внешней газовой средой, а также служащие для связывания оксидов при пайке и сварке металлов.

**Фольга** (польск. folga, от нем. Folie, от лат. folium – лист) – лента из цветных, редких, благородных металлов и стали.

**Фунт** (польск. funt, от неме. Pfund, от лат. pondus — вес, тяжесть, гиря). Русский фунт = 1/40 пуда = 32 лотам = 96 золотникам = 9216 долям = 0,40951241 кг. Английский фунт = 16 унций = 256 драхм = 7000 гранов = 0,45359237 кг.

**Фурма** (от нем. Form, буквально — форма) – устройство для подачи воздушного дутья в металлургические печи.

**Фурнитура** (франц. furniture, отournir — доставлять, снабжать) – вспомогательный материал, применяемый в каком-либо производстве.

**Фут** - от англ. foot, буквально — ступня. Единица длины русской системы мер, отмеченной в 1918. 1 фут = 1/7 сажени = 12 дюймам = 0,3048 м. Единица длины в системе английских мер. 1 фут = 1/3 ярда = 12 дюймам = 0,3048 м.

**Цементация** – способ химико-термической обработки, заключающийся в насыщении поверхностного слоя изделий из железа или низкоуглеродистой стали (0,1–0,2 % С) углеродом при нагреве в соответствующей среде. Цель цементации – повышение твердости и износостойкости поверхности, что достигается обогащением поверхностного слоя углеродом (до 0,8–1,2 %) и последующей закалкой с низким отпускком (при этом сердцевина изделия, не насыщаемая углеродом, сохраняет высокую вязкость).

**Цэнзор** (от лат. censor от censere – оценивать) – должностное лицо в Древнем Риме, осуществлявшее проведение ценза. Спектр функций цензоров включал: надзор за нравами; отдачу на откуп общественных земель, в том числе рудников, получение доходов от поземельных податей, таможенных пошлин, торговли солью и т.д., а также контроль над всеми государственными поставками, надзор за сооружением и содержанием общественных зданий и заведений.

**Цементит** – карбид железа Fe<sub>3</sub>C – фазовая и структурная составляющая железоуглеродистых сплавов.

**Шлак** (от нем. Schlacke) металлургический - расплав (после затвердевания — камневидное или стекловидное вещество), обычно покрывающий поверхность жидкого металла при металлургических процессах — плавке сырья, обработке расплавленных промежуточных продуктов и рафинировании металлов.

**Штольня** (от нем. Stollen) – горизонтальная или наклонная выработка, имеющая выход на земную поверхность и предназначенная для обслуживания горных работ.

**Эллинизм** – этап в истории стран восточного средиземноморья со времени походов Александра Македонского (334–323 гг. до н. э.) до завоевания этих стран Римом, завершившегося в 30 г. до н. э. подчинением Египта.

**Эдил** (лат. aedilis от aedes – храм) – должностное лицо в Древнем Риме, ведавшее общественными играми, надзором за строительством и содержанием храмов.

**Этнография** – наука, изучающая происхождение, закономерности расселения, бытовые и культурные особенности народов и их видоизменения в процессе взаимодействия с другими народами.

## Указатель имен и названий

Агиосидерон – глава 10, колокольчики Древнего мира  
Алатри – глава 7, римское трубное производство  
Александр Македонский – глава 8, «чакра» из «белого железа»  
Аль-Бируни – глава 8, литая сталь  
Аль-Кинди – глава 8, стальной узор: форма, размер, цвет и чёткость линий  
Андерсен Магнус – глава 9, корабельные захоронения  
Аносов Павел Петрович – глава 8, стальной узор: форма, размер, цвет и чёткость линий, классификация П.П. Аносова; тайна литой стали  
Аппий Клавдий – глава 7, транспортные артерии Римской империи  
Ареометр – глава 7, бурение скважин  
Аристотель – глава 8, «чакра» из «белого железа»  
Арругии – глава 2, самый технологичный металл  
Аурипигмент – глава 1, мышьяковая бронза  
Ахсикет – глава 8, тигельная сталь Ахсикета  
Ашшурбанипал – глава 2, самый технологичный металл

Бажов Павел Петрович – глава 5  
«Балаган» («лежачая» куча) – глава 5, выжиг в балаганах и стационарных печах  
Балкано-Карпатская металлургическая провинция – глава 1, начало эры металлов  
Баркер – глава 8, стальной узор: форма, размер, цвет и чёткость линий  
«Биг Бен» – глава 10, старейшая мануфактура в мире  
«Белое железо» – глава 8, «чакра» из «белого железа»  
Бельгран Эжен – глава 7, сифоны и дюкеры  
Беовульф – глава 8, пёстрые червячки Северной Европы  
Бирка – глава 9, жизнь на родных землях  
Бреан Жан Роббер – глава 8, тайна литой стали  
Бьянчини Беруальдо – глава 8, «турецкий» или «розовый» дамаск

Вальхалла – глава 9, жизнь на родных землях  
Варненский золотой некрополь – глава 1, начало эры металлов  
Варница – глава 7, средневековые варницы  
Виланд (Воланд, Вилундр) – глава 8, гусиные стальные опилки и «римская плетёнка»  
Виль де – глава 7, чугунные трубы  
Вильгельм Нормандский – глава 9, эпоха викингов

**Вау Герхардт** – глава 10, колокольное литьё по технологии Бирингуччо  
**Витрувий Марк Поллио** – глава 7, римское трубное производство  
**«Во вся тяжкая»** – глава 10, кампанология  
**Водовзводная башня** – глава 7, водоснабжение Москвы  
**Водотрубная воздуходувка (тромпа)** – глава 4, средневековые сыродутные печи  
**Волока, калибр** – глава 2, волочение благородных металлов  
**Волочение** – глава 2, волочение благородных металлов  
**«Волчья яма»** – глава 4, первые сыродутные печи

**Галовой Христофор** – глава 7, водоснабжение Москвы  
**Гальштатская археологическая культура** – глава 4, рабочий металл цивилизации  
**Гайя** – глава 9, корабельные захоронения  
**Геникулус** – глава 7, сифоны и дюкеры  
**Гидасп** – глава 8, «чакра» из «белого железа»  
**Гокстад** – глава 9, корабельные захоронения  
**Гомер** – глава 6, колёса со спицами  
**Горн (очаг) гончарный** – глава 1, термические технологии неолита  
**Готланд** – глава 9, жизнь на родных землях  
**Гуни-сянь** – глава 4, китайская сыродутная металлургия  
**Гюго Виктор** – глава 9, осмундские печи

**Данстен** – глава 6, узда, стремяна и подковы  
**Дельвиг Андрей** – глава 7, чугунные трубы  
**Дендритная сталь** – глава 8, легендарный композит  
**Диоклетиан** – глава 8, Дамаск – столица кузнечного ремесла  
**Драккар** – глава 9, корабельный инструмент

**Евменес II** – глава 7, сифоны и дюкеры

**Ёлтыль** – глава 5, заготовка древесины

**«Железная пагода»** – глава 4, высокое качество литейного сыродутного чугуна  
**Желонка** – глава 7, бурение скважин

**Заводская дача** – глава 5, заготовка древесины  
**Зерненные (гранулированные) украшения** – глава 2, раскрытые тайны древних ювелиров

**«Илиада»** – глава 6, колёса со спицами

**Кадеш** – глава 6, колёса со спицами  
**Калакун** (калкун или кимвал) – глава 10, колокольчики Древнего мира  
**Калита Иван** – глава 7, водоснабжение Москвы  
**Канкрин Егор Францевич** – глава 5, заготовка древесины  
**Карильон** – глава 10, колокольное литьё по технологии Бирингуччо  
**Карл Великий** – глава 10, государственное достояние  
**«Карф»** – глава 9, корабельный инструмент  
**Касситерит** – глава 3, оловянная бронза  
**Кастеллум** – глава 7, сифоны и дюкеры  
**Каталонский горн** – глава 4, средневековые сыродутные печи  
**Кибела** – глава 10, ритуальный атрибут  
**Китайская вагранка** – глава 4, китайская сыродутная металлургия  
**Клавиho Рюи Гонзалез де** – глава 8, Дамаск – столица кузнечного ремесла

**Классическая** (готическая) форма колокола – глава 10, колокольное литьё по технологии Бирингуччо

**Книмиды** – глава 3, оловянная бронза

**Кнорр** – глава 9, корабельный инструмент

**Когенит** – глава 1, самородные металлы

**Колеве-Пег** (Калевипоэг) – глава 8, пёстрые червячки Северной Европы

**«Колокола Боу»** – глава 10, старейшая мануфактура в мире

**Колокольная бронза** – глава 10, колокольная бронза

**Контиомагус** – глава 4, надёжный агрегат

**Королёк** – глава 4, теория и практика сыродутного процесса

**Крица** – глава 4, теория и практика сыродутного процесса

**Купеляция** – глава 2, свинцовое серебро

**Курень** – глава 5, подготовка к углежжению

**«Кусковая формовка»** – глава 3, кусковая формовка

**Лаврионские рудники** – глава 2, свинцовое серебро

**Ланктон Скотт** – глава 9, меч викингов

**Леонардо да Винчи** – глава 7, солеварение – главный движитель средневекового трубного производства

**Лермонтов Михаил Юрьевич** – глава 8, эпитафия

**Линдисфарн** – глава 9, эпоха викингов

**Литейная форма** – глава 3, бронзолитейное искусство

**Литейные технологии** – глава 3, бронзолитейное искусство

**Литьё по выплавляемым (восковым) моделям** – глава 3, бронзолитейное искусство

**Луcreций** – глава 2, самый технологичный металл

**Лулий** (колокол св. Луллия) – глава 10, первая техническая энциклопедия Теофила Пресвитера

**Маннесманы** Рейнхард и Макс – глава 7, бесшовные железные и стальные трубы

**Масальский** – глава 8, индийский и персидский вутц

**Матица** – глава 7, бурение скважин

**Медь черновая** – глава 3, древняя цветная металлургия

**Металлоприёмник** – глава 3, древняя цветная металлургия

**«Меч викингов»** – глава 9, меч викингов

**Морган Генри Льюис** – глава 1, эпитафия

**Мот Роберт** – глава 10, старейшая мануфактура в мире

**Муриаса** – глава 8, молибден в железных песках Японии

**Мышьяковая бронза** – глава 1, мышьяковая бронза

**Нидам** – глава 8, пёстрые червячки Северной Европы

**Нола** – глава 10, кампанология

**Ньюфаундленд** – глава 9, корабельные захоронения

**Обезлесение** – глава 5, экология углежжения

**Оборот древесины** – глава 5, заготовка древесины

**Обратный клапан** – глава 4, китайская сыродутная металлургия

**Окшотт Э.** – глава 9, меч викингов

**Оловянная бронза** – глава 3, оловянная бронза

**Опутятское городище** – глава 4, средневековые сыродутные печи

**Осмунд** – глава 9, осмундские печи

**Павлин Понтий Мероний Милостивый** – глава 10, кампанология

**Пакетирование** – глава 8, сварочная сталь Скандинавии

**Пакетная сварка железо-стальных изделий** – глава 9, осмундские печи  
**Пахомий** – глава 10, символ христианской церкви  
**Печи со шлакоборником** – глава 4, удаление шлака  
**Плиний Старший** (Гай Плиний Секунд) – глава 2, эпитафия; глава 5, письменные источники; глава 7, транспортные артерии Римской империи  
**Подина** (под) печи – глава 4, теория и практика сыродутного процесса  
**Полибий** – глава 10, колокольчики Древнего мира  
**Полица** – глава 7, железные полицы и црены

**Прозоров Н.Н.** – глава 7, бурение скважин  
**Проперций Секст** – глава 7, водопроводы и водораспределительные системы  
**Профиль колокола** – глава 10, искусство колокольного литья

**Рабочий металл цивилизации** – глава 4, рабочий металл цивилизации  
**Реальгар** – глава 1, мышьяковая бронза  
**Рорих Ютландский** – глава 9, викинги и славяне  
**«Русь»** – глава 9, викинги и славяне

**Саккос** – глава 10, символ христианской церкви  
**Салем** – глава 7, чугунные трубы  
**Салманассар II** – глава 10, колокольчики Древнего мира  
**Самородный** (теллурический) металл – глава 1, самородные металлы  
**Саттон-Ху** – глава 8, дым Саттон-Ху; глава 9, меч викингов  
**«Сахарная голова»** – глава 10, первая техническая энциклопедия Теофила Пресвитера  
**Свентокшиса** – глава 4, средневековые сыродутные печи  
**«Семь металлов Древности»** – глава 3, древняя цветная металлургия  
**Скань** (филигрань) – глава 2, волочение благородных металлов  
**Скаптегила** (Скаптесула) – глава 2, самый технологичный металл  
**Скиндер А.И.** – глава 4, терминология сыродутного процесса  
**Скоростёна** – глава 5, заготовка древесины  
**Смида** – глава 1, начало эры металлов  
**Снодграсс Энтони** – глава 4, рабочий металл цивилизации  
**Соловецкий монастырь** – глава 7, железные полицы и црены  
**Составные** (вкладышевые) **орудия** – глава 1, самородные металлы  
**Спата** – глава 9, меч викингов  
**Стефенсон Дж.** – глава 7, бесшовные железные и стальные трубы  
**Страбон Гней Помпей** – глава 5, самая консервативная технология; глава 10, колокольчики Древнего мира  
**Сун Инсин** – глава 8, китайское «многосуточное» железо  
**Сыродутный процесс** – глава 4, теория и практика сыродутного процесса  
**Сыродутный процесс** (терминология) – глава 4, терминология сыродутного процесса

**Теофил Пресвитер** – глава 10, первая техническая энциклопедия Теофила Пресвитера  
**Теофиловы колокола** – глава 10, первая техническая энциклопедия Теофила Пресвитера  
**Теофраст** (Тиртам) – глава 5, письменные источники  
**Теодорих Великий** – глава 8, пёстрые червячки Северной Европы  
**Тигельная плавка** – глава 1, начало эры металлов  
**Тимур** (Тамерлан) – глава 8, Дамаск – столица кузнечного ремесла  
**Ток** – глава 5, подготовка к углежжению  
**Тразаманд** – глава 8, пёстрые червячки Северной Европы  
**Траун** – глава 7, солеварение – главный движитель средневекового трубного производства  
**Трахит** – глава 2, свинцовое серебро

**Третгольд** – глава 7, чугунные трубы

**Троице – Сергиева лавра** – глава 7, водоснабжение Москвы

**У Цзетянь** – глава 4, высокое качество литейного сыродутного чугуна

**Уайтчепел** – глава 10, старейшая мануфактура в мире

**Углежжение** – глава 5

**«Улей»** – глава 10, первая техническая энциклопедия Теофила Пресвитера

**«Фальшивый колокол»** – глава 10, искусство колокольного литья

**Фарадей Майкл** – глава 8, тайна литой стали

**Фаялит** – глава 4, теория и практика сыродутного процесса

**Филон Византиец** – глава 8, гусиные стальные опилки и «римская плетёнка»

**Флавий Иосиф** – глава 10, колокольчики Древнего мира

**Фольга** – глава 2, раскрытые тайны древних ювелиров

**Фронтин Секст Юлий** – глава 7, эпиграф; транспортные артерии Римской империи

**Фрязин Пётр** – глава 7, водоснабжение Москвы

**Футарк** (рунический алфавит) – глава 9, производство и обработка металлов

**Хаммурапи** – глава 5, самая консервативная технология

**Хйорвардссон Хельг** – глава 9, меч викингов

**Холт Бенджамин** – глава 10, старейшая мануфактура в мире

**«Хуайнань-цзы»** – глава 8, китайское «многосусточное» железо

**Хьюз Алан** – глава 10, старейшая мануфактура в мире

**Цезарь Юлий** – глава 4, эпиграф

**Цельнолитые бронзовые колёса** – глава 6, колёса со спицами

**Цельт** (кельт) – глава 3, бронзолитейное искусство

**Циркулярная резка** – глава 2, волочение благородных металлов

**Црен** (цырен, чрен) – глава 7, средневековые варницы

**Чайоню-Тепеси** – глава 1, термические технологии неолита

**«Чакра»** – глава 8, «чакра» из «белого железа»

**Чатал-Хююк** – глава 1, термические технологии неолита

**Чернов Дмитрий Константинович** – глава 8, тайна литой стали

**Шабан де** – глава 7, чугунные трубы

**«Шаншу»** – глава 4, китайская сыродутная металлургия

**Шизцы-Ван (Лев-Царь)** – глава 4, высокое качество литейного сыродутного чугуна

**Шиллер Фридрих** – глава 10, эпиграф

**Шнеккар** – глава 9, корабельный инструмент

**Штандарт из Ура** – глава 6, древнейший вид военной техники

**Штюкофен** (кричная печь) – глава 4, средневековые сыродутные печи

**Эльба** – глава 5, экология углежжения

**Эрикссон Лейф** – глава 9, корабельные захоронения

**Этрурия** – глава 2, раскрытые тайны древних ювелиров

**Эффект троса** – глава 8, дамасская сталь

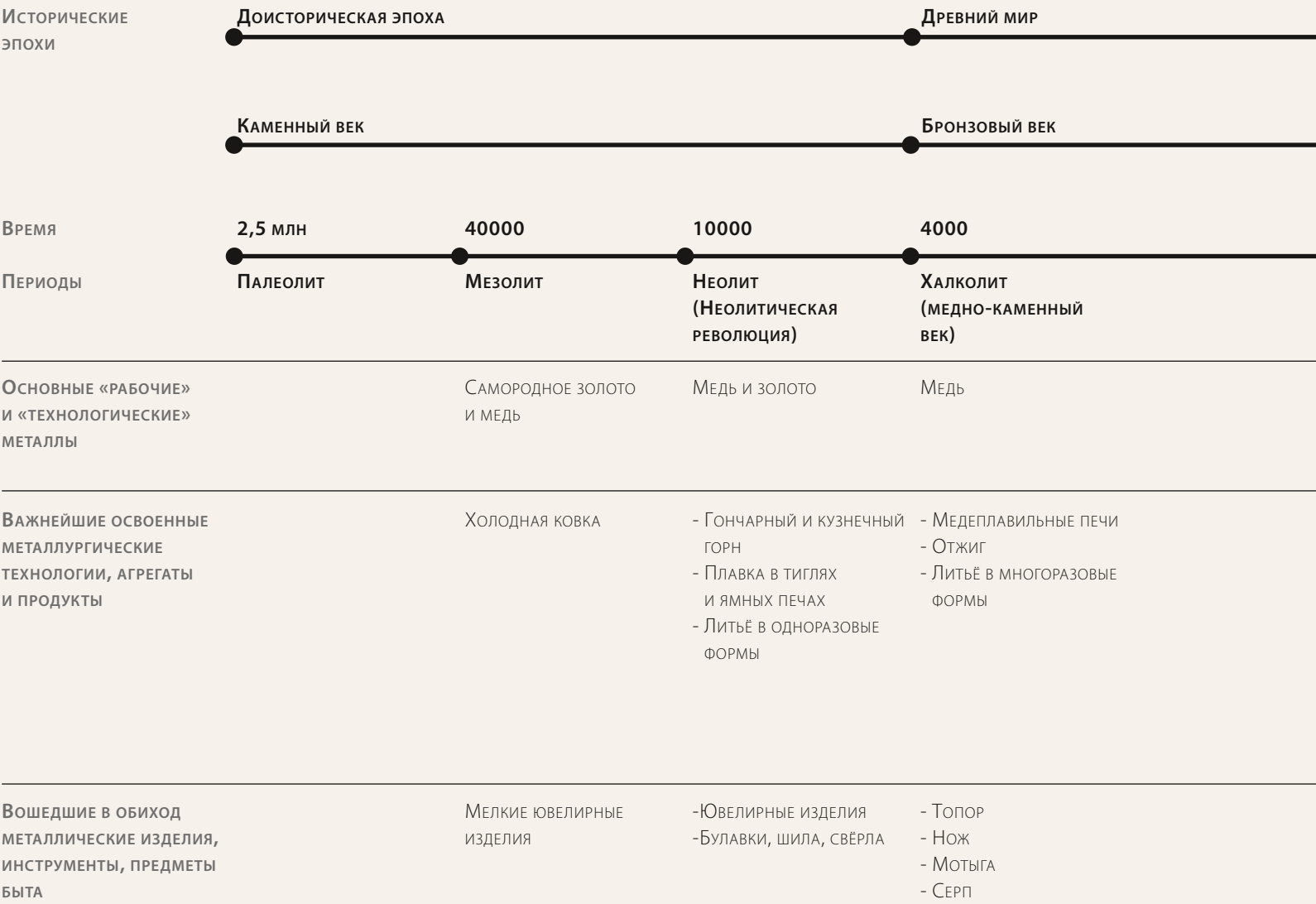
**Эффект трубы** – глава 3, древняя цветная металлургия; глава 4, первые сыродутные печи

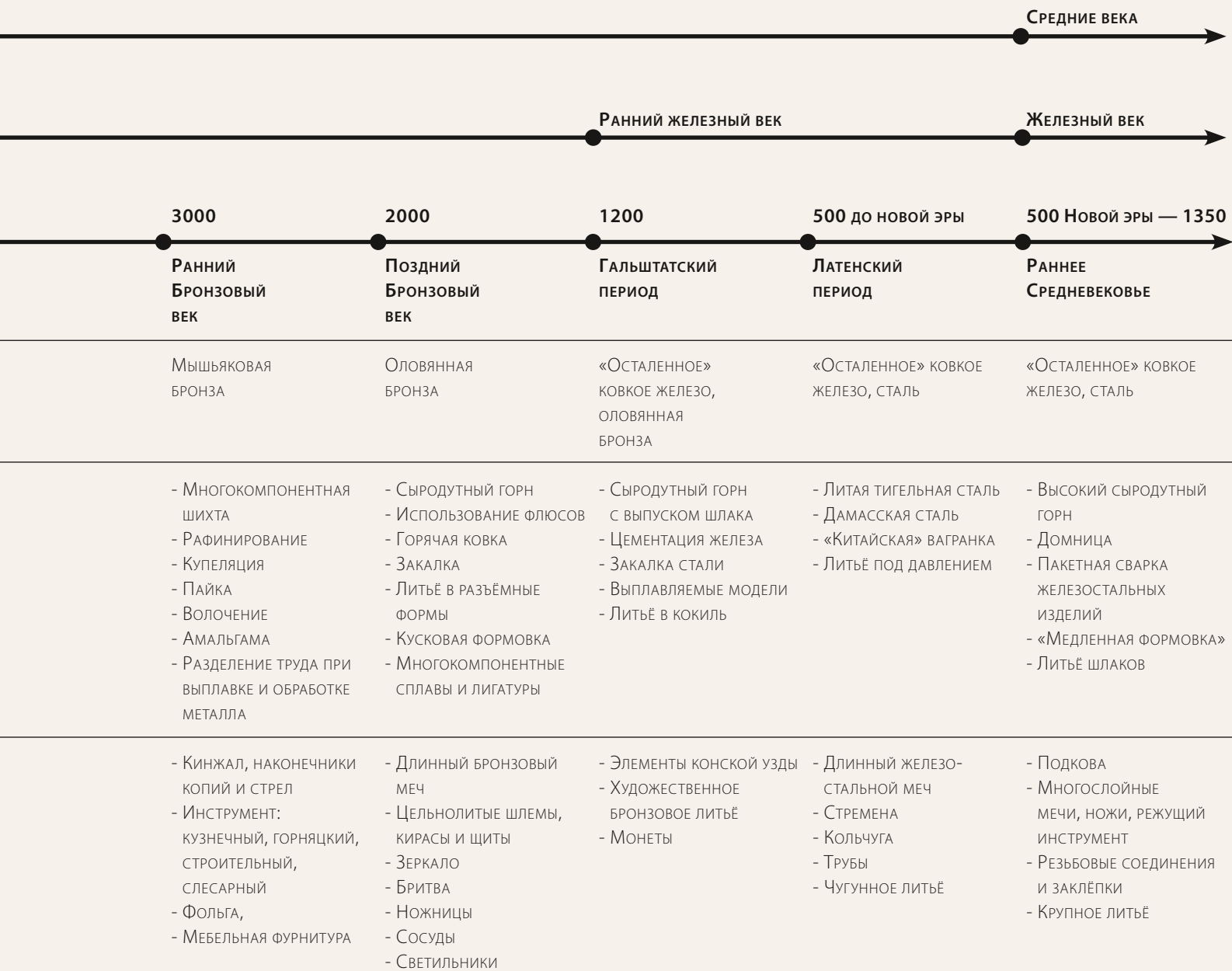
**Ювенал Децим Юний** – глава 3, эпиграф

**«Юйгун»** – глава 4, китайская сыродутная металлургия

**«Ямная печь»** – глава 1, начало эры металлов

# Хронология цивилизации и важнейшие события в истории металлургии





УДК 669 (091)  
М54

Подготовлено и напечатано при спонсорской поддержке ЗАО «Объединённая Металлургическая Компания»

Рецензенты:

д-р ист. наук В.И. Завьялов (Институт археологии РАН);

д-р ист. наук, проф. В.В. Запарий (Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина)

М54 Металлургия и время : энциклопедия. В 4 т. Т. 1. Основы профессии. Древний мир и раннее средневековье / Ю.С. Карабасов, П.И. Черноусов, Н.А. Коротченко, О.В. Голубев. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2011. – 216 с. : ил. ISBN 978-5-87623-..... (Т. 1)

Энциклопедия «Металлургия и время» включает четыре тома, содержание которых отражают более десяти тысячелетий, пройденных металлургией. Подробно и популярно изложены ключевые моменты развития металлургии. Рассмотрены социальные, политические, экологические и другие объективные и субъективные обстоятельства появления изобретений и открытий в области металлургического искусства. Это позволяет сформировать целостную картину постепенного взаимосвязанного культурного, социально-политического и технического развития современной индустриальной цивилизации, в основе которой лежат металлургические технологии.

Книга ориентирована на широкий круг читателей.

УДК 669(091)

ISBN 978-5-87623-..... (Т. 1)

ISBN 978-5-87623-.....

© ЗАО «Объединённая Металлургическая Компания», 2011

Справочное издание

Металлургия и время: энциклопедия.

Т. 1. Основы профессии. Древний мир и Раннее средневековье

Компьютерная верстка и дизайн ИИС «Металлоснабжение и сбыт»: В.А. Корнилов, А.Г. Ромицин, А.Л. Рубан

Подписано к печати 00.08.2011 г. Формат .....

Уч.-изд. л. .... Бумага офсетная. Печать офсетная

Тираж 1000 экз. Заказ .....



ЗАО «Объединённая Металлургическая Компания»,  
115184, Москва, Озерковская набережная, д. 28, стр. 2



Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,  
119049, Москва, Ленинский пр-т, 4



Издательский Дом МИСиС,  
119049, Москва, Ленинский пр-т, 4



ИИС «Металлоснабжение и сбыт»,  
129085, Россия, Москва, ул. Б. Марьинская, д. 9, стр. 1

Отпечатано в типографии Издательского Дома МИСиС,  
119049, Москва, Ленинский пр-т, 4  
Тел. (499) 236-76-17, (495) 638-45-22, тел./факс (499) 236-76-35