

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра открытых горных работ

Составители Е. В. Злобина А. В. Селюков

## **ИСТОРИЯ ГОРНОГО ДЕЛА И ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ**

### **Конспект лекций**

Рекомендовано учебно-методической комиссией  
направления подготовки 21.05.04. Горное дело  
в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2023

Рецензенты:

Жиронкин С. А. – д.э.н., профессор кафедры ОГР, КузГТУ

Федотенко С. М. – к.т.н. советник генерального директора по науке

ООО «Промпереработка».

**Злобина Елена Владимировна**

**Селюков Алексей Владимирович**

**История горного дела и открытых горных работ** : конспект лекций для обучающихся всех форм обучения направления подготовки 21.05.04. Горное дело/ сост. Е. В. Злобина, А. В. Селюков ; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, – Кемерово, 2023. – Текст : электронный.

В материалах рассмотрены периоды развития истории горного дела и открытых горных работ согласно хронологическим периодам всемирного исторического процесса.

Подготовлено по дисциплине «История горного дела и открытых горных работ» и предназначено для направления подготовки 21.05.04 Горное дело всех форм обучения.

© Кузбасский государственный  
технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева, 2023  
© Злобина Е. В., Селюков А. В.  
составление, 2023

## Оглавление

Введение.....	5
Глава 1. Возникновение и развитие горного дела в первобытном обществе каменного века.....	7
1.1. Период палеолита: развитие человека, появление каменных орудий труда, зарождение горного дела.....	7
1.2. Период мезолита: совершенствование каменных орудий труда, переход от собирания каменных пород к их выкапыванию.....	11
1.3. Период неолита: неолитическая революция, совершенствование орудий для горных работ, появление первых шахт.....	13
Вопросы для самопроверки.....	16
Глава 2. Горно-металлургическое производство в палеометаллическую эпоху (медный век; бронзовый век).....	17
2.1. Медный век. Балкано-Карпатская металлургическая провинция.....	17
2.2. Бронзовый век: ранний и средний этапы. Циркумпонтийская металлургическая провинция. Открытие бронзы.....	18
2.3. Поздний бронзовый век. Катастрофа бронзового века.....	21
2.4. Технология горного производства в бронзовый век.....	22
Вопросы для самопроверки.....	24
Глава 3. Железный век (II тыс. до н.э. – I в. н.э.). Развитие горного дела в античном обществе. Техника и технология добычи железной руды.....	25
3.1. Железный век.....	25
3.2. Техника и технология добычи.....	27
3.3. Поиск минералов в древности.....	31
3.4. Геодезическая и геологическая картография.....	32
3.5. Маркшейдерское дело и геодезия.....	33
3.6. Обогащение полезных ископаемых.....	34
Вопросы для самопроверки.....	34
Глава 4. Горное производство в средние века (VI-XVI вв. н.э.). Технология ведения горных работ. Зарождение горной науки.....	35
Вопросы для самопроверки.....	41
Глава 5. Горное дело в Новое время (XV-XX вв.). Первая промышленная революция (XVIII-XIX вв.).....	42
5.1. Фундаментальные научные труды горной науки (XVIII-XIX вв.).....	45

5.2. Горнотехническое образование (XVIII-XIX вв.).....	47
5.3. Развитие горной технологии.....	48
5.4. Буровые работы.....	49
5.5. Взрывные работы.....	50
5.6. Вентиляция горных выработок.....	52
5.7. Водоотлив.....	53
5.8. Освещение.....	54
5.9. Транспортирование.....	55
5.10. Обогащение полезных ископаемых.....	55
5.11. Маркшейдерское дело.....	56
5.12. Горное управление.....	59
Вопросы для самопроверки.....	60
Глава 6. Развитие горного дела. Вторая промышленная революция (2-я пол. XIX в. – 1-я пол. XX в.).....	61
6.1. Горное производство в период Второй промышленной революции.....	64
6.2. Развитие горной науки и горнотехнического образования (2-я пол. XIX в. – 1-я пол. XX в.).....	66
Вопросы для самопроверки.....	68
Глава 7. Третья промышленная революция. Четвертая промышленная революция.....	69
Вопросы для самопроверки.....	70
Глава 8. История открытых горных работ.....	71
8.1. Этапы развития открытых горных работ.....	71
8.2. История применения бестранспортной технологии в открытых горных работах.....	76
8.3. Становление и развитие научной школы открытой геотехнологии.....	78
Вопросы для самопроверки.....	83
Список литературы.....	84

## Введение

Курс лекций по дисциплине «История горного дела и открытых горных работ» соответствует требованиям федерального государственного образовательного стандарта профессионального образования по направлению подготовки 21.05.04 Горное дело всех форм обучения.

Цель изучения дисциплины – получение знаний об истории развития человечества и истории горного дела.

История развития горного дела изложена в тесной связи с процессом развития человеческого общества. Всемирный исторический процесс рассмотрен согласно современному подходу к периодизации истории. В учебном пособии согласно научно-дисциплинарным рамкам истории показаны следующие периоды: первобытное общество, древний мир, средневековье, новое время, новейшее время.

История горного дела и открытых горных работ взаимосвязана с хронологической периодизацией истории развития человечества.

История горного дела – важный раздел горной науки, базис формирования и развития геотехнологии.

Академик В. Ж. Аренс в труде «Основы методологии горной науки» писал: «Для того чтобы увидеть перспективы развития горной науки, надо знать историю создания и совершенствования способов и средств разведки, разработки месторождений, переработки полезных ископаемых, историю развития взаимосвязи ее с материальной и духовной культурой общества».

В настоящее время под термином «горное дело» понимается область науки, техники, производства, занятия разведкой, добычей, первичной переработкой полезных ископаемых и работами, связанными с освоением подземного пространства недр, имеющая социальную функцию способов и средств трудовой деятельности.

Горное дело зародилось вместе с человечеством. Когда 2,5 миллиона лет назад Человек умелый стал использовать орудия труда – первые каменные орудия. Производство и применение каменных орудий является главным признаком идентификации древнего человека.

В неолитическую революцию горное дело выделяется в отдельное ремесло. В палеометаллическую эпоху горное дело формирует важнейшие центры развития человечества: Балкано-

Карпатская и Циркумпонтийская металлургические провинции. Железный век и великий период античности в материальной основе обеспечивается успешным развитием горного дела.

В средние века горное ремесло приобретает статус горного искусства, особо почитаемого. Одним из знаменитых памятников поздней готики является церковь Св. Анны (XVI в.) в немецком городе Аннаберг-Бухгольц, расположенного в рудных горах Саксонии. Достопримечательностью церкви является Горный алтарь (худ. Ганс Хессе), на котором изображены процессы добычи и переработки серебряной руды, участие в них всех жителей горняцкой общины. Происходит зарождение горной науки – важная веха цивилизации. Георгий Агрикола, универсальный человек, гений эпохи Возрождения создает фундаментальный труд о горной науке «*De re metallica libri XII*», 1556 г.

В Новое время горное дело станет движущей силой Первой промышленной революции и успешным продуктом Второй промышленной революции.

В период Третьей промышленной революции горное дело максимально автоматизируется, человек, спустя 2,5 миллиона лет, начинает освобождаться от непосредственного использования орудия труда.

Время и история покажут, смогут ли киберфизические системы полностью интегрироваться в горное дело в грядущую эпоху Четвертой промышленной революции.

## **Глава 1. Возникновение и развитие горного дела в первобытном обществе каменного века.**

### **1.1. Период палеолита: развитие человека, появление каменных орудий труда, зарождение горного дела.**

Люди (род *Номо*) появились в Восточной Африке примерно 2,5 миллиона лет назад как ветвь более древнего рода обезьян *Australopithecus* (южные обезьяны). *Номо habilis* (человек умелый) – первый представитель рода *Номо*. Свидетельства использования орудий человеком появляются 2,5 миллиона лет назад. Именно производство и применение орудий считаются определяющим признаком, по которому археологи опознают древних людей. *Номо habilis* использовал первые каменные орудия – камни с острыми краями и отщепы от них. Такими орудиями можно было срезать ветку, снять шкуру, выкопать корень, расколоть кость. Зачатки горного дела, которые возникли в тот период, еще не представляли отдельный промысел в трудовом процессе *Номо habilis*. Горное дело возникло в самой примитивной форме. Оно состояло в собирании, отборе и откапывании камней. Первоначально камни собирались, вероятно, по руслам рек, на осыпях. После того, как были замечены преимущества кремня перед другими породами, первобытный человек от случайного собирательства перешел к поиску, а затем и выкапыванию нужного материала в выветренных меловых слоях. В местности, где кремня не было, собирались и откапывались другие подходящие для изготовления орудий каменные породы (кварцит, доломит).

Два миллиона лет назад древние люди стали расселяться по обширным пространствам Северной Африки, Европы и Азии. Человеческие популяции, обитавшие на обособленных территориях, стали развиваться в различных направлениях, в результате появились разные виды. В Европе и Западной Азии закрепился *Номо neanderthalensis* (человек из долины Неандр, неандерталец). На острове Ява обитал *Номо soloensis* (человек из долины Соло). Открытые пространства Азии осваивал *Номо erectus* (человек прямоходящий), этот самый устойчивый вид человека продержался 1,5 миллиона лет. На территории современного Алтая обитал *Номо denisova* (человек из Денисовой пещеры). В Восточной Африке развились виды *Номо rudolfensis* (человек с озера Рудольф), *Номо ergaster* (человек

работающий), почти два миллиона лет – примерно до VIII тысячелетия до н.э. – несколько человеческих видов существовали одновременно.

*Homo sapiens* (человек разумный), современный с анатомической точки зрения человек, появился примерно 150 тысяч лет назад в Восточной Африке. Примерно 70 тысяч лет назад *Homo sapiens* перебрался из Восточной Африки в Аравию, откуда человеческая популяция быстро распространилась по основной части Евразийского континента; 45 тысяч лет назад *Homo sapiens* достиг территории Австралии. Существует несколько теорий, почему *Homo sapiens* покорила мир и вытеснил все остальные виды людей.

*Homo sapiens* в период между когнитивной революцией (70 тыс. лет назад) и началом сельскохозяйственной революции (примерно 10 тыс. до н.э.) вели образ жизни охотников и собирателей. Происходит эволюция орудий труда. Совершенствуется искусство обработки камня. Из него делают крупные ручные рубила правильной формы, скребки, резцы. Рубила изготавливались из каменного желвака, который оббивался с двух сторон попеременными ударами. Такими орудиями человек мог рубить, резать, строгать, копать, охотиться. Постепенно начинается изготовление орудий для определенных целей, идет освоение новых приемов обработки камня – скола и ретуши.

Самые ранние орудия получили название Олдувайские орудия (рис. 1) по топониму ущелья в Танзании, где были обнаружены. Олдувайские орудия изготавливались из кусков прочных горных пород, таких как базальт, кварц и кварцит, их отбивали каменным молотком, чтобы получить острые режущие края.

Технология изготовления каменных орудий, развившаяся из олдувайской, называется ашельской. Ее самый характерный тип орудий – рубило, которое появилось примерно 1,65 млн. лет назад. Ашельское орудие (рис. 2) связывают с ранним человеком прямоходящим, его использование продолжается и у последующих видов.

Микроскопические повреждения режущих краев некоторых рубил предполагают, что они использовались для огромного разнообразия задач: рубка деревьев, разделка туш, выскребание шкур. Тщательность изготовления ашельских орудий, их симметрия, предвидение результатов деятельности, необходимое для их создания, знаменует значительный этап в эволюции разума человека.



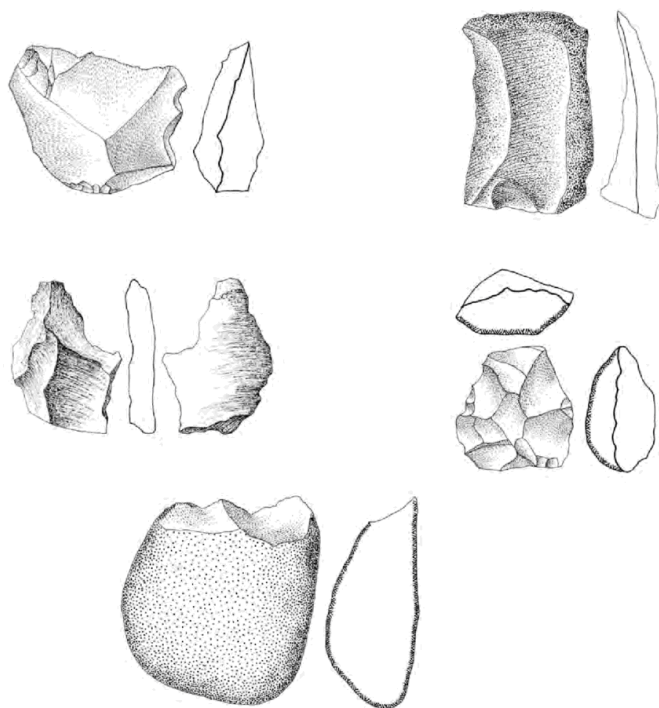


Рис. 1. Олдувайские орудия.

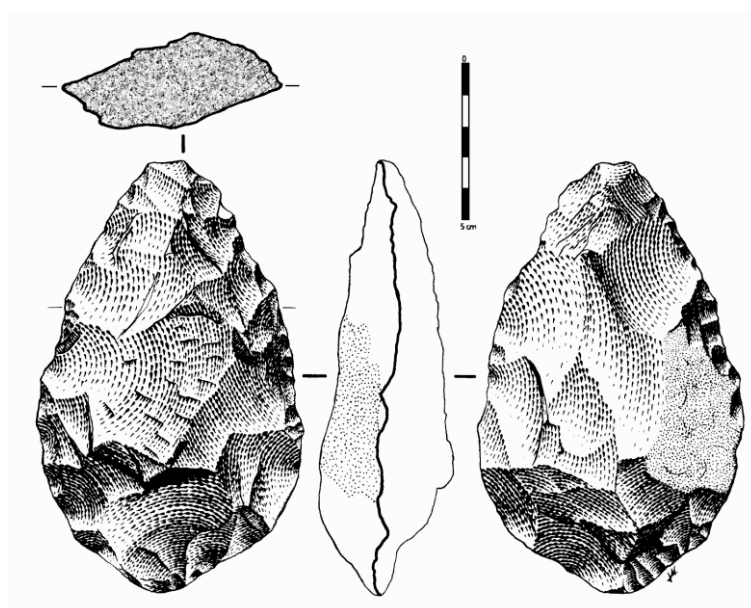


Рис. 2. Ашельское орудие.

С кремневого желвака вначале сбивалась верхушка. Затем последовательно со всех сторон равномерными ударами крупного камня-отбойника от него откалывались пластины с очень тонкими и острыми кромками. После этого рабочие (режущие) края пластин подвергались ретуши — дополнительной упрочняющей отделке мелкими сколами при нанесении частых, но относительно слабых

ударов.

Освоение огня древними людьми произошло около 300 тыс. лет назад, что стало переломным моментом в социальной эволюции человека. Были выработаны приемы искусственного получения огня путем высекания силой трения.

Растущие потребности древних людей привели к возникновению примитивного горного дела. В процессе собирательства, поисков, добычи, обработки и использования каменных материалов у человека складываются первые представления и знания о камнях. Прежде всего, человек стал различать камни по форме и весу. Позднее становится важной твердость камня, прочность с точки зрения пригодности для дальнейшей обработки.

Наряду с кремнем и другими видами камня для орудий, начинают добывать каменные плиты для очагов, замощения пещер. В это же время человек начинает добывать минеральные краски, каменную соль.

К концу периода палеолита (первый исторический период каменного века длившейся с начала использования первых каменных орудий гоминидами (род Номо) до начала аграрной (неолитической) революции) техника изготовления каменных орудий достигла высокого уровня. Именно в это время сложились формы многих предметов, которые потом станут делать из металла: наконечников копий, кинжалов, ножей. Эта характерная европейская форма технологии обработки кремня стала называться мустьерской культурой. Кроме кремня, кварца и обсидиана стали использовать и другие породы: гранит, песчаник, сланцы, железняк. Это стало возможным благодаря возникновению нового приема обработки. Постепенно прием скола вытеснялся отщеплением (отжимом) (рис. 3). При отщеплении получались пластины правильной призматической формы с тонкими острыми краями. Для придания краям пластин большей прочности стали применять метод отжимной ретуши. Он состоял в следующем: при надавливании отжимником на край кремневой заготовки на обратной стороне её, обращенной к наковалюне, отделялись такие тонкие пластинки, которые не могли получаться при контрударной ретуши.

Путем отжимной ретуши из призматических пластин выделялись ножи для резания мяса и выстругивания палок, шилья, проколки, сверла, резцы.

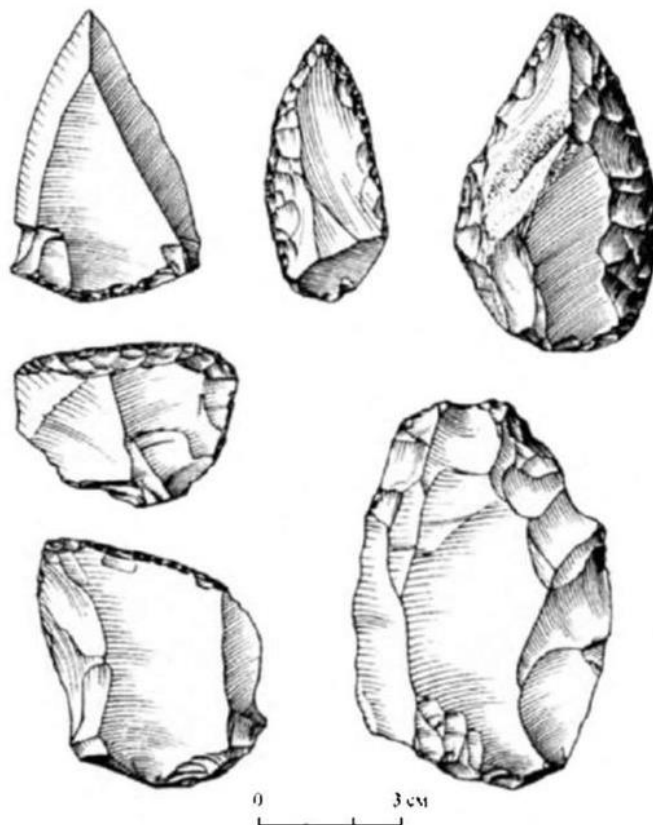


Рис. 3. Мустьерские орудия.

Гальки и валуны, встречающиеся на поверхности, были не пригодны для получения длинных и тонких пластин. Кремьень, находящийся на поверхности земли, в основном обезвожен, из него трудно изготовить высококачественные изделия. Люди постепенно начали добывать кремьень из недр.

В этот период стали широко применяться и костяные орудия — шилья, иглы, гарпуны, крючья.

К концу периода палеолита люди стали добывать и применять около 20 видов минералов и около десятка горных пород.

### **1.2. Период мезолита: совершенствование каменных орудий труда, переход от собирания каменных пород к их выкапыванию.**

Около 12 тысяч лет назад началась эпоха мезолита (средний каменный век), переходный период между палеолитом и неолитом. Продолжительность эпохи мезолита отличается для различных регионов. Так, для Ближнего Востока эпоха мезолита соответствует

периоду 12-9 тысяч лет назад, для Европы соответствует периоду 10-7 тысяч лет назад. Переход от палеолита к мезолиту связан с таянием ледников, изменением флоры и фауны, установление климата, близкого современному (смена эпохи плейстоцена голоценом).

В период мезолита происходит дальнейшее совершенствование каменных орудий и увеличение их типов (рис. 4). До сих пор изготавливались орудия, которыми человек пользовался, непосредственно зажимая их в руке. В дальнейшем развитие орудий пошло по пути сочленения двух тел: каменного бойка и костяной или деревянной оправы. Первыми составными орудиями были резцы, ретушеры, ножи. Далее появились топоры, рабочие лезвие имело вид полуовала и обрабатывалось плоской ретушью. Такой топор использовался в работе в сочленении с деревянной или костяной рукоятью.

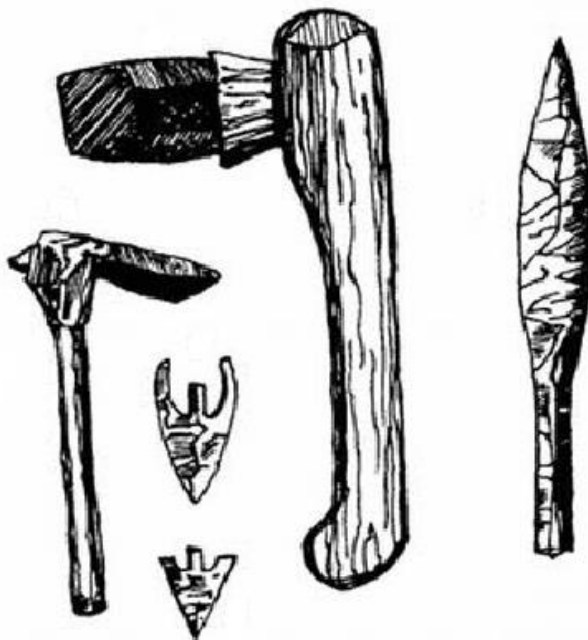


Рис. 4. Орудия эпохи мезолита.

Дальнейшее развитие составных орудий привело к созданию микролитов – небольших по размерам кремневых пластинок правильных геометрических форм, которые вставляли по несколько штук в костяную или деревянную оправу, проделав в ней желобок. Из небольших пластинок, укрепленных смолой в кости или деревянной палочке, получали наконечник копья, нож, пилу, серп, гарпун.

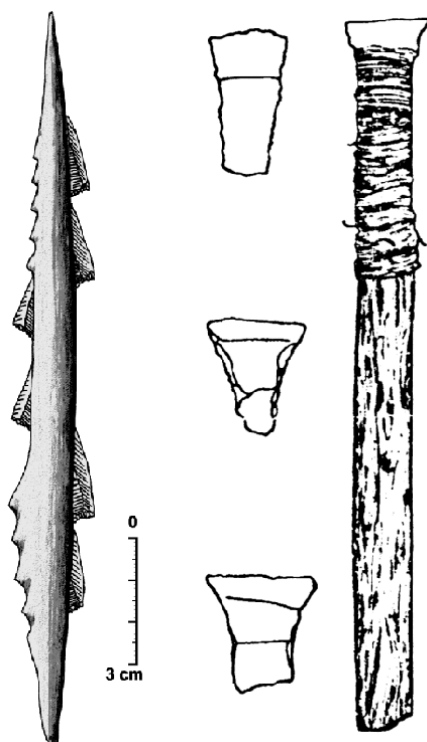


Рис. 5. Гарпун и стрела с вкладышами из микролитов.

Возросшие потребности заставили человека искать камни не только на поверхности, но и добывать невыветренный камень в меловых отложениях, под наносами. Это вело к усовершенствованию технологии горного дела. Совершенствование орудий труда позволило копать ямы, канавы, в шурфы.

### **1.3. Период неолита: неолитическая революция, совершенствование орудий для горных работ, появление первых шахт.**

Около 10 тысяч лет назад начинается новый каменный век, последняя стадия каменного века — период неолита. В разных регионах начало неолита варьируется. На Ближнем Востоке период неолита начался примерно 9500 лет до н.э.

Вступление в неолит соответствует переходу человечества от присваивающего типа хозяйства (охота и собирательство) к производящему типу хозяйства (земледелие и скотоводство). Завершение периода неолита датируется временем появления металлических орудий труда и оружия, то есть началом медного, бронзового или железного века.

Поскольку некоторые культуры Америки и Океании до сих пор не вполне перешли из каменного века в железный, неолит не является определенным хронологическим периодом в истории человечества в целом, а характеризует лишь культурные особенности тех или иных народов.

Переход к оседлому земледелию начался примерно 9500 лет до н.э. на территории Юго-Восточной Турции, Западной Персии, Леванта. Около 7 тысяч лет до н.э. город Чатал-Хююк насчитывал от 5 до 10 тысяч человек.

Период неолита характеризуется аграрной революцией, переходом к оседлому образу жизни, приручением диких животных. В неолите появляется первый искусственный материал, изобретенный человеком – огнеупорная глина. Зарождается ткачество. Постепенно стали выделяться группы людей, семьи, которые снабжали общину различными изделиями, возникает ремесло.

Возникновение ремесел, расширение производственной деятельности людей, их возросшие потребности привели к дальнейшему совершенствованию и дифференциации каменных орудий, среди которых важное место занимал каменный топор.

Совершенствование топора привело к новому способу соединения рубила с рукоятью – пробуравливанию каменной части топора и насаживании ее на рукоятку. Отверстия высверливались с помощью круглой палки или кости, полый внутри; при сверлении использовался песок. Этот способ сверления интересен для истории горного дела тем, что за много тысяч лет до нашего времени в примитивной форме применялись принципы бурения, положенные в основу работы современных буровых станков. Наряду с топором широко распространяются и другие деревообделочные инструменты: тесла, долота.

Развивалась техника изготовления каменных орудий: кроме сверления камень стали шлифовать и пилить. Шлифовались орудия или о плотную землю с кварцевым песком, или о песчаниковые плиты с мелкими зернами кварца. Для ускорения шлифовки на плиту стали подсыпать смоченный кварцевый песок. Для эпохи неолита характерно появление первых шахт, проходимых сквозь наносные породы (рис. 6). Эти шахты пересекали маломощные пласты мела с малым содержанием кремня и вели к пластам более богатым кремнем.

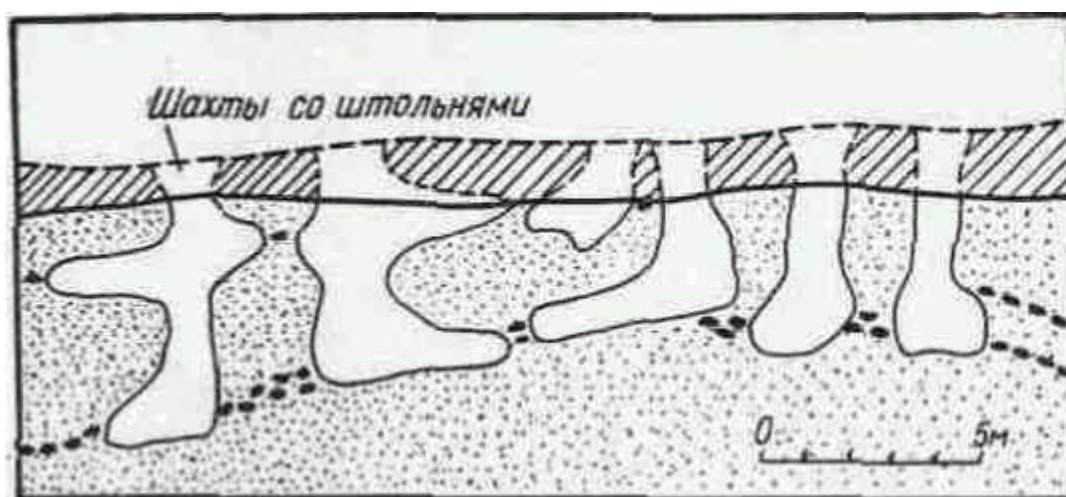


Рис. 6. Шахты эпохи неолита.

В ряде случаев пласты вскрывались при помощи двух выработок — вертикальной и наклонной. При разработке напластований кремня с выходами его на дневную поверхность проходились шурфы. Глубоко расположенные залежи, скрытые под слоем перекрывающих пород, вскрывались глубокими шахтами. Переход от разработки выходов кремневых залежей к вскрытию относительно глубоко лежащих пластов это важное достижение доисторического горного дела.

В эпоху неолита найдено наиболее отвечающее незакрепленному стволу (с точки зрения распределения давления пород) круглое сечение шахт. Затем был найден способ крепления при помощи ивовых прутьев. Шахты периода неолита достигали глубины 17 м. Шахтный ствол имел значительное расширение не только в устье, но и у основания. Последнее было связано со стремлением выработать пласт на возможно большем протяжении. Появился прототип горизонтальных подземных выработок. Чем глубже становились шахты, и чем больше труда затрачивалось на прохождение стволов, тем насущнее становилась необходимость развертывания горных работ в горизонтальном направлении по меловым отложениям, включавшим каменные желваки. Вместе с тем неумение крепить подземные горные выработки и отсутствие вентиляции значительно затрудняли развертывание фронта работ. Появляется комбинация вертикальной и наклонной выработок, что решало две задачи: облегчала выход на дневную поверхность и способствует проветриванию. Совершенствуются орудия горного дела, появляется кайло из оленьего рога и камня.

На протяжении каменного века постепенно закладываются основы горного дела. Человек в совершенстве овладевает методами обработки камня, изготовления из него орудий для горного дела. Проходятся первые шахты, появляется ремесло горняка.

**Вопросы для самопроверки:**

- 1. Период палеолита: этапы развития человека.**
- 2. Первые каменные орудия труда – олдувайские орудия.**
- 3. Технология изготовления ашельского рубила.**
- 4. Технология изготовления орудий мустьерской культуры.**
- 5. Возникновение и развитие горного дела в период палеолита.**
- 6. Период мезолита: совершенствование каменных орудий и увеличение их типов, развитие технологии горного дела**
- 7. Неолитическая революция**
- 8. Период неолита: совершенствование орудий труда, появление первых шахт.**



## **Глава 2. Горно-металлургическое производство в палеометаллическую эпоху (медный век; бронзовый век)**

В господствующей до второй половины XIX века Системе трех эпох Томсена выделялось 3 этапа: Каменный век, Бронзовый век и Железный век, причём Бронзовый век относился к периодам, когда основным материалом для производства орудий или оружия была либо медь, либо бронза. В 1881 году археолог Дж. Эванс указал, что использование меди часто предшествовало использованию бронзы. Разделяя эпоху Бронзового века на 3 этапа (раннего, среднего и позднего Бронзового века), он ввёл перед ними переходный этап для орудий из меди. В 1884 году Г. Кьеричи выделяет новый век – переходный от нового каменного века к бронзовому – и дает название энеолитика (медно-каменный век). Для обозначения медного века также применяются синонимичные термины: энеолит, халколит.

### **2.1. Медный век. Балкано-Карпатская металлургическая провинция.**

Медный век приблизительно охватывает период IV–III тысячелетия до н. э., но на некоторых территориях существовал и дольше, а на некоторых отсутствовал вовсе. Во времена энеолита были распространены медные орудия, но преобладали по-прежнему каменные.

Еще в конце неолита человек научился использовать самородную медь, которую он находил на окисленных сульфидных месторождениях. Начав обрабатывать куски меди так же, как камень, люди столкнулись с новым свойством – ковкостью. Первые орудия из меди изготавливались при помощи холоднойковки. Чистая медь уступала в твердости камню, но из нее можно было выковать орудия для работы с мягкими материалами – тканями, кожей. Так появились металлические иглы, шилья, рыболовные крючки, гвозди. Несовершенство технологий металлообработки и ограниченность месторождений, богатых медной рудой, доступной для лёгкой обработки, привела к тому, что наряду с медными орудиями повсеместно использовались и каменные. Низкое распространение меди в энеолите связано, в первую очередь, с недостаточным количеством

самородков, а не с мягкостью металла – в регионах, где меди было много, она быстро стала вытеснять камень. Несмотря на свою мягкость, медь имела важное преимущество – медное оружие можно было починить, а каменное приходилось делать заново. Также изделия из меди можно было изготовить быстрее и легче, чем из камня.

Существовало несколько культур, имевших свои центры добычи и обработки меди, которые около 4800-3600 гг. до н. э. сформировали систему Балкано-Карпатской металлургической провинции. Территория включала в себя «горно-металлургические» (добывающие) центры, располагавшиеся в зоне месторождений медной руды, и «металлообрабатывающие» центры, которые могли располагаться в отдалении от рудных месторождений. Ранняя технология металлообработки использует чистую медь, а не медные сплавы. Балкано-Карпатская металлургическая провинция занимала север Балкан, Карпатский бассейн, Северное Причерноморье, Среднее Поволжье.

Освоение металлов привело к росту производительности труда, изменению способа производства, разложению первобытно-общинного строя, появлению рабства и возникновению первых государств. Первые государства появились в IV тыс. до н.э. в Месопотамии, на юго-западе Ирана. В 3100 году до н.э. долина Нижнего Нила объединилась в первое Египетское царство. В 2250 году до н.э. Саргон Великий основал первую империю – Аккадскую. Изменение способа производства и появление государств резко увеличили потребность в металле.

## **2.2. Бронзовый век: ранний и средний этапы.**

### **Циркумпонтийская металлургическая провинция.**

#### **Открытие бронзы.**

Распад Балкано-Карпатской металлургической провинции относят к рубежу, отделяющему Медный век от Бронзового в 1-ой половине IV тыс. до н. э. На основе распавшейся археологической общности в середине IV тыс. до н. э. формируется новая Циркумпонтийская металлургическая провинция, доминировавшая на протяжении раннего и среднего бронзового века на территории Европы и части Азии.

Появление Циркумпонтийской металлургической провинции – результат значительных культурных перемен, в том числе бесслед-

ное исчезновение ярких энеолитических культур с расписной керамикой, разрушение системы Балкано-Карпатской металлургической провинции, мощная миграция древнейших индоевропейских племён, переселение которых охватило обширную зону вокруг Чёрного моря.

Первая фаза развития Циркумпонтийской металлургической провинции соответствует раннему бронзовому веку. Ареал включает в себя Среднюю Азию, Закавказье, Кавказ, Северное Причерноморье, Балканы. Характерные орудия труда: втульчатые топоры, черенковые ножи и кинжалы, шилья, долота с четырехгранным упором (рис. 7). Применяется технология отливки топоров в двусторчатые литейные формы открытого типа (рис. 8).

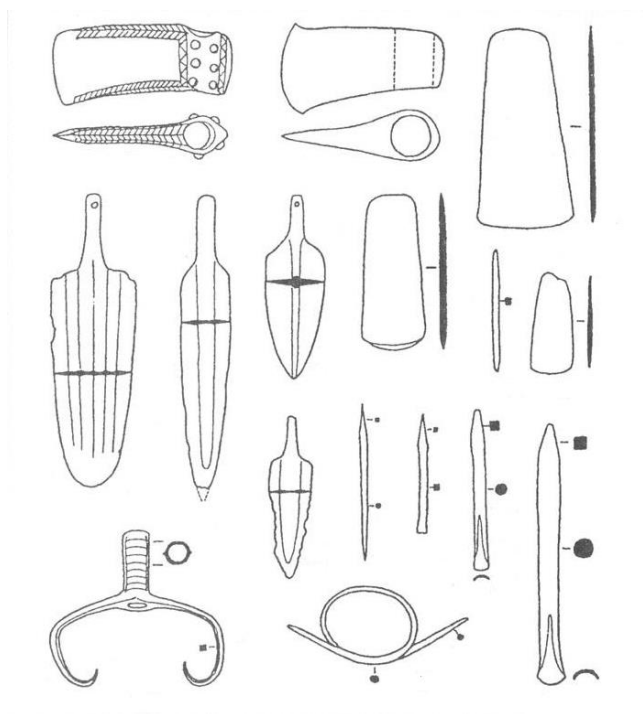


Рис. 7. Ранний бронзовый век – орудия труда.

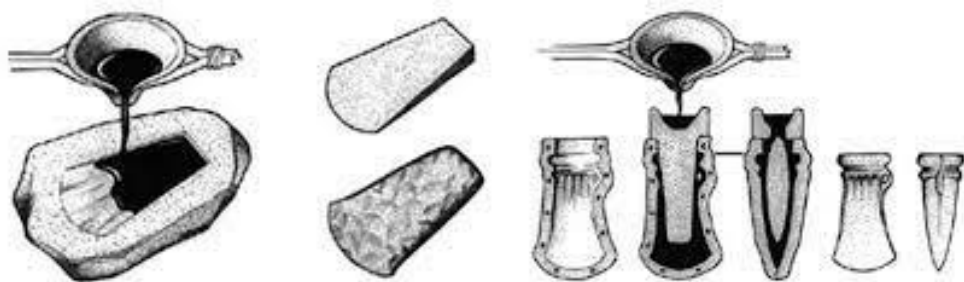


Рис. 8. Технология отливки топоров.

Из-за недостаточного количества самородной меди в Анатолии, где обнаружены самые древние металлические изделия, жителям пришлось осваивать технологию извлечения меди из минералов, содержащих медь. Для этого использовалась плавка. Открытие технологии плавки произошло благодаря высокоразвитому гончарному ремеслу, использования печей для обжига керамики.

Начинается широкое употребление сплавов меди с мышьяком, что по существу было гигантским шагом вперёд в техническом прогрессе (Кавказ, Анатолия). Исторически первой бронзой был именно сплав меди с мышьяком – так называемая мышьяковистая бронза (токсичный сплав). Добавка всего 0,5 % мышьяка заметно повышает твердость металла. Вместе с тем исследователи этой проблемы отмечают, что мышьяк мог оказаться в бронзе случайно, поскольку содержится в медной руде.

Со второй половины III тыс. до н.э. в качестве добавки к меди начинают пользоваться оловом (оловянная бронза). Она постепенно вытесняет мышьяковистую медь. Основным минерал олова - оловянный камень (касситерит) связан с медными рудами. Олово не может попасть в сплав случайно. Что касается цинка, то он - постоянный спутник медных руд, но при выплавке руды улетучивается. Только в конце I тыс. до н.э. ремесленники научились получать сплавы меди с цинком. Впоследствии этот металл, названный латунью, стал вытеснять оловянную бронзу. Бронза получила очень широкое применение. Из нее стали изготавливать ножи, орудия сельского хозяйства, деревообделочные инструменты, орудия горного дела, оружие (рис. 9). При всем преимуществе перед камнем бронза не могла его вытеснить из-за недостатка металла, поэтому изделия из камня в эпоху бронзы продолжали существовать – наконечники стрел, ножи, скребки, кузнечные молоты. В этот же период люди начинают добывать золото, серебро, драгоценные камни.

Во второй фазе развития ареал Циркумпонтийской провинции расширяется и включает в себя Европейскую часть современной России, восточное Причерноморье, Месопотамию, Иран.

В среднем бронзовом веке (2600—1900 вв. до н. э.) происходит расширение зоны, занятой металлоносными культурами. Циркумпонтийская металлургическая провинция включает территорию Южного Кавказа, Анатолии, Балкано-Карпатского региона, Эгейских островов. К западу от неё функционировали горно-

металлургические центры Южных Альп, Иберийского полуострова, Британских островов, к югу и юго-востоку металлоносные культуры известны в Египте, Аравии, Иране и Афганистане, вплоть до Пакистана.

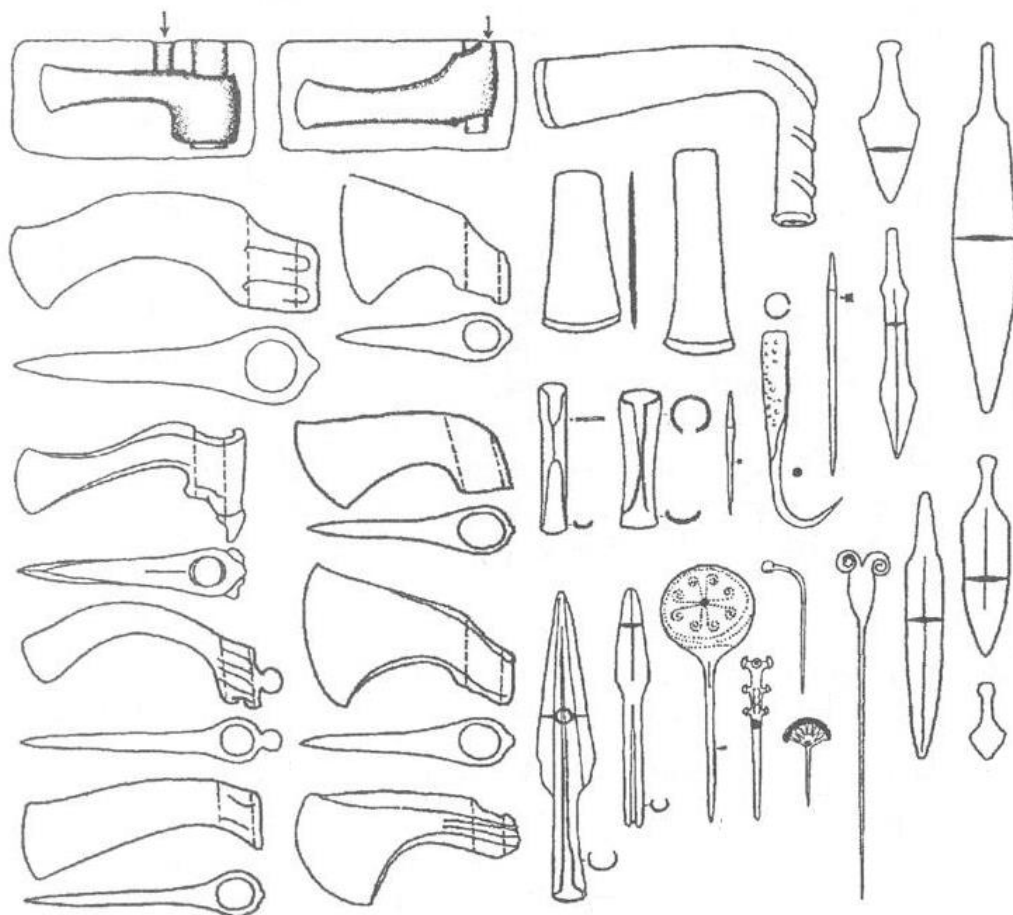


Рис. 9. Средний бронзовый век – орудия труда.

### 2.3. Поздний бронзовый век. Катастрофа бронзового века.

Началом позднего бронзового века является распад Циркумпонтийской металлургической провинции на рубеже III и II тысячелетий до н. э., формируется цепь новых металлургических провинций, в разной степени отразивших важнейшие черты горно-металлургического производства Циркумпонтийской провинции.

Наиболее крупной была Евразийская степная металлургическая провинция. К ней с юга примыкала малая по площади, но отличающаяся особым богатством и разнообразием форм изделий, а также характером сплавов, Кавказская металлургическая провинция

и Ирано-Афганская металлургическая провинция. От Саяно-Алтая до Индокитая распространились производящие центры сложной по характеру формирования Восточно-Азиатской металлургической провинции. Европейская металлургическая провинция занимала территорию от Северных Балкан до Атлантического побережья Европы. С юга к ней примыкала Средиземноморская металлургическая провинция.

В период 1206-1150 годов до н. э. происходит катастрофа бронзового века: крушение Микенской цивилизации (Греция), Хеттского царства (Анатолия и Сирия), ослабление Египетской империи, упадок Месопотамии, Кипра, Леванта. Распадаются или видоизменяются культуры практически на всём пространстве от Атлантического до Тихого океана. Изменяется общественный уклад; происходит утрата многих производственных и культурных традиций, письменности; угасание торговых путей; разрушение всех крупных государств и многих городов. Существует несколько теорий причин коллапса бронзового века: засуха, голод, тектоническая активность, миграции, набеги, системный кризис, изменения в способах ведения войны (совершенствование и использование оружия из бронзы).

В течение нескольких столетий до X-VIII вв. до н. э. происходят переселения народов, освоение новых территорий. Начинается переход к раннему железному веку.

## **2.4. Технология горного производства в бронзовый век.**

В бронзовом веке выделяют два основных этапа в развитии горного дела: открытая разработка месторождений полезных ископаемых и подземная разработка. Первые открытые горные разработки представляли собой добычу руд металлов из верхних горизонтов месторождений посредством ям глубиной от 2 до 5 м и диаметром 10-50 м. В ходе раскопок обнаруживают целые поля, системы ям. Рядом находились отвалы пород. При пологом залегании жилы выработка имела наклон. Открытые горные работы могли достигать значительных масштабов. Древний медный карьер в районе города Орска (Южный Урал) достигал 120-130 м длины и 15-20 м ширины.

По мере возрастания потребности человека в металле и по мере уменьшения возможности добывать металл на поверхности, развивается подземная добыча полезных ископаемых. Работы начинались на поверхности открытым разрезом воронкообразной или вытянутой формы шириной 1-5 м. Затем делались забои – дудки глубиной до 70 м. Пустая порода шла в отвал.

При выходе рудного пласта на поверхность склона разработка велась штольнями, длина которых доходит до 60-70 м. В местах добычи руды от штольни проходили камеры (общая высота 2-3 м). При крутом падении рудного пласта работа производилась уклонами. При выходе нескольких небольших жил на крутой склон горы разработка велась по всему склону снизу вверх, пустая порода сбрасывалась на пройденные участки. Появились новые орудия труда. Наряду с кайлом появилась кирка. Начинает практиковаться проведение предварительных врубов с последующей клиньевой отбойкой породы.

Чтобы преодолеть твердую породу, на поверхности жилы или уже в забое разводили костер. Раскаленную породу поливали водой. Использовалась или грунтовая вода, или доставляемая в забой в кожаных мешках, деревянных ведрах. Огонь способствовал растрескиванию горного массива, обливание разрушало породу. В образовавшиеся в результате действия огня и воды трещины с помощью больших каменных молотов, скрепленных с деревянной рукоятью, забивали деревянные или бронзовые клинья (рис. 10). Разрушенная порода выбиралась, и пожар повторялся.

Молоты для забивания клиньев весили 5-7 кг, длина их 20-30 см. Они имели в сечении вид неправильного четырехугольника. Для откалывания породы также применялась кайла весом до 5 кг. При открытых горных работах применялись двусторонние кирки. При проходке шахт для искусственного освещения использовалась лучина или масляные лампы.

Происходило примитивное обогащение полезных ископаемых – дробление, измельчение. После сортировки руду деревянными лопатами насыпали в кожаные мешки или деревянные корыта и выносили на поверхность. Обогащение на поверхности осуществлялось на основе использования разности удельного веса различных пород. После этого обогащенная руда доставлялась к месту плавки.

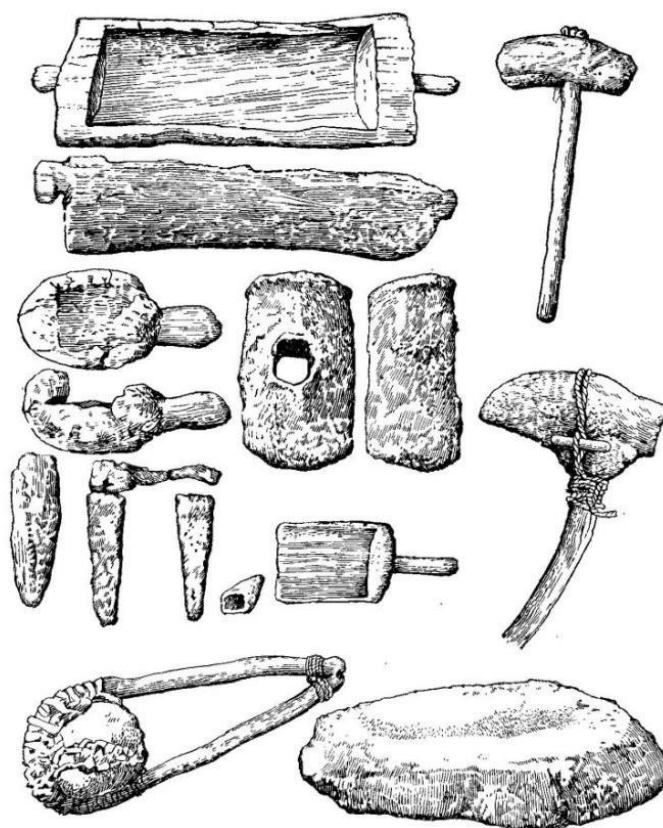


Рис. 10. Орудия для добычи полезных ископаемых.  
Бронзовый век.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Палеометаллическая эпоха. Технология горного дела.
2. Медный век. Балкано-Карпатская металлургическая провинция.
3. Бронзовый век. Циркумпонтийская металлургическая провинция. Открытие бронзы.
4. Поздний бронзовый век. Катастрофа бронзового века.



### **Глава 3. Железный век (II тыс. до н.э. – I в. н.э.).**

#### **Развитие горного дела в античном обществе.**

#### **Техника и технология добычи железной руды.**

#### **3.1. Железный век.**

Развитие горного дела в условиях рабовладельческого строя достигает новых высот в античном обществе. Освоен новый способ прямого получения железа из руд.

Первые письменные свидетельства добычи и переработке руд связаны с Анатолией и относятся к III тыс. до н.э. Но добыча железных руд и выплавка железа не получили широкого распространения на протяжении нескольких следующих столетий по следующим причинам: железо широко не использовалось вследствие мягкости получаемого материала; трудности добычи.

Началом железного века считают XVI в. до н.э., когда в Закавказье к северу востоку от Арарата было получено первое сварное железо. Этому способствовали изобретение в Египте в середине II тыс. до н.э. искусственной воздуходувки и открытие методов поверхностной закалки железа. Разработка и плавка медной руды в бронзовом веке стали базой для плавки железной руды.

Наступление железного века привело к важным изменениям в укладе жизни человека. Железо сделало возможным полеводство на более крупных площадях, расчистку под пашню широких лесных пространств. Железный топор, плуг с железным лемехом повысили производительность земледелия.

На базе железной металлургии быстро развивались другие ремесла. Железо стало использоваться для изготовления домашней утвари и высокохудожественных изделий. Железо использовали для изготовления оружия (рис. 11).

Многие племена и даже целые народы начали специализироваться на горнорудном производстве и металлургическом ремесле. Племена кельтов (галлов), обитавшие на территории современных Франции, Бельгии, Северной Италии в I тыс. до н.э., не только осваивали месторождения и выплавляли металл, но и отличались высоким мастерством в изготовлении оружия. Кельты в 390 г. до н.э. разгромили римскую армию вблизи Рима, взяли и разграбили город.

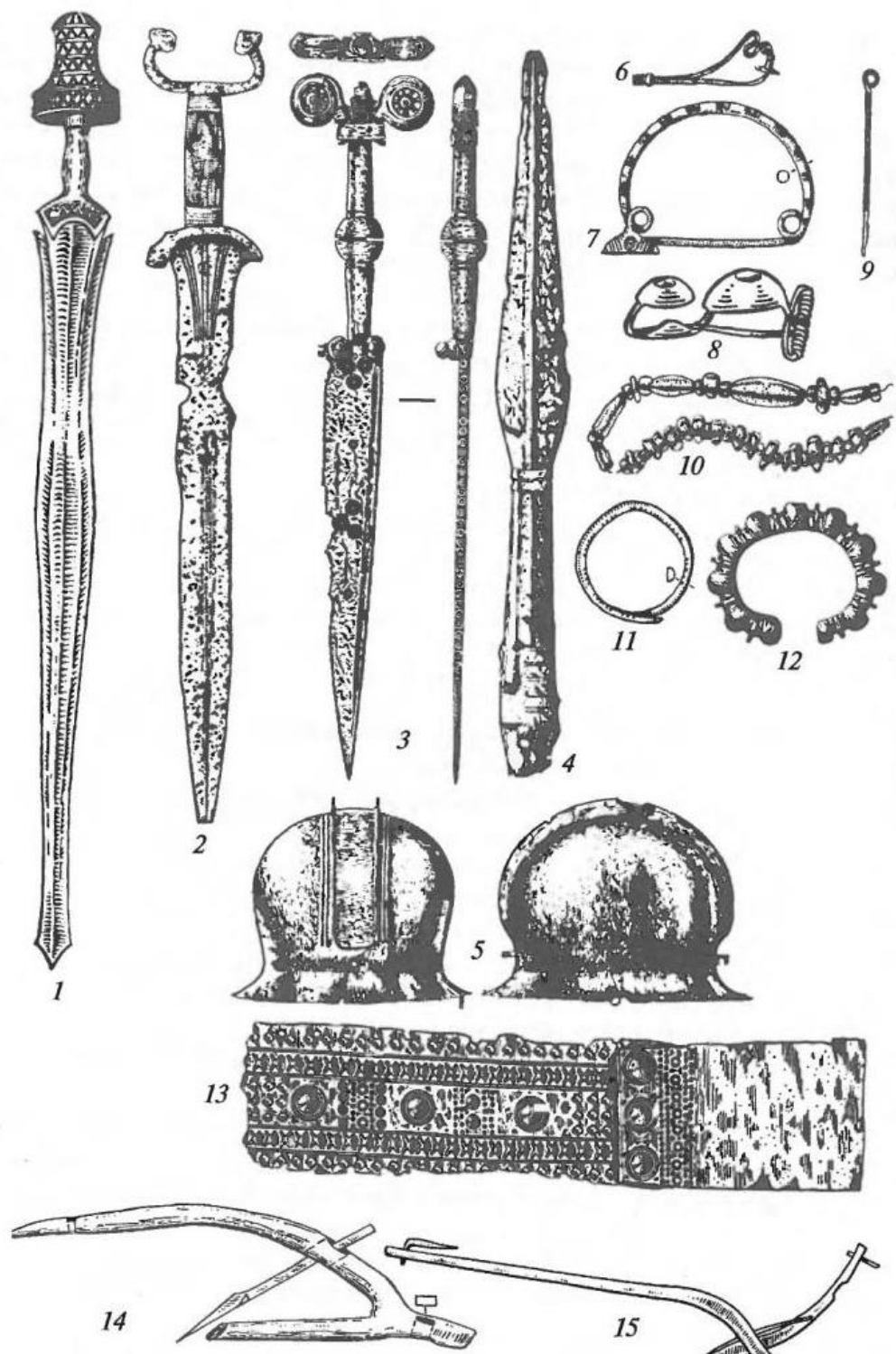


Рис. 11. Ранний железный век. Вооружение, украшения и орудия труда:  
 1-бронзовый меч; 2-железный меч; 3-железный кинжал с бронзовой рукоятью  
 и золотыми вставками; 4-железный наконечник копья; 5-бронзовый шлем;  
 6,8-фибулы со змеевидной, дуговидной и литавровидной дужкой; 9-бронзовая  
 булавка; 10-ожерелье из янтарных бус; 11,12-бронзовые браслеты;  
 13-бронзовая поясная пряжка; 14-плуг; 15-соха.

Изменение хозяйственной деятельности людей на основе использования железных орудий и оружия привело к росту производительности труда и дальнейшему расцвету рабовладельческого строя. Основой производственных отношений в развитых рабовладельческих государствах являлась полная собственность рабовладельца на средства труда и на производителя труда – раба. Освоение железа, интенсификация труда позволили производить товары на продажу.

В начале I тыс. до н.э. в Закавказье возникает государство Урарту. На территории Средней Азии возникают государства: Хорезм, Бактрия, Парфия. На побережье Средиземного моря возникают рабовладельческие государства античного мира: Греция, Рим, Карфаген. Между 1000 и 500 годами до н.э. на Ближнем Востоке образуются великие империи: Позднеассирийская, Вавилонская, Персидская.

Важным результатом наступления железного века стало образование западноевропейского центра мировой цивилизации. В течение I тыс. до н.э. здесь сложилась одна из высочайших культур человечества – античная.

В рамках античной культуры развивались основы естествознания, в том числе учения о полезных ископаемых. Первые сведения о минералах сохранились в поэмах Гомера и Лукреция, в наследии Аристотеля, Плиния старшего. В этих трудах приводятся сведения более чем о 670 минералах.

Появление античных государств, развитие культуры и хозяйственной деятельности людей способствовали росту объемов производства железа и освоению новых месторождений руд. Также расширяется добыча цветных и благородных металлов, соли, мрамора, строительного камня, нефти на выходах на поверхность.

### **3.2. Техника и технология добычи.**

Рабовладельческая система хозяйства создала крупное для своего времени концентрированное производство, осуществила кооперацию огромного количества людей. Созданные ими материальные памятники горного дела и сегодня поражают своим масштабом.

Совершенствование железоделательного производства привело к созданию сложных орудий труда. Замена каменных и бронзо-

вых орудий на железные позволила усовершенствовать технологию горных работ: возрастают темпы проведения горных выработок, их глубина и протяженность.

По назначению выработки подразделялись на разведочные, эксплуатационные и вспомогательные. С помощью разведочных горных выработок выясняли характер залегания полезного ископаемого. Как правило, они имели меньшую площадь сечения, чем эксплуатационные выработки, и после разведки не использовались. Эксплуатационные выработки предназначались для извлечения из недр земли полезного ископаемого. Вспомогательные выработки делились на вентиляционные, водоотливные, транспортные.

Сечение выработки в пустых породах — от 0,6 м до 0,8 м ширины и от 0,6 м до 1 м высоты. Такие размеры выработок характерны для рудников, где велась добыча металлических руд.

Шахты на Лаврийских рудниках (рис. 12) в Греции имели площадь сечения 2 м на 1,9 м. Глубина колебалась от 35 м до 119 м, общая длина всех галерей, штолен и штреков достигала 150 км. На испанских рудниках в Андалусии глубина шахт достигала 200 м.

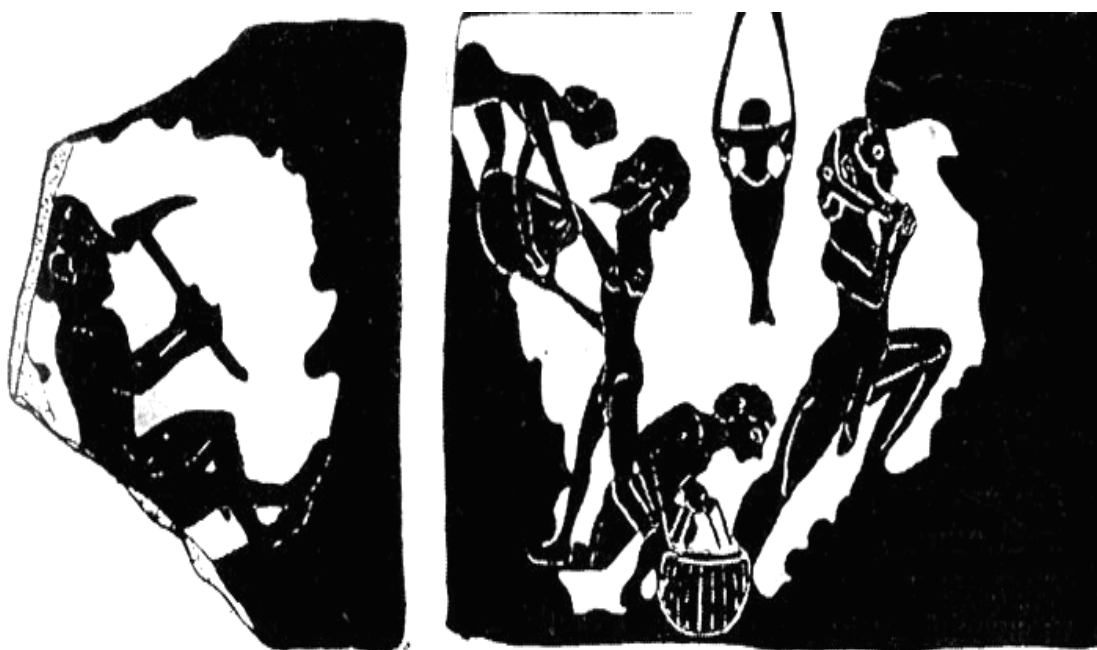


Рис. 12. Добыча серебряных руд на рудниках Лариона VI в. до н.э. (изображение на коринфских табличках).

Проходка горных выработок включала следующие виды работ: отбойку породы, транспортировку её на поверхность, крепление выработок, их освещение, вентиляцию и водоотлив.

Проходка мягких пород выполнялась с помощью лопаты и кайлы. Породы средней прочности проходили с использованием кувалды, лома, клиньев. Часто прочность породы уменьшали за счет ее нагревания. Твердые породы преодолевали огневым способом.

Для работы в открытых каменоломнях использовали железные клинья. Глыбу, подлежащую выемке, отделяли от массива бороздкой, ширина и глубина которой составляла 6-9 см. Затем в бороздках на равных расстояниях друг от друга пробивали отверстия для клиньев. Если работа велась с помощью железных клиньев, то глыбу выламывали при одновременном вбивании клиньев в отверстия. При использовании деревянных клиньев их плотно забивали в отверстия, а затем поливали водой. Клинья разбухали, и глыба откалывалась от пласта.

Набор орудий, используемых в горном деле, был невелик: лопата, кайла, молот, клинья, зубило, лом, кувалда. Эти инструменты изготавливали из закаленного железа.

Доставка породы или руды на поверхность была одной из наиболее трудоемких операций в горных работах. Руду выносили на поверхность на руках и спине, в корзинах или кожаных мешках. Руду приходилось вытаскивать в полусогнутом состоянии, ползком, почти в полной темноте. Простейшее устройство – салазки применяли только в подземных каменоломнях, так как иначе извлечь из выработки большие целики было невозможно. Стали применяться простейшие подъемные приспособления типа ворот с бадьей.

Горные выработки крепились следующими способами:

- оставление охранных целиков – массива горной породы, не тронутых при отработке месторождения или проходке горноразведочных выработок с целью предотвращения обрушения кровли;
- крепление с помощью каменных столбов (сооружалось из обломков пустой породы, откалываемой от массива);
- использование дерева, прутьев и тростника для крепления выработок кратковременного назначения;
- крепление с помощью деревянных столбов.

Выработкам придавалась такая форма, которая обеспечивала их высокую устойчивость (откосы в поверхностных выработках, сводо- и куполообразная форма галерей).

Горные выработки освещались естественным (при открытых работах) или искусственным (при подземных) способами. Освеще-

ние было весьма слабым. В Древнем Египте около 12 в. до н. э. при глубине подземных выработок до 36 м в качестве источника света использовали солнечные лучи, направляемые с помощью зеркал в горные выработки. Но солнце нагревало и воздух до высоких температур.

Светильниками служили небольшие глиняные лампы, в которые наливали органическое или минеральное масло. Такой светильник мог гореть в течение 10 часов. Нередко по времени горения светильника определялась продолжительность смены. Светильники также использовали для проверки наличия газа в выработках. Светильники устанавливали в специальных нишах, которые часто встречаются в древних горных выработках.

Самым первым приемом принудительного проветривания было использование полотнища, которым размахивали перед устьем штольни, создавая движение воздушной массы. Для вентиляции в шахтных стволах или шурфах устраивались вентиляционные перегородки, которые делили их на две части. Внизу перегородок имелись отверстия. Если в одной части выработок зажигали огонь, то начиналась циркуляция воздуха. Иногда проходились шахты-близнецы, сообщающиеся внизу через горизонтальные выработки. Одна из таких шахт являлась вентиляционной. В горизонтальных и наклонных выработках, которые пересекались как шахтами, так и между собой, чаще всего ограничивались естественной вентиляцией.

При проходке выработок большое значение имел водоотлив. Удаление воды осуществлялось следующими способами:

- самотеком по специальным каналам, если выработка имела наклон в сторону устья;
- вычерпыванием и переноской вручную в емкостях;
- откачкой с помощью водоподъемных средств с ручным приводом.

Специальные водоотливные устройства стали применяться на рудниках с III в. до н.э. Это было новым достаточно важным техническим усовершенствованием на горных работах. Устройства были сконструированы в виде колес и архимедова винта.

Большое значение для геологоразведочных и горных работ в античный период имеют крупномасштабные карты и планы. Об умении древними специалистами составлять достаточно точные

планы и схемы свидетельствует сооружение на о. Самосе водопровода Эвпалия. Этот водопровод был проложен в тоннеле, прорытом в горе. Высота горы составляла 270 м, длина тоннеля равнялась 1250 м, его сечение имело размеры 2,5 м на 2,5 м. Под этим тоннелем по всей длине прокопали канал глубиной 9 м и шириной около 1 м. В город по трубам была проведена вода от одного источника. Тоннель рыли с обоих концов горы одновременно, обеспечив точную сбойку двух выработок.

### **3.3. Поиск минералов в древности.**

Первым дал описание древней технологии геологоразведки и некоторых минералов поэт древней Эллады Гомер XII-XI вв. до н.э.

Он упоминает 16 названий минерального сырья. В поэмах Гомера содержатся сведения о таких геологических процессах, как землетрясения и обвалы, о подземных источниках воды и родниках, приводятся названия районов и стран, где добывают те или иные металлы, описываются способы применения хорошо известного в то время рычага, метод получения бронзы.

Начало поиска полезных ископаемых началось с открытием металлов. Первые находки скрытых полезных ископаемых происходили без какого-либо вмешательства человека, а исключительно за счет стихийных процессов – обвалов, пожаров, землетрясений.

Постепенно накапливаемый опыт позволил отметить ряд природных явлений и признаков, сопутствующих залежам ПИ.

Так при поисках руды обращали внимание на иней. Он образуется на всей поверхности, кроме участков под которыми находится руда. Рудная залежь выделяет тепло, над ней растет низкая трава и определенные виды грибов. Деревья над рудными залежами высыхают, и их часто выворачивает с корнем ветер.

По подобным признакам в древности вели и поиск грунтовых вод, чтобы затем в этих местах рыть колодцы.

Еще более 2000 лет назад римский поэт Витрувий дал геоботанические признаки распространения близ поверхности подземных вод, которые широко используются и в наше время.

Для поиска воды и рудных жил еще во II-I тыс. до н.э. использовался биофизический эффект. При помощи рудоискательной лозы – особого прута, поворачивающегося под влиянием рудной жилы.

Агрикола упоминает, что рудоискательной лозой пользуются хитроумные люди, умеющие в нужный момент управлять ею, а обнаружение рудных жил происходит случайно. Тем не менее, этот метод применяли вплоть до конца XIX века. Вполне вероятно, что рудоискатель использовал естественные признаки присутствия рудных жил, а сама лоза служила лишь атрибутом.

После того как рудоискатель тем или иным способом обнаружил место возможного присутствия руды, приступают к разведке. Для этого роют шурфы, которыми стараются пройти слой наносов и достигнуть коренных пород. Если рудной жилы в этом месте не обнаружено, то приходится прокапывать ответвления (рвы); если опять ничего не обнаружено, то переходят на другое место.

Большое значение при поисках ПИ имеют значение сопутствующие им горные породы.

Аристотель дает первую классификацию минеральных ископаемых: земли, камни, руды. В III веке классификация содержит уже 8 видов минеральных ископаемых. В I веке до н.э. Плиний выделяет уже 300 различных минералов.

Планомерную разведку вели лишь на крупных месторождениях. Таких, как Лаврийские рудники (крупнейшее месторождение серебра в античном мире) на территории Греции XI в до н.э. На этих рудниках обнаружено около 2000 древних разведочных шахт.

Разведочные работы выполнялись только для выявления направления дальнейшей добычи и обычно они велись параллельно с разработкой месторождения.

Известно, что в I в н.э. начались гидрогеологические и инженерно-геологические исследования, но такие изыскания велись в основном визуально с использованием накопленного опыта и применялись простейшие приборы и устройства.

### **3.4. Геодезическая и геологическая картография.**

Первыми появились географические карты, которые сначала служили военным, а затем экономическим целям. Первым составителем географической карты был древнегреческий ученый Анаксимандр V век н.э. Но одна из древнейших карт, которую можно считать геолого-разведочной – это карта золоторудного месторождения



древнего Египта XIV в до н.э. Вавилонская карта мира (глиняная табличка), самая ранняя из сохранившихся карт мира (VI до н. э.), является символическим, а не буквальным представлением местности. Она намеренно опускает некоторые народы, такие как персы и египтяне, которые были хорошо известны в Вавилоне. Земля изображается как круг, окружённый водой, соответственно религиозным представлениям вавилонян о мире.

Примеры изображений из древнего Египта довольно редки, однако сохранившиеся карты показывают высокий уровень древнеегипетских картографов в геометрии и хорошо развитые методы измерений, которые, возможно, стимулировались необходимостью повторно устанавливать точные границы частной собственности после ежегодных разливов Нила. Туринская папирусная карта, датируемая 2500 г. до н. э., показывает горы к востоку от Нила, где добывалось золото и серебро, шахтёрские лагеря, колодцы и сеть дорог, связывающих этот регион с центральным Египтом. Уникальность этой карты заключается в надписях на карте, точной ориентации и использования цвета.

### **3.5. Маркшейдерское дело и геодезия.**

Первые упоминания о геодезических измерениях относятся к эпохе античности. При строительстве дорог, сооружений были обязательны проектирование, расчеты и топографический план.

До VI века до н.э. геодезическая съемка велась с помощью землемерных цепей. Для угловых измерений использовали круг, разделенный на равные промежутки. В труде «Диоптрика» (I в. н.э.) Гиерон Александрийский описывает прибор диоптер – предшественник теодолита, приводит правила топосъемки, дает решение задачи проведения горных выработок встречными забоями.

В конце XII века в Европе стал известен магнитный компас, а первый компас появился в Китае 2500 лет до н.э.

До появления компаса в Европе измерение горных выработок велось с помощью шнуров, землемерных цепей и примитивных уровней.

### **3.6. Обогащение полезных ископаемых.**

На первом этапе древний человек в ручную отбирал рудные массы из общей массы горной породы – производил ручную сортировку. С началом добычи металлов необходимо было раздробить породу и изъять из нее ценные металлы. Так возник один из первых методов обогащения – гравитационный.

Около V тыс. до н.э. человек познакомился с золотом и серебром. Уже тогда научились промывать золотоносный песок. Процесс обогащения руд велся вблизи горных разработок и первоначально известен был сухой метод обогащения, при котором руду отделяли от пустой породы и дробили каменными молотками. Позднее стали применять мокрый способ обогащения. Раздробленную руду засыпали в деревянные лотки с водой.

В III тыс. до н. э. известна система обогащения, включающая цикличное дробление, сеть обогатительных установок со сложной системой промывки россыпей.

На Лаврийских рудниках (максимальный уровень производства в V-IV вв. до н.э.) применялась ручная сортировка руды, а затем ее истирание и промывка водой с помощью примитивных устройств; использовали сухое просеивание и с промывкой руды; применяли грохоты и мельницы.

Миф древней Греции о золотом руне связан с применяемым методом обогащения золотоносного песка: промывание на бараньих шкурах.

#### **Вопросы для самопроверки:**

- 1. Железный век. Развитие горного дела в античном обществе.**
- 2. Техника и технология добычи железной руды.**
- 3. Поиск минералов в эпоху античности**
- 4. Античность. Геодезическая и геологическая картография.**
- 5. Железный век. Маркшейдерское дело и геодезия.**
- 6. Железный век. Обогащение полезных ископаемых.**

## **Глава 4. Горное производство в средние века (VI-XVI вв. н.э.). Технология ведения горных работ. Зарождение горной науки.**

Средние века – период истории Европы и Ближнего Востока, следующий после античности и предшествующей Новому времени. Античность переходит в Средневековье после падения Западной Римской империи, а именно после переворота Одоакра в 476 году. Долгое время шла дискуссия об определении верхней границы средневековья: начало книгопечатания Гуттенберга (первая половина XV века), падение Византийской империи (1453 г.), открытие Америки (1492 г.), начало Реформации (1517 г.). Российская, немецкая и английская историография относят окончание Средневековья к концу XV в. – началу XVI в.

Выдающимся трудом результирующим многовековой опыт горного дела является труд немецкого ученого, основоположника горной науки Георга Агрикола (1494-1555) «О горном деле и металлургии в 12 книгах» (1556 г.). Здесь отражены достижения человечества в горном деле в период средних веков: технология горного дела, геологические и маркшейдерские изыскания, обогащение полезных ископаемых, вентиляция и водоотведение, строительство подземных выработок, горное право.

Фундаментальные работы Георга Агриколы: «О горнорудном деле» (1530 г.); «О горном деле и металлургии в 12 книгах» (1556 г.); «О происхождении и причинах подземных веществ»; «О природе того, что вытекает из земли»; «О новых и старых металлах»; «О природе ископаемых».

В пятой книге «О горном деле и металлургии» Г. Агрикола подробно рассматривает технологию вскрытия и подготовки месторождений (рудных тел, жил, пластов, штоков) и добычи полезных ископаемых, а также очень подробно изучает маркшейдерские работы на рудниках. В шестой книге Г. Агрикола описывает орудия труда шахтеров, средства водоотведения, транспортирования горной массы, правила безопасности ведения горных работ.

До начала разработки месторождения было необходимо получить разрешение на ведение горных работ у бергмейстера, в обязанности которого входило производить отводы месторождения.

Для выполнения горных отводов были разработаны четкие правила и ответственность за соблюдение владельцем границ отвода, правила ведения горных работ. Бергмейстер имел власть над всеми горняками, он имел право штрафовать, выполнял надзорную функцию за горным производством.

Бергшрейбер (горный секретарь) вел реестр (кадастр) всех горных предприятий с записью с ведений о владельце и самом предприятии, гегеншрейбер (делопроизводитель) вел учет совладельцев паев горного предприятия, следил за экономической деятельностью предприятий.

Оперативное руководство на предприятии вели штейгеры, которые распределяли работу между наемными рабочими, увольняли и принимали на работу, решали трудовые споры, выдавали орудия труда, обучали рабочих. Работы велись в три смены по 7 часов с часовыми перерывами. Третья ночная смена организовывалась только в исключительных случаях по причине своей неэффективности.

Открыв рудную жилу, горняки приступали к проходке ствола или штольни, проходили несколько стволов на одну штольню с целью обеспечения надежной вентиляции и сокращения расстояний транспортирования горной массы (рис. 13).

Поперечные размеры стволов составляли 3,5 м на 1,5 м, а штолен – 2,5 м на 1,5 м. Для определения контуров залежи из стволов и штолен проходили разведочные орты до границ жилы. Штольни проходили двойным забоем: верхний забой опережал нижний. Орты называли полевыми или разведочными штреками (квершлагами), которые Г. Агрикола называл темными выработками, т.к. они не имели выходы на поверхность. С целью детальной разведки проходили системы вертикальных и наклонных стволов. Георг Агрикола подробно рассматривает экономическую целесообразность добычи отдельных руд и металлов в зависимости от их качества и объема: золота, серебра, меди, ртути, железа, висмута, олова, свинца, мрамора; описывает признаки богатых и бедных руд.

Для выбора средств отбойки руды Г. Агрикола дает классификацию руд по крепости, разделяя их на мягкую, крепкую, более крепкую и весьма крепкую руду. Мягкую руду рудокопы отбивали кайлой, крепкую руду – ударами молота по железному орудию первого рода. Руды, которые не отбивались железными орудиями, разрушали с помощью огня. Костры в выработках зажигали, если они

не создавали опасность для соседних рудников. В образовавшиеся в руде трещины вставляли тонкие клинья или пластины и молотами вбивали их до тех пор, пока руда не откалывалась. При этом особое внимание оказывалось системе дутья для создания условий горения дров и проветривания выработок после сгорания костров.

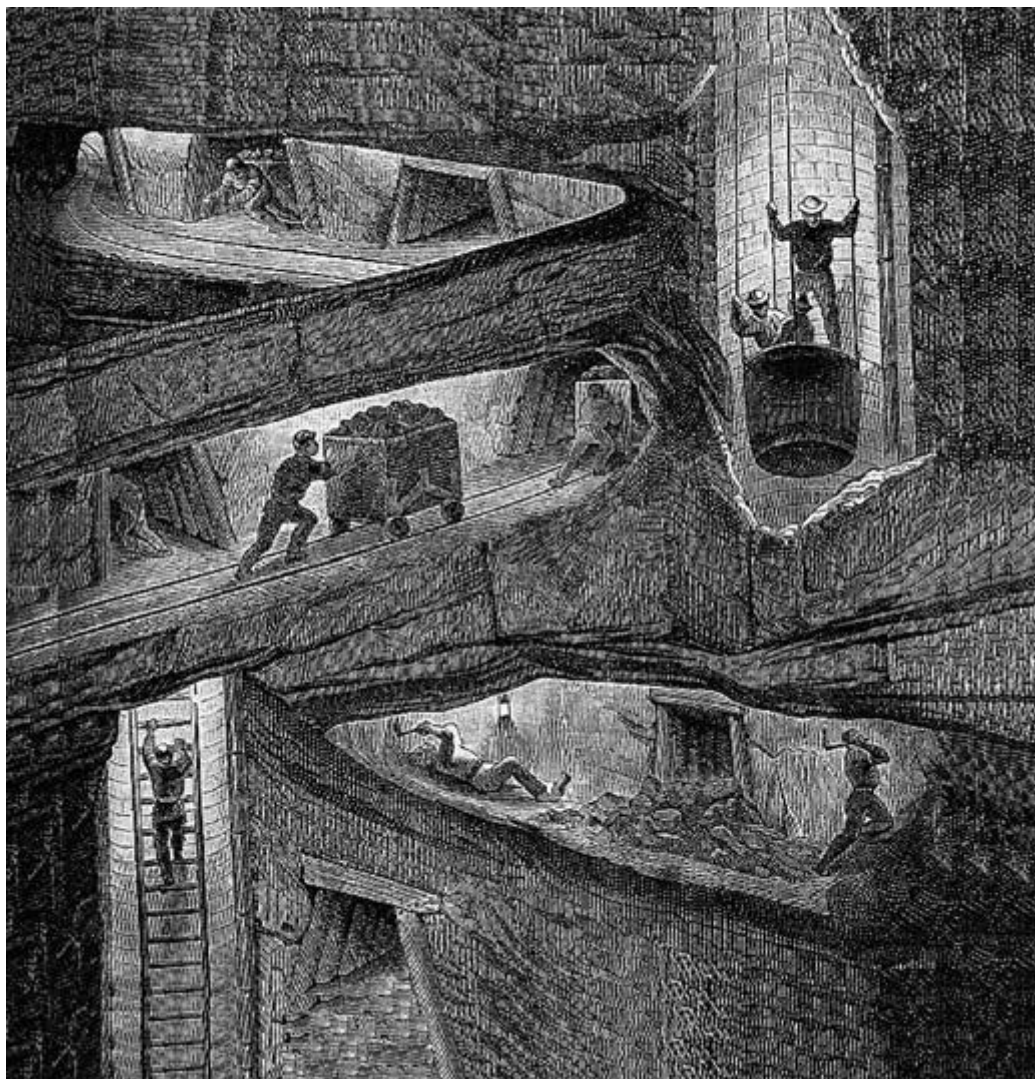


Рис. 13. Симонен Л. Жизнь под землей. Шахты и шахтеры.

Отбитую руду грузили в бадьи и транспортировали по стволу вверх или до ближайшей штольни (рис. 14). Для транспортировки руды в тачках на лежнях устанавливали настил, а под ним организовывали водоотводную канавку. В неглубоких стволах бадьи поднимались машинами (воротами), приводимыми в движение людьми, а в глубоких – лошадьми. Для транспортировки руды на поверхности использовали ящики на колесах, которые тащили лошади. В зимний период руду спускали с гор в мешках, уложенных на сани с

извозчиком. Первым прототипом подъемной машины был ворот с ручным приводом. Большим шагом вперед стало изобретение зубчатой передачи.

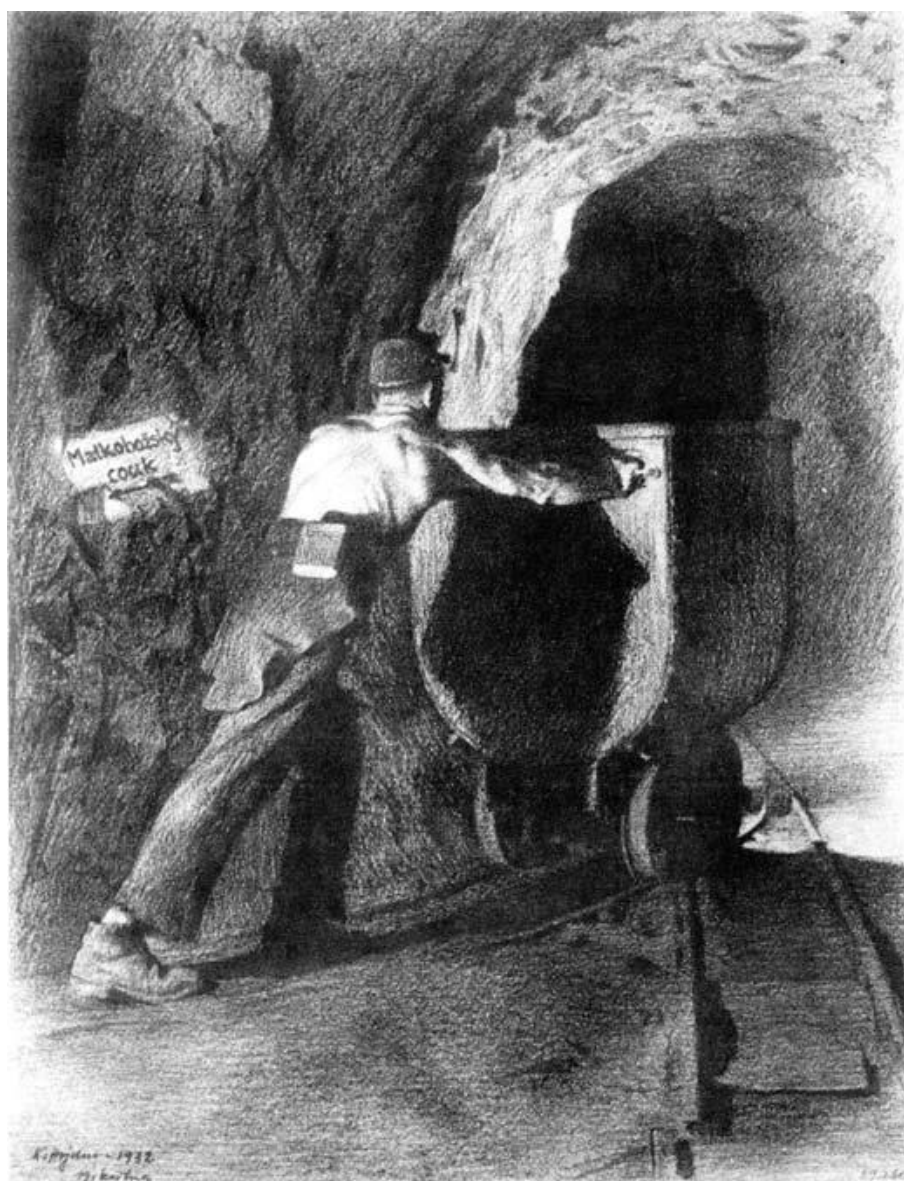


Рис. 14. Карл Гойден. Рисунок из цикла «Горняцкие песни».

Воду из выработок откачивали машинами, приводимыми в движение людьми. В качестве емкостей использовали водоливные бадьи или кожаные мешки, а в штольнях устраивали водоотливные канавки. В глубоких стволах проветривание осуществлялось принудительно по деревянным трубам воздушными мехами, приводимыми в движение людьми. В тех случаях, когда штольни сбивались со стволами, рудники проветривались за счет естественной тяги.

Стволы различали двух родов: первый глубиной менее 20-25 метров и второй – до 170 м. Стволы второго рода проводились только вертикально и по ним с помощью каната поднимали отбитую руду и породу, устанавливали машины для водоотлива, приводимые в движение лошадьми.

Крепление стволов независимо от глубины производилось в крепких породах не сплошное, но отдельными рамами. В стволе устанавливали лестницы для спуска людей, лестничное отделение отшивалось от грузового отделения горбылями, чтобы защитить людей от кусков породы, падающих при транспортировании горной массы. Рабочие спускались по наклонным выработкам на сырой коже, по вертикальным – с помощью ворота и специального седла.

Перед началом проходки подземных выработок сначала удаляли плодородный слой почвы, что одновременно позволяло уточнить положение рудных жил под рыхлыми породами (рис. 15).

Г. Агрикола в трудах особое внимание уделяет маркшейдерскому искусству. Подробно описывает порядок ведения геодезических и маркшейдерских изысканий. Маркшейдеры определяли границы земельных отводов на дневной поверхности и проецировали их под землю с тем, чтобы не нарушать границы выделенных горных отводов. Маркшейдеры определяли место сбойки стволов и штолен, определяли расстояния от забоя ствола или штольни до места встречи (сбойки) забоев. В основе маркшейдерских изысканий лежал метод триангуляции и метод подобия треугольников.

Добытые руды подвергались металлургическому переделу. Широко применялся анализ руды на примеси. Были известны технологии сортировки, дробления, предварительного накаливания, измельчения пестами, истирания в порошок, просеивания, промывки, обжига (окислительного) и прокаливания руд. Особое значение придавалось подготовке руд к плавке. К 16 веку в Европе накоплен большой опыт обогащения и переработки различных руд.

Эффект использования огня в качестве средства поражения и разрушения заставлял людей изыскивать способы увеличения его мощности. Это привело к открытию зажигательного состава, компоненты которого до сих пор неизвестны – греческого огня.

Греческий огонь был изобретен в 637 г. в Константинополе. Этим огнем был полностью уничтожен флот арабов, осаждавших Константинополь, и после этого греческий огонь был объявлен гос-



ударственной тайной. Греческий огонь бросали в воду, на корабли врага в трубках и шарах. Позже секретный состав был передан арабам. К 15 веку греческий огонь был известен многим народам. Но его состав до сих пор неизвестен. Предполагается, что между изобретением греческого огня и открытием пороха имеется прямая связь, но это не доказано.

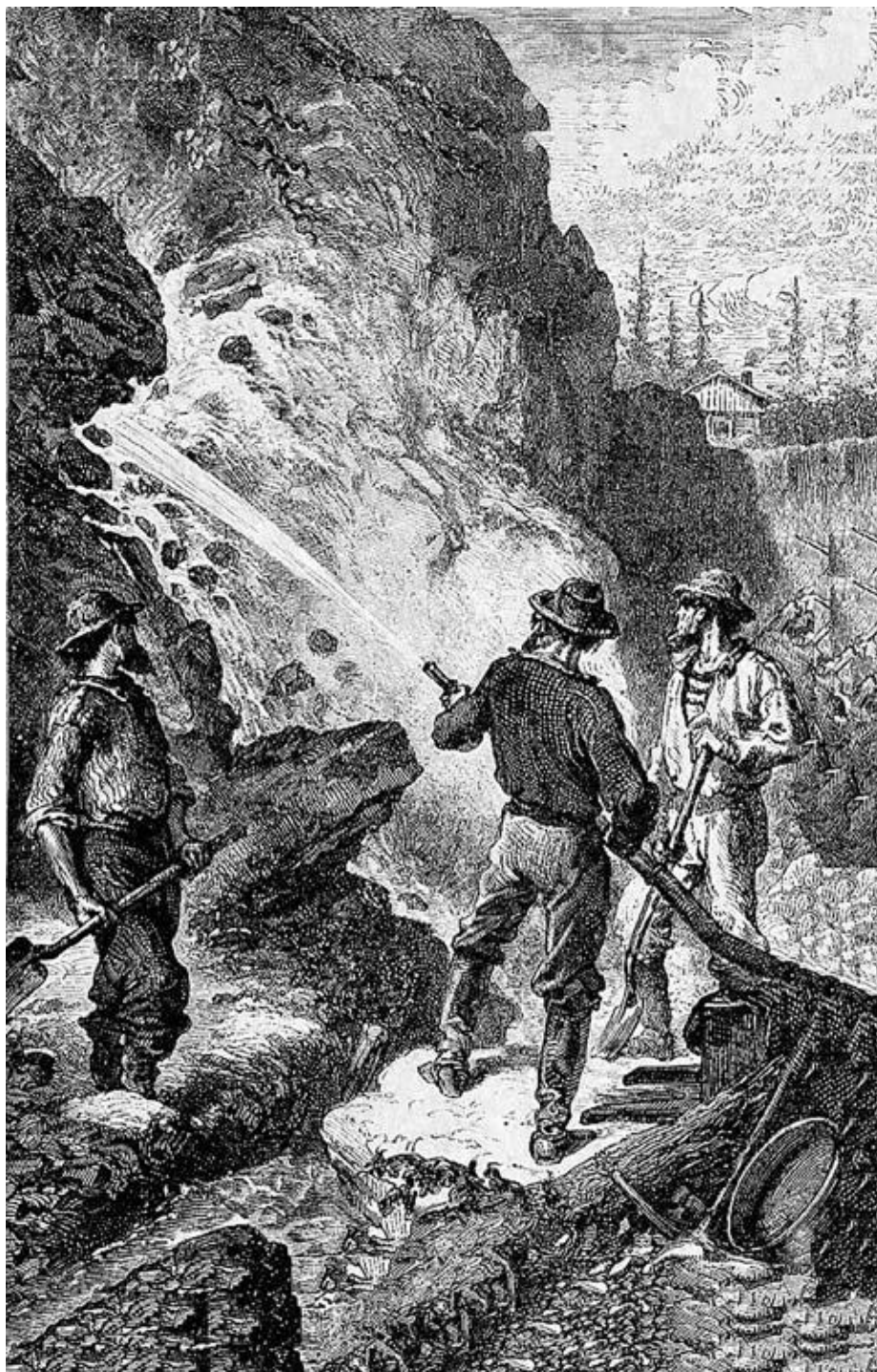


Рис. 15. Л. Симонен. Путешествие в шахты Корнуолла.



Дымный порох на протяжении многих веков был единственным известным человечеству взрывчатым веществом. В 618 году (за 12 веков до открытия греческого огня) китайцы уже знали взрывчатые свойства пороха, но использовали его для фейерверков. С течением времени порох и ракеты получили у китайцев и военное применение. В Европу порох проник после открытия Великого шелкового пути между двумя империями – китайской и римской. Упоминание об изготовлении и применении пороха европейцами отнесено к 1247 г. На Руси порох появился в конце 14 века. Впервые в подрывном деле в Европе порох был применен в 1439 году при осаде Белграда.

Для этого под крепостными стенами рыли подкоп и крепили его деревянными стойками так называемые минные камеры, а затем стойки подрывали и крепостная стена обрушалась. В России первые мощные пороховые заряды были взорваны в 1552 году при осаде Казани Иваном Грозным.

**Вопросы для самопроверки:**

- 1. Горное производство в средние века (VI-XVI вв. н.э.).**
- 2. Зарождение горной науки. Фундаментальные работы Георга Агриколы.**
- 3. Технология ведения горных работ в средние века.**

## **Глава 5. Горное дело в Новое время (XV-XX вв.). Первая промышленная революция (XVIII-XIX вв.).**

Новое время (Новая история) – период в истории человечества, находящийся между Средневековьем и Новейшим временем. Началом Нового времени называют Реформацию (1517 г.), открытие Нового Света (1492 г.), падение Константинополя (1453 г.) – в разных историографиях начальный рубеж Нового времени варьируется. Завершение событий Нового времени связано с Первой мировой войной (1914-1918 гг.). В период Новой истории происходит возникновение новой цивилизации, экспансия европейской цивилизации в другие районы мира.

Внутри эпохи Нового времени выделяют два этапа: Раннее Новое время (XVI-XVIII вв.) и Долгий XIX век (1789-1914 гг.).

Долгий XIX век – исторический период, начавшийся Великой французской революцией и завершившийся Первой мировой войной. Главной особенностью данного периода было доминирование империй в мире. В результате Первой мировой войны были ликвидированы Германская, Российская, Австро-Венгерская и Османская империи.

Раннее Новое время охватывает период XVI-XVIII веков. Завершаются феодальные междоусобицы, характерные для средних веков, переход к централизованному государственному управлению.

В период Раннего Нового времени происходит революция в науке – возникновение современной науки. Открытия в таких областях науки, как математика, физика, астрономия, биология, анатомия, химия, коренным образом изменили взгляды на природу и общество. Научная революция в Европе началась ближе к концу эпохи Возрождения (XV-XVI вв.) и продолжалась вплоть до конца XVIII века, став базисом эпохи Просвещения (XVII-XVIII вв.). Начало научной революции связывают с публикацией в 1543 г. фундаментальных трудов: Николая Коперника «О вращении небесных сфер» и Андреаса Везалия «О строении человеческого тела»

Научная революция включает в себя не только получение принципиально новых представлений об окружающем мире благодаря научным открытиям, но и изменение представления учёных о том, как эти открытия надо делать.

Если в Средневековье преобладали отвлечённые логические рассуждения и философские аргументы, то в Новое время ключевым для новой науки стал эмпирический подход. Для нас сейчас он естественен, но признан он был только в XVII веке, а распространился лишь в XVIII веке.

Теоретическое обоснование новой научной методики принадлежит Френсису Бэкону, обосновавшему в своём «Новом органоне» переход от традиционного дедуктивного подхода (переход от общего умозрительного предположения или авторитетного суждения к частному, то есть факту) к подходу индуктивному (от частного эмпирического факта переход к общему, то есть к закономерности).

Известнейшие учёные, внёсшие вклад в научную революцию: Леонардо да Винчи, Галилео Галилей, Иоганн Кеплер, Исаак Ньютон, Рене Декарт, Пьер Ферма, Блез Паскаль.

Вспомним основные события Нового времени. Великие географические открытия – период в истории человечества, начавшийся в XV веке и продолжавшийся до XVII века, в ходе которого европейцы открывали новые земли и морские маршруты в Африку, Америку, Азию и Океанию в поисках новых торговых партнеров и источников товаров, пользовавшихся большим спросом в Европе.

Колонизация Америки – это длительный процесс завоевания европейцами территории Северной и Южной Америки, проходивший с момента открытия этой части света в 1492 году до конца XVIII века.

Реформация – массовое религиозное и общественно-политическое движение в Западной и Центральной Европе XVI–XVII вв., направленное на реформирование католического христианства.

Тридцатилетняя война (1618-1648 гг.) – первый в истории Европы военный конфликт, затронувший в той или иной степени практически все европейские страны, и последовавший Вестфальский мир.

Английская революция XVII века – процесс перехода в Англии от абсолютной монархии к конституционной, при которой власть короля ограничена властью парламента, а также гарантированы гражданские свободы. Революция открыла путь к промышленному перевороту в Англии и капиталистическому развитию страны.

Семилетняя война (1756-1763 гг.) – крупный военный конфликт XVIII века, один из самых масштабных конфликтов Нового времени. Война за независимость США (1775–1783 гг.)

Промышленная революция (промышленный переворот, Великая индустриальная революция) — массовый переход от ручного труда к машинному, от мануфактуры к фабрике, произошедший в ведущих государствах мира в XVIII – XIX веках.

Основным следствием промышленного переворота являлась индустриализация – переход от преимущественно аграрной экономики к промышленному производству, в результате которого произошла трансформация аграрного общества в индустриальное.

Промышленный переворот происходил в разных странах не одновременно, но в целом считается, что период, когда происходили эти изменения, начинается от второй половины XVIII века и продолжается в течение XIX века. Характерной чертой промышленной революции является стремительный рост производительных сил на базе крупной машинной индустрии, а также утверждение капитализма в качестве господствующей мировой системы хозяйства.

Промышленная революция совпала не просто с началом массового применения машин, но и с изменением всей структуры общества. Она сопровождалась резким повышением производительности труда, быстрой урбанизацией, началом быстрого экономического роста и увеличением жизненного уровня населения.

Начавшись в Великобритании, промышленная революция, пройдя по странам Европы и США, позволила на протяжении жизни всего лишь 3-5 поколений перейти от аграрного общества (где большинство населения вело натуральное хозяйство) к индустриальному обществу.

Успех промышленной революции в Англии был основан на нескольких инновациях, появившихся к концу XVIII в. Промышленная революция началась в текстильной промышленности – прядение нити из хлопка на прядильных машинах Аркрайта (1769 г.), Харгривса и Кромптона. Впоследствии сходные технологии были применены для прядения нити из шерсти и льна.

Изобретение парового двигателя Джеймсом Уаттом и запатентованная им в 1775 году паровая машина первоначально использовалась в шахтах для откачивания воды.

В черной металлургии каменноугольный кокс пришел на смену древесному углю. Теперь коксующийся уголь использовали не только при изготовлении передельного чугуна в доменных печах, но и для получения ковкого чугуна, в том числе при пудлинговании, изобретенном Генри Кортон в 1783 г.

Во второй четверти XIX в. в России начался период подготовки к внедрению машинного производства в ведущих отраслях промышленности и транспорта, что явилось завершающим этапом создания предпосылок промышленной революции в России. Промышленная революция в России в конце первой половины XIX века носила крайне острый и противоречивый характер, что было обусловлено многообразием социально-экономических укладов огромной по территориальным масштабам страны. Развитие капиталистического уклада в России сопровождалось процессом разложения феодальных отношений и тормозящим влиянием господствующего на тот момент в России класса помещиков-крепостников. Промышленный переворот в России начался в 1830-1840 гг., когда были созданы, практически с нуля, технически передовые для того времени текстильная и сахарная промышленность и началось техническое перевооружение металлургии. Интенсивно индустриализация в России шла после 1891 года, когда развитие русской экономики курировал С.Ю. Витте.

### **5.1. Фундаментальные научные труды горной науки (XVIII-XIX вв.).**

Труд Михаила Васильевича Ломоносова «Первые основания металлургии или рудных дел» (1763 г.) является одним из первых изданий по горному делу на русском языке, поэтому автору пришлось разрабатывать терминологию горной науки.

Пятая часть труда посвящена отделению металлов и минералов из руд. В ней подробно изложены способы дробления, рудоразборки, измельчения, мокрого обогащения. Ломоносовым разработана схема подготовки руд к плавке; подробно рассмотрены формы нахождения золота в рудах и его ассоциации с другими минералами. Дана единая система приемов и методов обогащения, основанную на характерных особенностях руд, а не на привычках и традициях, сложившихся на отдельных заводах. Серьезное внимание он

уделял вопросам механизации производственных процессов и задач техники безопасности.

В главе «Об измерении рудников» подробно рассмотрены маркшейдерские инструменты. Разработан общий метод маркшейдерских съемок для решения многих практических задач.

М. В. Ломоносов впервые высказал мысль об изменчивости природы, длительности, непрерывности и периодичности геологических процессов. Положил начало учению о поисковых признаках полезных ископаемых, разработал графический метод отработки результатов съемки висячими маркшейдерскими инструментами, занимался вопросами оценки месторождений.

В трактате «О слоях земных» М. В. Ломоносов рассматривает геометрическую правильность вида кристаллов не только признаком внешнего их облика, но и результатом внутреннего строения и роста кристаллов.

Работа «О слоях земных» положила начало геологической науке в нашей стране. Ученый изложил в ней свои взгляды на строение земной коры, происхождение горных пород и встречающихся в них окаменелостей и полезных ископаемых, на образование гор, причины перемещения суши и моря.

До М. В. Ломоносова ученые считали каменный уголь горной породой, пропитавшейся каким-то «угольным соком». Такого мнения придерживались некоторые геологи даже в начале XIX века. Между тем еще в XVIII веке Ломоносов доказывал, что ископаемый уголь, подобно торфу, образовался из растительных остатков, покрытых впоследствии пластами горных пород. Необходимо отметить, что Ломоносов первый указал на образование нефти из остатков организмов. Эта мысль получила подтверждение и признание только в XX веке.

Шлаттер Иван Андреевич, выдающийся ученый горной науки. В 1760 г. возглавил Берг-коллегию. Его государственная деятельность сочеталась с составлением учебных пособий и руководств, которые до середины XIX в. широко использовались инженерно-техническим персоналом рудников и заводов.

В фундаментальном труде «Обстоятельное наставление рудному делу» автор рассматривал горное дело без металлургии и геологии, что свидетельствовало дифференциации горной науки. В книге подробно изложены сведения о горно-обоганительной тех-

нике, обобщаются способы разработки каменного угля (впервые в мировой литературе).

Узатис Алексей Иванович (1814-1875 гг.), выдающийся ученый горной науки. В 1843 г. публикует фундаментальный труд горной научной школы, основу горной науки «Курс горного искусства». Труд содержит 11 глав и атлас с 24 чертежами. Указывая на задачи, стоящие перед горным делом, А. И. Узатис отметил две главные: извлечение из недр полезных ископаемых; обогащение полезных ископаемых.

Глава, посвященная обогащению, содержит две части: вопросы рудного обогащения и вопросы промывки золотых песков. В труде рассмотрены способы поисков полезных ископаемых, дано определение о месторождения и условиях залегания полезных ископаемых, подробно изложены способы разработки крутопадающих пластов, определены понятия почвы и кровли пласта.

А. И. Узатис дал научную классификацию горных работ, дал описание различных инструментов, их характеристики и способы ведения работ. Отдельный раздел посвящен изысканию и детальной разведке россыпей. Классифицированы горные выработки по их назначению. Впервые применен математический анализ к решению задач горного дела. Рассмотрены вопросы горной крепи, водоотлива, вентиляции, безопасности работ, фундаментальные вопросы горной механики.

## **5.2. Горнотехническое образование (XVIII-XIX вв.).**

Организации первых высших горных заведений началась в Европе в первой половине XVIII в. и была связана с возросшей потребностью горной промышленности в высококвалифицированных технических руководителях.

В 1762 г. В пражском университете открылась кафедра «Академия металлуржика». Первое в мире высшее горное учебное заведение, названное Горной академией, открылось в 1765 г. во Фрайберге (Саксония), затем открыты высшие учебные горные заведения в Мадриде (1777 г.), Париже (1783 г.); Льеже (1836 г.), горные академии в Вене (1848 г.), в Берлине (1861 г.). В 1863 г. при Колумбийском колледже открылась первая горная школа в США.

Началом создания первых горных учебных заведений в России считается отправленное в 1702 г. Петром I указание Никите Демидову о постройке в городе Невьянск горной школы. В 1715 г. открывается горнозаводская школа при Олонецком заводе в Петрозаводске. В 1716 г. открывается горно-металлургическое училище в г. Яхимов.

21 октября 1773 г. в Петербурге открывается первая высшая русская техническая школа – Горное училище. В 1804 г. Горное училище переименовано в Горный кадетский корпус и уравнено в правах с университетами. В 1833 г. корпус переименован в Горный институт, в 1834 г. – в Корпус горных инженеров. С этого времени в России устанавливается звание горного инженера. В 1906 г. было принято новое положение о Горном институте, ставшим открытым высшим техническим заведением гражданского типа.

В России вторым крупным горным заведением был Екатеринославский горный институт (ныне Днепропетровск).

### **5.3. Развитие горной технологии**

Значительное развитие горного дела связано с началом применения пороха для взрывных работ при проходке подготовительных горизонтов и наклонных выработок. Бурение шпуров в крепких породах для взрывания проводилось вручную.

Для поддержания очистного пространства ставилась деревянная крепь, оставлялись целики, выработанное пространство закладывалось пустой породой. Основной системой разработки месторождений полезных ископаемых подземным способом являлся почвоуступный забой, удобный для проведения взрывных работ. Горнотехническая литература XVIII века содержит описание системы разработки короткими столбами. В Англии в XVIII веке возникает система разработки мощных пластов. Подлежащее разработке поле делилось на несколько участков, каждый вырабатывался системой коротких столбов, со всех сторон оконтурен целиками угля. В целиках делались проходы в количестве и размерах, необходимых для откатки и проветривания очистных забоев. По окончании выемки угля оконтуренный участок изолировался при помощи газонепроницаемых перемычек, возводимых в проходах предохранительных участков. Здесь была использована идея изолированного выемочно-



го участка, получившая впоследствии широкое распространение (рис. 16).

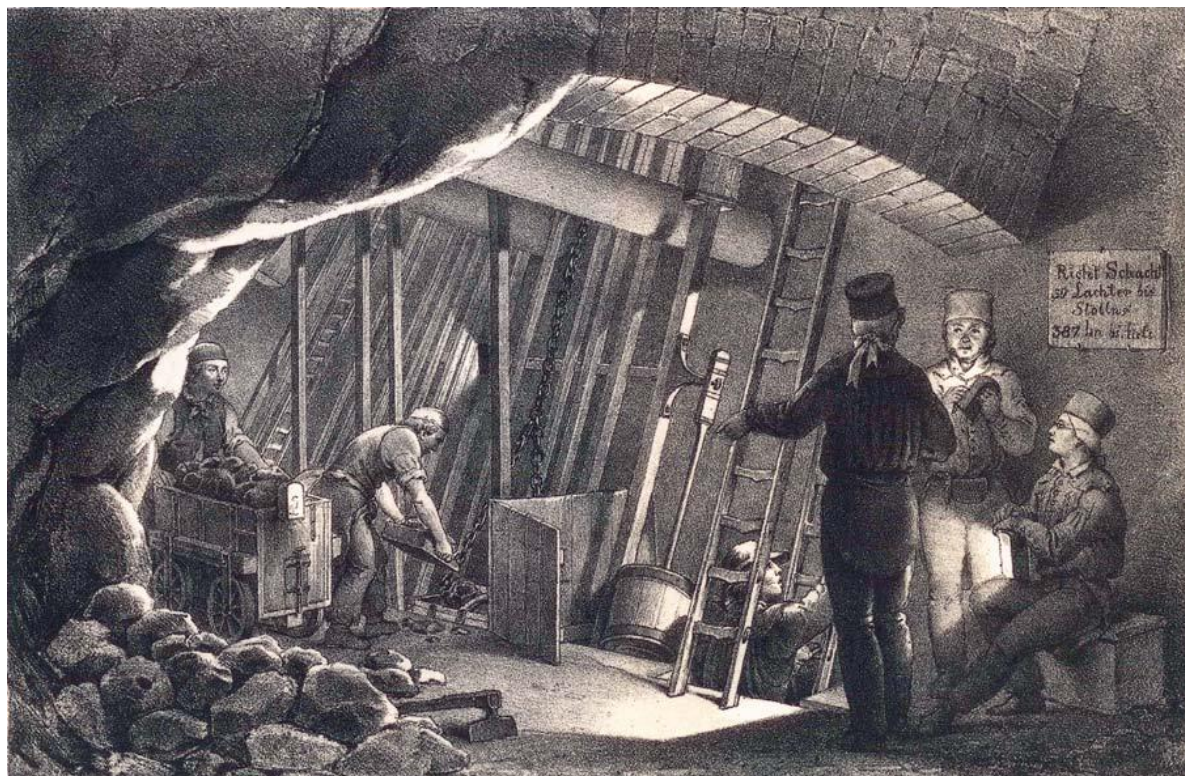


Рис. 16. Хойхлер И. В забое рудника.

Совершенствовалась открытая разработка полезных ископаемых. В XVIII веке горные работы на всех этапах открытых горных работ осуществлялись вручную. Взрывные работы проводились при ручном бурении шпуров. В XIX веке создаются ударные перфораторы, вначале приводимые в действие вручную, затем – водой и паром. Появляются вращательные перфораторы, в 1862 г. создан бур с алмазной коронкой.

#### **5.4. Буровые работы.**

Развитие горной промышленности потребовало дальнейшего усовершенствования разведочного бурения.

В 1517 г. Леонардо да Винчи изобретает первую буровую установку вращательного движения с треногой. В основе лежит метод пружинящей штанги. Все буровые устройства типа пружинящей штанги можно считать предшественниками станков ударно-канатного бурения. В 1794 г. наибольшая глубина скважин в Евро-

пе составляла 30 м. К 1850 г. эксплуатационные скважины глубиной 90-100 м уже являлись рядовыми. Если в 1550 г. для производства ударного бурения применяли ручной труд, то в 1842 г. – пар.

Существенным улучшением техники бурового дела явилось применение алмазного бурения. Алмазное колонковое бурение предложил швейцарец Г. Лешо в 1864 г. Для вращательного бурения скважин в крепких породах он рекомендовал кольцевую коронку, армированную алмазами. Первый ручной станок для алмазного бурения спроектировал его сын, инженер Р. Лешо.

В 1844 году появляются свободно падающие буры. Ударное штанговое бурение со свободно падающим буром позволило проходить скважины до 1300 м глубиной при разведочном бурении. В это же время создают буровые станки с использованием канатного бурения. Для удаления разбуренных пород производится промывка скважин струей воды. Развитие бурения ускорилось под влиянием потребностей нефтяной промышленности. В 1848 г. пробурена нефтяная скважина близ г. Баку.

Вторую половину XIX века считают началом глубокого бурения в Европе. Если в 1860 г. для бурения скважины глубиной 500 м требовалось несколько лет, то через 20 лет этот процесс занимал несколько месяцев.

В 1871 г. близ Берлина пробурена скважина глубиной 1271,6 м. в 1886 г. недалеко от Мерзебурга завершено бурение скважины глубиной 1748,4 м.

В середине XIX века метод ударного штангового бурения используется для проходки стволов шахт в крепких водоносных породах.

## **5.5. Взрывные работы.**

В XVII веке появляются теоретические разработки и основы расчета пороховых зарядов для взрывания. К XVIII веку даны технические рекомендации по расчету величин зарядов, но химическая и физическая сущность взрыва не была раскрыта. В 1749 г. М. В. Ломоносов впервые в истории науки изложил основы физики взрыва, и показал, что «взрывная» сила пороха зависит от количества выделяющегося тепла и от скорости горения.

Важное значение имело создание средств взрывания. С началом применения пороха в минных камерах его подрывали с помощью пороховых дорожек. Первыми прототипами огнепроводного шнура были соломинки или бумажные трубочки, наполненные порохом.

В 1831 У. Бикфорд предложил горящий шнур с плотной сердцевинкой из пороха в прочной джутовой оболочке, пропитанной смолой. Во второй половине XIX века бикфордов шнур был введен в практику взрывных работ и дошел до наших дней.

В 1812 г. в России впервые для подрыва использован электрический способ инициирования.

К 1840 г. электрический способ взрывания был полностью освоен, уже в 1843 г. впервые установлена проводимость воды и сырой земли, это дало возможность производить взрывы на большом расстоянии. К концу 19 века применяют два типа электровоспламинителей: искровой и накаливания.

В 1609 г. происходит открытие нового взрывчатого вещества – гремучее золото – аммиачная смесь азота, способная взрываться. В 1785 г. открыта бертоллетова смесь (хлорат калия), начинается изготовление хлоратного пороха (очень чувствительного к внешним воздействиям).

XIX век был насыщен открытиями новых взрывчатых веществ: гремучее серебро, гремучая ртуть, хлористый азот. В 1837 г. получен толуол.

В 1846 г. А. Собrero получил нитроглицерин. В начале 1850-х гг. в лаборатории Пелуза в Париже с ним встречался молодой А. Нобель.

Асканио Собrero выступал против широкого использования нитроглицерина, поскольку он был непредсказуемым, взрывающимся при воздействии тепла или давления. Но А. Нобель заинтересовался поиском способа контроля и использования нитроглицерина в качестве коммерчески полезного взрывчатого вещества, так как он обладал, гораздо большей мощностью, чем порох. В 1864 г. А. Нобель получает патент на изготовление нитроглицерина и налаживает его промышленное производство.

В 1860 г. совместная работа русского химика Н. Н. Зинина с инженером-артиллеристом В. Ф. Петрушевским привела к решению

проблемы получения и использования нитроглицерина. Н. Н. Зинин также являлся учителем А. Нобеля.

В 1863-1866 гг. В. Ф. Петрушевский проводит опыты с нитроглицерином с целью поиска способов его безопасного применения в военном деле. Изобретает «русский динамит Петрушевского». В 1866 г. на нитроглицериновом заводе в Петергофе происходит взрыв, и дальнейшие работы с нитроглицерином останавливаются. В 1867 г. А. Нобель получил патент на динамит – бризантную смесь на основе нитроглицерина с поглотителем и другими добавками. В горной промышленности Европы, а затем и всего мира динамит находит широкое применение для отбойки разных по крепости скальных пород.

В 1884 г. П. Вьель изобретает белый порох (бездымный порох). В 1887 г. А. Нобель создает баллистит (бездымный порох). Во второй половине XIX в. создан целый ряд новых взрывчатых веществ: тротил (1863 г.), гексоген (1897 г.). В конце XIX века были заложены основы теории детонации взрывчатых веществ и создания антигризутных взрывчатых веществ.

## **5.6. Вентиляция горных выработок.**

С развитием горнорудной промышленности совершенствуются способы проветривания горных выработок. В фундаментальном труде И. А. Шлаттера «Обстоятельное наставление рудному делу» (1760 г.) рассматриваются вопросы рудничной атмосферы, дается первичная классификация составляющих газов. Распространение в угольных шахтах получает проветривание при помощи подогрева воздуха, преимущественно применяется естественное проветривание подземных выработок.

В 1745 г. М. В. Ломоносов предложил теорию естественного проветривания в подземных выработках – "О вольном движении воздуха, в рудниках примеченном". М. В. Ломоносов пришел к выводу, что движение воздуха можно приравнять к движению жидкости в сообщающихся сосудах, т.к. рудник состоит из двух горизонтальных штолен, расположенных одна над другой, соединенных слепой шахтой.

В 1832 г. инженером А. А. Саблуковым создан и применен в 1835 г. для проветривания Чегирского рудника на Алтае центробежный шахтный вентилятор.

В первой половине XIX в. для проветривания применялись преимущественно поршневые вентиляторы. В 1846 г. Богл предложил двухкамерный вентилятор вертикального типа.

В 1843г. А. И. Узатис в книге «Курс горного искусства» привел существующие способы проветривания горных выработок и систематизировал их.

Вентиляторы с электроприводами появились во второй половине XIX в. В конце века появляются мощные центробежные вентиляторы для проветривания шахт: всасывающий вентилятор Гейслера и центробежные нагнетательные вентиляторы для проветривания отдельных забоев. Разрабатываются рекомендации по методам подсчета количества воздуха, необходимого в шахте, закладываются основы теоретического изучения движения воздуха по выработкам.

### **5.7. Водоотлив.**

Известно, что в 1438 г. Якопо Мариано и в 1500 г. Леонардо да Винчи описали конструкцию насоса, сходную с современной конструкцией центробежного насоса. В центробежных насосах давление перекачиваемой жидкости и напор создаются давлением лопаток рабочего колеса на жидкость. Давление усиливается вследствие влияния центробежной силы, действующей на жидкость.

Широкое применение центробежных насосов началось во второй половине XIX в., когда стали внедряться паровые турбины и электрические двигатели.

Энергия пара для водоподъемных машин использовали с XVIII в. с появлением первых паровых котлов.

В 1662 г. Эдвард Сомерсет, опубликовал книгу, содержащую несколько идей, над которыми он работал. В частности, была представлена установка для подачи воды в фонтаны; в устройстве периодически использовались частичный вакуум и пар давления.

В 1698 г. Томас Севери представляет устройство аналогичное изобретению Сомерсета, получает патент на данный паровой двигатель и дает ему название «друг шахтёра».

В 1705 г. Т. Ньюкомен сконструировал пароатмосферную водоподъемную машину, которая нашла широкое применение на рудниках Западной Европы. В 1717 г. паровой насос для водоотлива применяли на угольных шахтах Льежа. Широкое применение получили после изобретения Дж. Уаттом в 1774 г. универсального парового двигателя.

В России первый центробежный насос появился после того, как А. А. Саблуков в 1835 г. сконструировал центробежный вентилятор и на этом же принципе решил построить водоотливное устройство.

### **5.8. Освещение.**

В XVIII в. в подземных выработках использовали масляные лампы, в качестве горючего служило конопляное масло. Затем применялась в качестве горючего спиртово-скипидарная смесь. Со второй половины XIX в. преимущественно используют керосиновые лампы.

В начале XIX в. на шахтах произошел ряд взрывов, связанных с воспламенением гремучего газа (метана) от применяемых светильников. Первую безопасную лампу для подземных выработок предложил английский химик Дэви в 1815 г. На обычную масляную лампу устанавливалась специальная металлическая сетка.

К середине XIX в. появляется новый тип ламп – бензиновые. Они получили широкое распространение благодаря тому, что с их помощью появилась возможность замерять содержание газа по величине ореола пламени. В России бензиновые лампы Вольфа получают название «коногонки» и используются как индикаторные лампы до 1940 г.

В 1876 г. П. Н. Яблочков запатентовал электрическую лампу. Первые электрические лампы имели угольную нить накаливания, значительную массу, стоимость их была очень высока, поэтому широкого распространения в рудниках не получили вплоть до 1912 г.

Первые аккумуляторные лампы появились в 1886 г. в Великобритании. В России аккумуляторные лампы появились в 1925 г.

## **5.9. Транспортирование.**

Вплоть до XX в. для подъема грузов наряду с конной тягой применяют ручной труд.

Начало XIX века, в подземных выработках появляется рельсовый путь. Передвижение вагонеток по рельсам осуществляется за счет силы рабочих и конной тяги.

В 1738 г. в Англии в шахтах впервые проложены стальные рельсы, появились первые локомотивы.

В первой половине XIX в. механическая часть рудничного подъема приобрела черты современных установок. На смену гидравлическому приводу приходит паровой двигатель.

В конце XIX в. начался новый в развитии рудничного подъема – изобретение электродвигателя. Первый электродвигатель был установлен в 1891 г. на одной из шахт Германии. Новый двигатель позволил увеличить мощность подъема, достичь высоких скоростей, повысить безопасность.

## **5.10. Обогащение полезных ископаемых.**

На протяжении долгого времени толчейные машины являлись единственными дробильными машинами и в XVII–XIX вв. почти полностью вытеснили малопроизводительные жерновые мельницы. Крупные куски продолжали измельчать вручную. В 1858 г. изобретена дробилка Блека – первая щековая дробилка.

В XIX в. стал применяться качающийся грохот, который пришел на смену цилиндрическим грохотам. При двух решетках на грохоте производилось разделение рудной массы на три фракции.

Первая отсадочная машина Гарца появилась в Англии в 1848 г. Обработка руд на ручных отсадочных решетках была малопроизводительна. К концу XIX в. в Европе появляются крупные обогатительные фабрики, на которых использовались механические решета.

В конце XIX в. появляются мельницы более совершенной конструкции для тонкого измельчения. В начале XIX в. широко применяются плангерды Штейна и круглые герды Линкенбаха.

Брикетное производство начало развиваться в России с 1870 г., причем брикетировались только низкозольные каменные угли со



связующим (каменноугольный пек), который частично завозился из Англии и Германии.

В 1890 г. началось сооружение обогатительных фабрик при коксохимических заводах, находившихся в непосредственной производственной связи с шахтами.

В 1856 г. Г. Бессемер запатентовал принципиально новый метод обогащения в тяжелых средах. Средой для разделения служили растворы хлоридов железа, марганца, кальция.

В начале XX в. был предложен новый способ обогащения – флотация, базирующийся на различии физико-химических свойств поверхностей минералов.

В 1867 г. в Берлине вышел фундаментальный труд австрийского ученого Петера Риттера фон Риттенберга «Учебник по обогащению полезных ископаемых в его новейшем развитии и систематическом изложении», в котором представлена теория дробления и теория гравитационного обогащения.

Профессор Петербургского горного института Г. Я. Дорошенко в «Горном журнале» применяет теорию Риттенберга к каменному углю. В 1878 г. Г. Я. Дорошенко провел первые исследования процесса отсадки углей.

В 1884 г. издана статья профессора С.Г. Войслава «Механическое обогащение ископаемых горючих мокрым путем». В 1908 г. профессор И.А. Корзухин издает книгу «Механическая обработка (обогащение) полезных ископаемых».

### **5.11. Маркшейдерское дело.**

Горный компас на протяжении нескольких веков совершенствовался и в середине 17 века появился висячий компас (подвесная буссоль), который использовался для съемок горных выработок совместно с подвесным полукругом вплоть до XX века. В 1730 г. английский механик Дж. Сиссон создал первый теодолит. Возросшие требования к точности измерений, рудничной съемки, активное применение железа для потребностей откатки грузов и крепления выработок привели к замене висячих компасов теодолитами.

С 1707 г. в Кронштадте действует футшточная служба.

В 1840 г. по предложению гидрографа М.Ф. Рейнеке в течение пятнадцати лет проводившего кропотливые измерения уровня моря,



на каменном устое Синего моста через кронштадтский Обводный канал нанесена, соответствующая среднему уровню воды Финского залива по наблюдениям 1825-1839 гг. Многолетние позднейшие измерения подтвердили точность измерений М. Ф. Рейнеке, корректировка не потребовалась. От нуля Кронштадтского футштока производятся измерения глубины Балтийского моря и абсолютных высот на всей территории России. Географические карты равняются на Кронштадтскую точку отсчёта. Кронштадтский футшток — один из старейших в глобальной сети уровневых постов Мирового океана.

М. В. Ломоносов разработал общий метод маркшейдерских съемок для решения многих практических задач. В 1805 г. А. И. Максимович подготовил учебник «Практическая и подземная геометрия».

К середине XIX в. в геодезической практике уже широко применялись такие высокоточные приборы как теодолит, нивелир, более совершенные методы создания плановых сетей — полигонометрия и триангуляция.

В 1847 г. был разработан отечественный теодолит с эксцентрической трубой, П. А. Олышев.

Научную основу для формирования отечественной школы маркшейдерии создали труды проф. И. А. Тиме: «Маркшейдерские задачи, решенные аналитической геометрией» (1871 г.); «О производстве и вычислении рудничной съемки, о соединении ее с подземной съемкой и их взаимной ориентировке» (1871 г.); «Руководство к рудничному нивелированию и к съемке теодолитом и компасом» (1884 г.). Отечественная маркшейдерия обязана И. А. Тиме разработкой вопросов создания геодезической основы на поверхности, методов геометрического и магнитного ориентирования подземных выработок, описанием подземных теодолитных съемок, обработкой их с учетом погрешности измерения, задач на определение элементов залегания пластов.

К началу XVIII в. основными районами горной промышленности на территории Российской Империи были Урал и Алтай. В начале XVIII в. создается крупная горно-металлургическая база в Олонецком крае.

По инициативе Петра I начинается широкомасштабное освоение Урала. В 1745 г. открыто Березовское месторождение, в 1757 г.

здесь были основаны золотодобывающий рудник и завод, обогатительная фабрика.

В XVIII в. осваиваются рудные месторождения Сибири. В 1725 г. А. Н. Демидов основывает первый на Алтае медеплавильный завод. В этот же период начинается разработка железных руд в Якутии. Открыты крупные месторождения каменного угля: Донецкий бассейн (1721 г.), Кузнецкий бассейн (1721 г.), Подмосковный бассейн (1722 г.), Иркутский бассейн (1796 г.).

Продолжается освоение рудных месторождений серебра и меди на севере европейской части России. На Урале, Алтае, в Забайкалье ведется разработка месторождений драгоценных и поделочных камней.

В 1882 г. создан геологический комитет, проведена топографическая съемка территории европейской части России. Положено начало систематическому изучению геологии Сибири и Дальнего Востока. Началась полномасштабная разведка нефти в Поволжье, Прикубанье, Северном Кавказе.

В 90-х гг. XIX в. происходит резкий подъем промышленности. В этот период интенсивно растет добыча нефти, каменного угля, железной руды. Важным стимулом освоения месторождений полезных ископаемых послужило строительство Транссибирской магистрали (1891-1916 гг.).

В 1735 г. В. И. Генин, выдающийся организатор и руководитель горного производства, составил «Описание уральских и сибирских заводов», которое стало первой в России сводкой рудных месторождений Урала, Алтая, Забайкалья, а также практическим руководством по организации, методике и технике поисков, разведки и добычи полезных ископаемых.

В 1798 г. русский минералог В.М. Севергин публикует первую в России работу по систематике и минералогии «Первые основания в минералогии». Автором первого «Горного словаря» (1843 г.) является Г.И. Спасский.

Руководство по геологии, учебник «Курс геогнезии» (1839 г.), фундаментальный труд «Руководство к минералогии» (1832 г.) со-здал выдающийся русский геолог Д. И. Соколов.

Первую классификацию каменных углей России разработал в 1874 г. русский ученый в области горного дела К. И. Лисенко.

Крупный ученый, геолог, минералог, петрограф Е. Ф. Федоров является основоположником современной структурной кристаллографии. Ему также принадлежат труды по описательной и физической геологии Урала, побережья Белого моря.

### **5.12. Горное управление**

До начала XVIII в. не существовало отдельного органа государственного управления горной промышленностью. 24 августа 1700 г. указом Петра I учрежден Приказ рудокопных дел, который стал ведать поисками руды, подготовкой специалистов горного дела, строительством заводов. В начале XVIII в. Петр I увеличивает количество горно-разведочных экспедиций.

В 1719 г. учреждена Берг-коллегия. Первым президентом стал сподвижник Петра I, выдающийся государственный деятель – Яков Вилимович Брюс. Вступила в действие Берг-привилегия определявшая правовые нормы ведения горнозаводской промышленности.

В 1727 г. И.К. Кириллов составил первое экономико-географическое описание России в том числе Атлас Российский Империи и Генеральная карта Российской империи.

В 1734 г. выдающийся знаток горного дела В. Н.Татищев разработал первый «горнозаводской устав», в котором регламентировалась организация горнозаводского производства.

В 1775 г. изданы «Учреждения для управления губерний Всероссийской империи», согласно которым все заводы и промыслы передавались в ведение губернских казенных палат, в составе которых учреждались экспедиции по горным делам, ведавшие казенными и частными горными заводами.

В 1784 г. упраздняют Берг-коллегию, ее функции надзора за горной промышленностью переданы Горной экспедиции при Сенате. В 1806 г. функции переданы Горному департаменту Министерства финансов.

В 1825 г. при департаменте создается Горный ученый комитет, в функции которого входило рассмотрение проектов, касавшихся горной и соляной частей, а также издание «Горного журнала». С 1834 г. по 1867 г. горной администрации придается военное устройство.

**Вопросы для самопроверки:**

- 1. Первая промышленная революция (XVIII-XIX вв.).**
- 2. Фундаментальные научные труды горной науки (XVIII-XIX вв.).**
- 3. Горнотехническое образование (XVIII-XIX вв.).**
- 4. Развитие горной технологии (XVIII-XIX вв.).**
- 5. История технологии буровых и взрывных работ в Новое время**
- 6. Вентиляция. Водоотлив. Освещение. Транспортирование. (XVIII-XIX вв.).**
- 7. История развития обогащения полезных ископаемых (XVIII-XIX вв.).**
- 8. История маркшейдерское дело в Новое время**
- 9. Развитие горного управления и горного законодательства в России в Новое время.**

## **Глава 6. Развитие горного дела. Вторая промышленная революция (2-я пол. XIX в. – 1-я пол. XX в.).**

Вторая промышленная революция (технологическая революция) – трансформация в мировой промышленности, охватывающая вторую половину XIX и начало XX века. Началом считают внедрение бессемеровского способа выплавки стали в 1860-х годах, а кульминацией – распространение поточного производства и поточных линий. В 1860 – 1870-х годах технологическая революция быстро охватила Западную Европу, США и Японию.

В отличие от первой промышленной революции, основанной на новаторствах в производстве чугуна, паровых двигателях и развитии текстильной промышленности, технологическая революция происходила на базе производства высококачественной стали, распространении железных дорог, электричества и химикатов. В эпоху второй промышленной революции развитие экономики было преимущественно основано на инновациях (внедрении в производство научных достижений) и концентрации, монополизации капитала.

Вторая промышленная революция ознаменовалась технологическим рывком в металлургии, металлообработке, легкой (автоматический ткацкий станок), полиграфической (механический наборный стан) промышленности.

Возникли новые индустрии – электроэнергетика, химическая, нефтяная и нефтехимическая промышленность, автомобилестроение, производство стали (суммарная выплавка стали возросла за 1870—1900 годы в 20 раз).

В США изобретен конвейер (система Тейлора), обеспечивший гигантский рост производительности труда.

Бессемеровский процесс стал первым недорогим способом промышленного производства высококачественной стали. Генри Бессемер усовершенствовал процесс изготовления стали за счет снижения трудоёмкости и стоимости, что обеспечило массовое производство этого важнейшего материала. Вслед за бессемеровским вскоре появился мартеновский и другие способы выплавки стали.

Нефтяная промышленность зародилась около 1859 г. в США, где из нефти, добываемой в Пенсильвании, стали делать керосин для ламп.

Электрический телеграф вначале применяли для связи на железных дорогах, но вскоре он стал общим средством связи. Первый коммерческий телеграф Уитстона и Кука был введен в действие в Лондоне в 1837 г. В 1866 г. при помощи парохода «Грейт Истерн» британский инженер Брюнель проложил первый долговечный трансатлантический телеграфный кабель. К 1890-м годам международная телеграфная сеть соединяла все крупнейшие города мира. Телефон был впервые запатентован в 1876 г., а радиотелеграф в 1895 г.

Электрификация стала основой дальнейшего развития технологической революции к созданию поточных линий и поточного производства.

Во второй половине XIX в. значение железных дорог превзошло роль каналов в транспортной инфраструктуре. Их строительство было облегчено появлением недорогих стальных рельсов, которые были существенно более долговечны, чем ранее использовавшиеся чугунные, служившие не более 10 лет. Стоимость перевозок в результате упала более чем в 25 раз. Вследствие широкого распространения железных дорог вдоль них возникло множество городов и выросло городское население в целом. Кроме железных города связало и много автомобильных дорог, качество которых было улучшено ещё в эпоху первой промышленной революции. Сеть дорог с твёрдым покрытием широко распространилась в США и Западной Европе после изобретения велосипеда, ставшего популярным видом транспорта в 1890-е годы. Для борьбы с дорожной пылью с 1910-х начали применять гудрон и асфальт. В кораблестроении появление дешевой листовой стали позволило металлическим судам с двигателями (паровым и дизелем) окончательно вытеснить деревянные парусники.

Легковой автомобиль с бензиновым двигателем внутреннего сгорания был впервые запатентован Карлом Бенцем в 1886 г. Первый легковой автомобиль Генри Форда появился в 1896 г.

К середине XIX в. был заложен фундамент современной химии и термодинамики, а к концу столетия обе эти науки приобрели современное состояние, что в свою очередь позволило заложить фундамент современной физической химии.

Первый газовый двигатель внутреннего сгорания, нашедший широкое применение, был разработан Жаном Этьеном Ленуаром в

1860 г. Николаус Отто усовершенствовал этот тип двигателя, сделав более компактным и в пять раз более эффективным (четырехтактный цикл), а Г. Даймлер и В. Майбах перевели его на жидкое топливо (бензин) и внедрили искровое зажигание, что позволило, начиная с середины 1880-х гг., устанавливать его на автомобили, катера и локомотивы. В 1897 г. Р. Дизель на основе принципов термодинамики разработал и запатентовал дизельный двигатель, значительно более эффективный, чем двигатель с искровым зажиганием.

Одним из наиболее важных научных достижений является объединение знаний о свете, электричестве и магнетизме в электромагнитной теории Максвелла, ставшей основой для разработки динамо-машин, электрогенераторов, моторов и трансформаторов. В 1887 г. Генрих Герц исследовал предсказанные Максвеллом электромагнитные волны, что привело к изобретению радио. Для развития радиовещания в 1908 г. была изобретена электронная лампа, что позволило усиливать радиосигнал и производить все более мощные радиопередатчики.

К 1884 г. усовершенствование парового двигателя привело к созданию паровой турбины, которая вначале была применена в кораблестроении, а впоследствии – и в производстве электроэнергии.

В индустриальных странах период 1870-1890 годов стал эпохой бурного экономического роста за всю историю. Вследствие резкого повышения производительности труда и падения цен на товары массового потребления образ жизни был существенно улучшен. Одновременно из-за замещения рабочих машинами выросла безработица, и усилилось социальное расслоение.

К 1870 г. паровые машины в качестве двигателей начали вытеснять мускульную энергию животных и людей. Тем не менее, лошади и мулы продолжали использоваться в сельском хозяйстве до появления в конце второй промышленной революции тракторов. Так как паровые машины становились все более эффективными и экономичными, их количество в экономике продолжало увеличиваться, что повлекло за собой увеличение потребления угля.

К 1900 г. лидером промышленного роста оказались США (24 % прироста мирового производства). За ними следовали Великобритания (19 %), Германия (13 %), Россия (9 %) и Франция (7 %).

В последней трети XIX – начале XX века развитие России не имело аналогов в мире: прирост населения, увеличение промыш-

ленного и сельскохозяйственного производства, вложения государства в народное образование и национальную оборону. По объему промышленного производства Россия в этот период занимала пятое место в мире и четвертое в Европе, после США, Германии, Великобритании и Франции.

В 1890-е годы промышленное производство в России выросло вдвое, а к 1913 году – вчетверо. По темпам роста промышленности к 1913 году Россия вышла на первое место в мире, обогнав Германию и США.

Стоимость машиностроительной продукции с 1894 по 1916 год увеличилась в 4,5 раза.

Опережающими темпами росло электротехническое производство, обусловившее рост потребления меди на треть и свинца на три четверти.

Добыча нефти с 1895 по 1914 год возросла с 338 до 560 млн. пудов, что составляло половину мировой добычи.

С 1880 по 1917 год железнодорожная сеть России приросла на 58 215 км, достигнув общей протяженности 81 116 км.

Главным экспортным товаром России стал хлеб: производство пшеницы с 1898-го по 1912 год выросло на 37,5 %.

### **6.1. Горное производство в период Второй промышленной революции**

К концу XIX в. были изобретены: паровой экскаватор на рельсовом ходу, дисковая врубовая машина для угольных шахт; внедряются пневматические поршневые перфораторы, механизация рудничного подъема и откатки, водомет – прообраз гидромонитора, многоковшовый экскаватор, драга для добычи золота, цепная (буровая) врубовая машина, паровозы и подвижной состав для транспортирования горных пород, станки для бурения скважин, различного типа дробилки для измельчения руды.

Все эти механизмы и машины в начальный период внедрения в производство были оснащены паросиловыми установками или приводились в действие мускульной силой. Основными недостатками паросиловых установок являлись громоздкость, что затрудняло их камерное применение, маломощность, низкий коэффициент полезного действия.



Промышленное освоение электроэнергии, совершенствование и создание мощных электродвигателей во второй половине XIX в., их внедрение создало базу революционного преобразования горной техники в XX в.

В 1860 г. впервые был применен электропривод на железнодорожном экскаваторе. Совершенствуется привод горных машин в шахтах – на смену парокотельным агрегатам приходят электрические двигатели. Первое использование компактных, мощных и относительно простых по конструкции электродвигателей в шахтах Великобритании (1880 г.) сыграло решающую роль в техническом перевооружении горного производства.

Создаются электрический станок для бурения скальных пород (Германия, 1884 г.) и электродвигатель становится основным приводом буровых механизмов; электрический привод лебедок для тяги вагонеток стальными тросами для внутришахтового рельсового транспорта; электрическая вентиляторная установка, водоотливная установка (Испания, 1903 г.). Значительно совершенствуется шахтный подъем, он становится электрическим (Германия, 1894 г.).

В Германии с 1882 г. на внутришахтовом транспорте начинают использовать электровозы.

В угольных шахтах появляются конвейеры с электрической тягой – скребковые (Великобритания, 1902 г.), ленточные (Великобритания, 1906 г.), качающиеся (Германия, 1902 г.). К началу XX в. шахты для подземной добычи полезных ископаемых представляли для своего времени передовые, высокомеханизированные, электрифицированные горные предприятия.

К началу XX в. возникли крупные горные предприятия по добычи нефти (Баку), угля (Донбасс), железной руды (Кривой Рог, Урал). Темпы роста горной промышленности в отдельные годы достигали 11 %. Развитие технологии обогащения полезных ископаемых привело к резкому снижению требований к минеральному сырью (по содержанию металла и вредных примесей), что позволило осваивать ранее нецелесообразные для разработки месторождения.

Горное дело в этот период развивалось в тесной связи с металлургией, транспортом (железные дороги стали главным потребителем металла и каменного угля), машиностроением, энергетикой.

Сформировался крупный горно-металлургический центр на основе каменных углей Донбасса (69 % общероссийской добычи в

1900 г.), железных руд Кривбасса. Создаются центры добычи угля в Сибири, на о. Сахалин, в Грузии, Казахстане. Россия занимала шестое место в мире по добыче угля.

Железная руда добывалась на Урале и в Кривбассе. Основным центром добычи марганцевых руд был Чиатурский бассейн, Россия занимала первое место в мире по добыче марганца.

## **6.2. Развитие горной науки и горнотехнического образования (2-я пол. XIX в. – 1-я пол. XX в.).**

На основе систематизации обширных практических данных и исследований в начале XX в. формируется четкая система знаний по горному делу в виде курса горного искусства.

Профессор Б. И. Бокий первый применил аналитические методы в горном деле. В 1914 г. он опубликовал фундаментальный труд «Практический курс горного искусства».

Профессор М. М. Протодяконов одним из первых в мировой горной науке отказался от описательных характеристик горных пород, заменив их количественной характеристикой с помощью коэффициента крепости горных пород (1911 г.). М. М. Протодяконов разработал основы теории давления горных пород и построил важнейшие расчеты рудничного крепления (1907 г.), разработал метод расчета проветривания рудников (1911 г.), известен как основоположник научного технического нормирования в горной промышленности.

Вопросы проветривания горных выработок и установления законов движения воздуха по рудничным выработкам были глубоко исследованы профессором А. А. Скочинским. Теоретические положения рудничной аэродинамики подробно изложены в фундаментальном труде «Рудничный воздух и основной закон движения его по выработкам», 1911 г. А. А. Скочинский занимался вопросами рудничной газодинамики, рудничной термодинамики, управления газовыделением, внезапными выбросами угля и газа, исследованиями процессов самовозгорания угля и сульфидных руд.

Профессор А. М. Терпигорев первый в России и в мировой практике в 1905 г. в своей диссертационной работе «Разбор систем разработки каменного угля, применяемых на рудниках юга России, в связи с подготовкой месторождений к очистной добыче» приме-

нил аналитический метод для решения задач вскрытия и систем разработки.

Аналитическое направление в горной науке, развитое трудами Б. И. Бокия и А. М. Терпигорева, создало русскую научную горную школу и поставило горное дело в России на уровень передовой технической науки.

В период 1912-1917 гг. профессор Л. Д. Шевяков публикует ряд теоретических работ по вопросам вскрытия месторождений каменных углей, развивая первоначальные аналитические исследования профессора Б. И. Бокия, впервые в горной науке закладывает основы теории проектирования шахт.

В этот период назрела необходимость широкого внедрения процессов обогащения в горную промышленность, так как стало невозможным дальнейшее развитие горного производства. Обогащение полезных ископаемых, как самостоятельная дисциплина, было введено в Петербургском горном институте в 1896 г. В 1908 г. И. А. Корзухин издал первый отечественный курс в этой области – «Механическая обработка (обогащение) полезных ископаемых», в котором рассматривались процессы и методы обогащения.

Большой вклад в организацию исследования, в проектирование обогатительных фабрик и становление обогатительного дела внес профессор Петербургского горного института Г. О. Чечотт в 1909-1922 гг.

К первому десятилетию XX в. относится становление технологии шахтной гидродобычи. Первое научное исследование и обоснование действия гидромонитора дал русский ученый И. А. Тиме (1891 г.). Основой для утверждения идеи широкого применения горной гидротехники послужило изобретение в 1914 г. инж. Р. Э. Классоном и В. Д. Кирпичниковым гидравлического способа добычи торфа. В развитие этой идеи инж. В. С. Кучеровым в 1915 г. предложена «подбойка угля тонкой струей воды». Эксперименты, продолжавшиеся в 1915-1916 гг., были первыми в мире исследованиями разрушения полезного ископаемого напорной струей воды в подземных условиях. Исследования показали необходимость создания качественно нового уровня техники и технологии, а также создания научных основ их применения. Прежде всего, необходимо было создать многоступенчатые центробежные насосы и оснастить их электроприводом.

Этап 1920-1930 гг. характерен бурным развитием научных основ проектирования шахт и рудников и организацией исследований по проблемам безопасности в горном деле. Ученые развивают аналитические работы Б. И. Бокия и А. М. Терпигорева. Значительную роль в развитии методов проектирования шахт сыграли работы профессора Л. Д. Шевякова и его последователей. Нормирование горных работ и основы планирования были подробно изучены в трудах М. М. Протодяконова. Изучением проблем безопасности было широко организовано проф. А. А. Скочинским.

В 1918 г. создана Московская горная академия, в 1920 г. – Механобр в Ленинграде, в 1922 г. – горные институты в Харькове и Кривом Роге.

Б. И. Бокий, А. М. Терпигорев, М. М. Протодяконов, Е. Н. Барбот де Марни, Л. Д. Шевяков, С. М. Шорохов развивают методы проектирования и планирования горных разработок. В. А. Рудкевич, Б. Б. Бренд, В. И. Тихомиров, основываясь на ранее выполненных в России исследованиях, закладывают основы первичной переработки полезных ископаемых.

#### **Вопросы для самопроверки:**

**1. Вторая промышленная революция.**

**2. Горное производство в период Второй промышленной революции**

**3. Развитие горной науки и горнотехнического образования (2-я пол. XIX в. – 1-я пол. XX в.).**

## **Глава 7. Третья промышленная революция. Четвертая промышленная революция.**

**Третья промышленная революция** (цифровая революция) – повсеместный переход от аналоговых механических и электронных технологий к цифровым технологиям, начавшийся в конце 1980-х гг. и продолжающийся в первые десятилетия XXI в.; изменения, связанные с широким распространением компьютерных и коммуникационных технологий, начавшимся во второй половине XX в., и ставшие предпосылками информационной революции, которая в свою очередь, предопределила процессы глобализации и возникновение постиндустриальной экономики.

Основные движущие силы – широкое распространение вычислительной техники, прежде всего, персональных компьютеров, всеобъемлющее проникновение Интернета, массовое применение персональных портативных коммуникационных устройств.

По трансформационным масштабам цифровую революцию сравнивают с аграрной революцией в период неолита и промышленной революцией XVIII–XIX вв.

Цифровая революция превратила науку в непосредственную производительную силу, привела к внедрению комплексной автоматизации горного производства, к цифровому контролю и управлению основными технологическими процессами, особое значение стали уделять охране окружающей природной среды от негативного воздействия горного производства.

Начался период комплексно механизированных и автоматизированных горных машин и комплексов. В сфере горного производства создаются автоматизированные системы управления с большим диапазоном использования: контроль за ведением отдельных технологических операций, планирование и проектирование горных работ, научные исследования.

Внедряется автоматизированное управление отдельными крупными машинами: шагающими экскаваторами, буровыми установками, автосамосвалами. Применяется автоматизированное управление движением автосамосвала в реальном режиме времени с диспетчерского пункта.

Автоматизируется управление полного технологического цикла горного предприятия: Интеллектуальная шахта (полностью

автоматизированный рудник) и Интеллектуальный карьер (предполагает полную автоматизацию и роботизацию добычи полезных ископаемых).

**Четвёртая промышленная революция** – прогнозируемое событие, массовое внедрение киберфизических систем в производство и обслуживание человеческих потребностей, включая быт, труд и досуг.

Получила свое название от инициативы 2011 года возглавляемой бизнесменами, политиками и учеными, которые определили её как средство повышения конкурентоспособности обрабатывающей промышленности Германии через усиленную интеграцию «киберфизических систем» в заводские процессы. Изменения охватят самые разные стороны жизни: рынок труда, жизненную среду, политические системы, технологический уклад, человеческую идентичность.

Вызываемая к жизни экономической целесообразностью и привлекательностью повышения качества жизни, четвёртая промышленная революция несёт в себе риски повышения нестабильности и возможного коллапса мировой системы, в связи с чем её наступление воспринимается как вызов, на который человечеству предстоит ответить.

#### **Вопросы для самопроверки:**

- 1. Развитие горной техники и технологии в период Третьей промышленной революции.**
- 2. Предпосылки и особенности Четвертой промышленной революции.**

## **Глава 8. История открытых горных работ.**

### **8.1. Этапы развития открытых горных работ.**

Открытые горные работы известны с эпохи палеолита. Первые крупные карьеры появились при строительстве пирамид в Древнем Египте (III тыс. до н.э.).

Для отделения от массива блока геометрически правильной формы по заранее размеченной поверхности прочнейшими каменными шарами, а затем металлическими долотами выдалбливались канавки и вертикальные углубления под деревянные клинья, которые затем обильно поливали водой. Клинья отрывали монолит от массива. Обработка монолита в блок правильной формы велась на месте добычи. Необходимость перевозки крупных блоков дала толчок зарождению средств карьерного транспорта – катучих барабанов и двухполосных салазков, перемещаемых по каткам. Таким же способом в античном мире в карьерах в больших масштабах добывался мрамор.

Изобретение пороха, а затем взрывчатых веществ позволило механизировать наиболее трудоёмкий процесс — отделение скальных горных пород от массива, но отсутствие эффективных погрузочно-транспортных средств сдерживало развитие открытых разработок, и только с началом создания карьерной техники, способной механизировать основные производственные процессы стало возможным развитие этого прогрессивного способа добычи полезных ископаемых.

В ряде районов Урала железные руды разрабатывались открытым способом с начала 18 в. В 1704 г. был заложен Алапаевский рудник; 1721 г. – Высокогорский; Гороблагодатский – в 1735 г.; Бакальский – в 1757 г. К 1913 г. на Урале было 300 рудников, разрабатывающих месторождения открытым способом. На Гороблагодатском руднике применили первую отечественную землеройную машину с паровым приводом.

Открытая разработка угля велась в Забайкалье здесь с 1908 г. начали добывать уголь на небольших разрезах: Тормовском, Жерейском и Сибирском. Добычные и вскрышные работы производились вручную. Вскрышные породы и уголь вывозились из забоев с применением конной тяги. Уголь доставлялся также конной тягой.

В это же время действовал в восточной Сибири на Черемховском угольном месторождении мелкий Натальинский разрез.

Открытым способом уголь добывался также на Кавказе на Ткибульском месторождении, на Копейском месторождении Челябинского бурогоугольного бассейна и на Богословском месторождении Северного Урала.

В 1933 г. начинается разработка бурых углей крупнейшего Коркинского месторождения в Челябинском бассейне и Райчихинского месторождения на Дальнем Востоке.

Механизация открытых горных работ в 1930-х гг. была обеспечена паровыми одноковшовыми экскаваторами на железнодорожном ходу, применяли узкоколейный паровозный транспорт и конвейеризацию доставки угля. Но многие процессы добычных и вскрышных работ (включая отбойку и доставку) выполнялись вручную.

Значительный сдвиг в развитии открытые горные работы получили в 1938 г. Были разработаны меры и оказана помощь в организационных вопросах и техническом оснащении открытых разработок угля. Для действующих разрезов было выделено значительное количество высвободившихся на Беломорканале паровых экскаваторов «Ковровец»; разрезам были переданы паровозы нормальной колеи; на Торецком заводе начали изготавливать и поставлять разрезам саморазгружающиеся двадцатитонные вагоны-думпкары. В 1938 г. впервые применен экскаватор на добыче угля.

В 1939 г. вошел в строй разрез №1 на Черемховском месторождении, началось строительство угольного разреза на Федоровском бурогоугольном месторождении в Карагандинском бассейне.

В начале 1940 г. угольная промышленность получила электрический экскаватор на гусеничном ходу с емкостью ковша  $3 \text{ м}^3$ , изготовленный Уральским заводом тяжелого машиностроения. На открытых горных работах начал механизироваться один из наиболее трудоемких процессов – передвижка железнодорожных путей путеподемниками. Добыча угля открытым способом в стране в 1940 г. превысила в 2,5 раза добычу в 1937 г.

Техническая оснащенность угольных разрезов потребовала более высокой квалификации рабочих и инженерно-технических кадров. В 1940 г. в Московском горном институте создается кафедра открытых горных работ.



В период Великой Отечественной войны основной центр добычи угля – Донецкий угольный бассейн – был оккупирован. Значительную долю в обеспечении промышленности топливом приняли на себя предприятия открытой угледобычи Урала. Идет техническое перевооружение разрезов Урала: на разрезы поставляют экскаваторы и большегрузные думпкары; электрифицируется экскаваторный парк на добыче; закладываются и вводятся в строй крупные и малые разрезы на ряде месторождений. Добыча угля открытым способом в 1945 г. превысила объем добычи 1940 г. в 2,8 раза. Удельный вес добычи угля открытым способом достиг 11,9% в 1945 г. против 3,8% в 1940 г.

В послевоенный период ведется активное строительство разрезов в Казахстане и в Башкирии, в Красноярском крае и в Средней Азии, на Урале, в Кузбассе. Характерной особенностью этого периода на открытых разработках угля является тенденция к расширению механизации всех процессов производства и переход на тяжелые машины и механизмы. Начинается механизация отвальных работ экскаваторами. Полностью электрифицируется экскавация добычных работ, унифицируется вскрышной экскаваторный парк, механизуются буровые работы на вскрыше при помощи канатно-ударных станков и станков вращательного бурения, ведутся работы по электрификации вскрышного железнодорожного транспорта.

К 1955 г. налажилось серийный выпуск мощных экскаваторов с емкостью ковша  $15 \text{ м}^3$  и шагающих экскаваторов-драглайнов с ковшами 10, 14 и  $20 \text{ м}^3$ , сорока- и пятидесятитонных думпкаров, электровозов нормальной колеи сцепным весом 80 тонн.

Происходит механизация всех основных процессов открытых горных работ, в ряде бассейнов переходят на бестранспортную и комбинированную систему вскрышных работ, внедрение крановой переукладки железнодорожных путей на добычных и вскрышных уступах и на отвальных тупиках, электрификация железнодорожного транспорта на крупнейших Коркинских и Богословских разрезах.

В 1948 г. в Кузнецком бассейне на полях действующих шахт начали разрабатываться открытым способом выходы угольных пластов. Первый угольный разрез – Прокопьевский №8 был введен в эксплуатацию в 1949 г. и с этого времени начинается развитие открытой угледобычи в бассейне.

В апреле 1949 г. началась добыча на Бачатском разрезе, а с 1950 г. — на Краснобродском. Несколько разрезов введены в эксплуатацию в 1954 г.

В конце 19 века на карьерах появились экскаваторы, ставшие основным классом машин для открытых разработок месторождений. В то же время вплоть до начала 20 века на большинстве открытых разработок в России продолжала применяться ручная погрузка горной массы в примитивные средства транспорта — тачки и колымажки.

Идея создания землеройных машин принадлежит Леонардо да Винчи, который в начале 16 века предложил схему экскаватора-драглайна. Роторный экскаватор также предложен Леонардо да Винчи. Он предложил идею копающего колеса по аналогии с водоподъёмными колёсами древних.

Первые экскаваторы появились в XVI в., имели мускульный привод и были предназначены для вычерпывания грунта из-под воды, где труд человека был невозможен.

Первая паровая землечерпалка построена на Ижорском заводе в России под руководством А. А. Бетанкура в 1-й четверти XIX века.

Одноковшовый неполноповоротный экскаватор на рельсовом ходу запатентован в США в 1834 г. В. Отисом.

Первый многоковшовый цепной экскаватор сухопутного типа изобретён во Франции М. Кувре (1860); применялся при строительстве Суэцкого канала. Широкое использование экскаваторов на земляных работах началось с конца 19 века в связи с развитием строительства железных дорог и производством крупных земляных работ (Суэцкий и Панамский каналы).

Первый драглайн изготовлен в 1884 г. (США). В 1910 появились первые электрические экскаваторы; в 1912 г. — полноповоротные на гусеничном ходу с двигателями внутреннего сгорания, в 1916 г. — с дизельным двигателем, в 20-е гг. появляются полноповоротные экскаваторы средней мощности на рельсовом ходу для открытых горных работ.

Производство экскаваторов в России началось в 1901 на Путиловском заводе. В СССР выпуск экскаваторов возобновлён с 1930 г. на Воткинском заводе. С 1931 г. по постановлению Правительства

СССР «О механизации угольной промышленности» началось интенсивное развитие горного машиностроения.

С 1947 Уральский завод тяжёлого машиностроения впервые в мире начал производить карьерные экскаваторы с ковшами вместимостью 3-5 м<sup>3</sup>. В 1949 г. Уральский завод тяжёлого машиностроения начал выпуск мощных шагающих экскаваторов, два первых изготовленных драглайна ЭШ 14.65. Далее последовали три драглайна ЭШ 10.75, далее ЭШ 14.75 и его модификация ЭШ 20.65. В 1959 на этом заводе изготовлен шагающий экскаватор-драглайн с ковшом 15 м<sup>3</sup> и стрелой 90 м.

В 1970-х. гг. на Уральском заводе тяжёлого машиностроения изготовлены первые экскаваторы-драглайны ЭШ 40.85 различных исполнений. Начался выпуск мощных карьерных гусеничных экскаваторов ЭКГ-20, рассчитанных на работу при температуре до минус 50 С<sup>0</sup>.

В 1980 году серийная модель экскаватора ЭКГ-4,6Б была заменена более совершенной моделью ЭКГ-5А с полуавтоматической системой копания, далее внедрены ЭКГ-12, ЭКГ-20А. В 2018 году для разрезов Кузбасса УЗТМ спроектировал ЭКГ-30. С 1981 г. вместо серийного экскаватора ЭШ 15.90А начат выпуск шагающих экскаваторов ЭШ 20.90. При одинаковых линейных параметрах производительность ЭШ 20.90 за счет увеличения вместимости ковша при том же рабочем цикле повышена на 33%. В 1999 г. выпущен драглайн ЭШ 11.75, получивший широкое распространение.

Для угольного разреза «Назаровский» в 1976 г. был изготовлен экскаватор-драглайн ЭШ 100.100. Рабочий вес этой машины составлял 10300 т. Создание этой уникальной машины явилось крупным достижением отечественного экскаваторостроения. Крупнее является только шагающий экскаватор-драглайн Биг Маски (вместимость ковша 168 м<sup>3</sup>, длина стрелы 100 м, рабочая масса 13000 т), созданного в 1969 г. компанией Bucyrus для работы на угольном разрезе в штате Огайо, США. Биг Маски считается самым крупным в мире движущимся механизмом и самым крупным шагоходом.

## **8.2. История применения бестранспортной технологии в открытых горных работах**

Впервые бестранспортная система разработки в СССР была применена в 1924 г. на Челябинских коях по проекту горн. инж. И. Л. Солохина. В 1928 г. бестранспортной системой стали разрабатывать Верхне-Камское, а в 1932-1933 гг. Воскресенское фосфоритовое месторождение. В 1940 г. была организована простая бестранспортная разработка Федоровского угольного пласта в Карага-наде, а в 1943 г. на Богословских разрезах была впервые осуществлена комбинированная система разработки, при которой нижняя часть вскрышных пород направлялась механическими лопатами в выработанное пространство, где при помощи драглайнов подвергалась переэкскавации.

Успешный опыт применения комбинированной системы разработки на Богословских угольных разрезах, способствовал распространению бестранспортной системы разработки в угольной промышленности. В 1943-1945 гг. на глубину 30 м. был разработан угольный пласт наклонного падения на Коркинском разрезе. Начиная с 1948 г. по усложненной бестранспортной системе разрабатывали ряд пластов в Кузбассе (разрез №8, Киселевский и др.).

Широкое проектирование карьеров с применением бестранспортной системы разработки началось с 1950 г. для месторождений Райчихинского, Черемховского, Назаровского, Харанорского, Подмосковного бассейна, Эстонского месторождения сланцев, Черновского и Азейского месторождений в Восточной Сибири и месторождений Кузбасса. При этом, в проектах, выполненных до 1957 г., применялась усложненная бестранспортная система разработки с применением мехлопаты (ЭГЛ 15) на вскрыше и драглайна (ЭШ 14.75, ЭШ 10.75) на переэкскавации.

Разработаны классические схемы усложненной бестранспортной технологии: Подмосковная, Украинская, Черемховская, Райчихинская.

До 1950 г. оборудованием применяемым для бестранспортной системы в СССР являлись экскаваторы Busyrus с ковшом 3 м<sup>3</sup> и 6 м<sup>3</sup>, затем первые отечественные драглайны ЭШ 1, ЭШ 4.40.

С 1950 г. на угольных карьерах Богословского, Райчихинского, Черемховского месторождений появились драглайны ЭШ 10.75,

ЭШ 14.75. С 1959 г. начался серийный выпуск драглайнов ЭШ 6.60, получивших широкое распространение.

В 1959 г. выпущен первый образец мощного одноковшового экскаватора ЭШ 25.100.

В отечественной литературе сведения о бестранспортных системах появились еще в 1928 г., когда в горном журнале были опубликованы рекомендации горн. инж. Ф. П. Сафронова по расчету высоты уступа, ширины заходки и высоты внутренних отвалов. В 1940 г. была издана книга Е. Ф. Шешко «Открытые горные работы» и работы С. М. Шорохова, в которых вопрос о применении бестранспортной системы рассматривался подробнее. В 1944-1948 гг. появился ряд статей, рассматривающих опыт проектирования и применения бестранспортной системы (А. А. Сущенко «Разработка пластовых месторождений с применением бестранспортной схемы вскрышных работ», И. Я. Айзеншток «Бестранспортное отвалообразование при разработке пластовых месторождений»).

Большинство научных статей по бестранспортной технологии были посвящены практике работы карьеров треста Вахрушевуголь, Райчихинских и Черемховских, а также Подмоскownого и Кузнецкого бассейнов. Рассматривались применяемые или рекомендуемые схемы усложненной бестранспортной технологии. Если до 1954-1955 г. описывались преимущественно схемы с применением мехлопат на вскрыше, то в последующем внимание в основном стало уделяться схеме с применением шагающих экскаваторов-драглайнов.

В описываемых схемах предусматривалась отработка вскрыши на всю принятую мощность одной машиной. Схемы с отработкой вскрыши двумя машинами, расположенными на двух вскрышных уступах, широко распространенные за рубежом, в литературе не рекомендовались, то объясняется отсутствием необходимого количества соответствующего оборудования.

В 1950-х гг. публикуются основополагающие работы по бестранспортной технологии: А. С. Красников «Расчет отработки тупиков при бестранспортной системе разработки»; Г. П. Егурнова «Основы бестранспортных комбинированных систем»; К. Е. Винницкого «Исследование рациональных параметров бестранспортных систем»; Ю. Г. Скабичевского «Инженерно-геологические основания к выбору основных параметров бестранспортных систем

открытой разработки».

В этих работах исследуется методика расчета рациональных параметров оборудования для бестранспортной системы разработки, и выявляются зависимости между рабочими размерами оборудования и элементами системы.

Ю. Г. Скабичевский исследует устойчивость внутренних отвалов в связи с бестранспортной системой разработки, а К. Е. Винницкий – экономику бестранспортной системы разработки.

### **8.3. Становление и развитие научной школы открытой геотехнологии**

Как научное направление открытая горная технология формируется с середины 20-х годов 20 века. Этому способствовали создание производительной горной техники и расширение области применения открытого способа разработки.

В 1920-е гг. по инициативе Е. Н. Барбот де Марни и Н. С. Покровского в Ленинградском горном и Уральском политехническом институтах впервые начинается подготовка горных инженеров открытой разработки месторождений полезных ископаемых.

К числу первых аналитических исследований относятся установление рациональной высоты уступов применительно к кривокопным карьерам (Л. Д. Шевяков, 1924 г.), создание методов определения границ карьера (М. И. Гоберман; А. И. Стешенко, 1927 г.).

В 1931 г. П. И. Городецкий в книге «Экскаваторы» впервые определил условия применения одноковшовых экскаваторов, привел их характеристики, технико-экономические показатели.

Научные обобщения опыта открытых горных работ завершились созданием первого в мировой литературе двухтомного учебника для вузов по открытой разработке месторождений, А. П. Зотов, 1932 г.

Профессор Е. Ф. Шешко – основатель московской школы по открытой разработке месторождений – в монографии «Экскаваторные горные работы» (1933 г.) обобщил зарубежный опыт применения многочерпаковых экскаваторов и транспортно-отвальных мостов, расчета параметров систем разработки и создал научные основы открытых горных работ.

В 1933 г. академик Н. В. Мельников публикует исследования по механизации бурения взрывных скважин на железорудных карьерах Урала («Ударно-канатное бурение при открытых работах»).

В связи с широким внедрением электрических экскаваторов значение приобретает электроснабжение карьеров. Научные обобщения в этой области выполнил С. А. Алаторцев (1934 г.).

В 1934 г. Е. Н. Барбот де Марни создает первую приближенную классификацию систем открытой разработки, приняв за основу принцип удаления вскрышных работ.

В 1936 г. Е. Ф. Шешко публикует подробную классификацию систем открытой разработки.

Существенный вклад в горную науку в области открытых горных работ принадлежит высшим учебным заведениям горного профиля. В Ленинградском горном институте под руководством Е. Н. Барбот де Марни проводятся исследования, посвященные становлению открытого способа разработки в цветной металлургии. Создается проектно-исследовательский отдел в г. Свердловске, где под руководством Н. А. Старикова, Л. Д. Шевякова были выполнены в 1932-1933 гг. уникальные проекты разработки открытым способом Северо-Уральского бокситового месторождения, Березовского золоторудного района. Кафедра разработки рудных месторождений Н. А. Старикова стала первой научной школой открытчиков.

В 1931 г. организуется исследовательская группа по открытым горным работам в Московском горном институте, куда приглашается Е. Ф. Шешко. Будучи убежденным в необходимости выделения открытой разработки в самостоятельную часть комплекса открытых горных работ, Е. Ф. Шешко добивается открытия в 1940 г. в Московском горном институте первой кафедры открытых горных работ. В это же году создаются кафедры открытых горных работ в Магнитогорском и других горных вузах страны.

В период Великой Отечественной Войны была создана комиссия при академии наук СССР по мобилизации Сибири и Казахстана на нужды обороны в составе: А. А. Скочинский, А. М. Тарпигорев, Л. Д. Шевяков, М. И. Абошков, Н. В. Мельников, Н. А. Стариков, Б. П. Боголюбов и др. В военный и послевоенный периоды активно развивался открытый способ добычи полезных ископаемых. Производственная мощность многих горных предприятий возросла в 2-3 раза.

После войны опубликован ряд крупных монографий: П. И. Городецкий «Основы проектирования горнорудных предприятий», 1949 г.; Е. Ф. Шешко «Разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом», 1949 г.; Л. Д. Шевяков «разработка месторождений полезных ископаемых», 1951 г.

Значительный вклад в исследование открытых горных работ внес проф. Е. Ф. Шешко, опубликовавший серию важнейших капитальных работ, в которых комплексно рассмотрены все горнотехнические вопросы открытой разработки месторождений и заложены основы создания теории проектирования карьеров.

В 1945 г. Н. А. Стариков обосновал целесообразность учета показателей извлечения при открытых и подземных работах для определения граничного коэффициента вскрыши, что способствовало расширению открытого способа.

В 1946 г. коллектив сотрудников под руководством Н. Г. Домбровского совместно с группой Н. В. Мельникова выполнил обширные исследования, позволившие научно обосновать типы экскаваторов в зависимости от всего комплекса горнотехнических условий разработки конкретных месторождений.

Послевоенный период характеризуется дальнейшим развитием методов определения границ между открытыми и подземными работами. Этому вопросу посвятили работы Н. А. Стариков, Л. Д. Шевяков, П. И. Городецкий, П. Э. Зурков, А. С. Фиделев, Б. П. Боголюбов и др. Разрабатывается аналитический метод определения границ открытых работ П. И. Городецким, впервые описанный им в 1941 г., а более полном изложении представлен в трудах 1948-1949 гг.

В 1948-1949 гг. опубликованы работы А. С. Фиделева, основанные на идеи И. А. Кузнецова об учете влияния глубины карьера на себестоимость добычи и вскрыши, предложил простой графоаналитический метод определения количества уступов в карьере при условии вовлечения в его контуры максимальных запасов полезного ископаемого.

Б. П. Боголюбов, основываясь на результатах своих исследований и проверки их достоверности пришел к выводу о целесообразности учета второстепенных факторов и предложил в 1950 г. формулу для определения конечной глубины карьера, получившую широкую известность.



Развитию разработки россыпей способствовало обоснование технологии экскаваторной разработки россыпей (С. М. Шорохов). В 1948 г. С. М. Шорохов публикует труд «Разработка россыпей открытыми способами». Важное значение имело создание первых Правил технической эксплуатации месторождений открытым способом под редакцией Н. В. Мельникова.

С пятидесятых годов XX в. начинается качественно новый этап развития горной науки. Он примечателен широким использованием достижений математики, физики, химии, вычислительных машин как для исследования природных явлений при разработке месторождений полезных ископаемых, так и для создания горной техники. Этому периоду соответствует создание широкой сети научно-исследовательских, конструкторских, проектных и учебных институтов в горнодобывающих районах и бассейнах.

Фундаментальные исследования по расширению области применения открытого способа добычи полезных ископаемых позволили перейти к разработке крупными карьерами уникальных месторождений (Казахстан, Восточная Сибирь, Кольский п-ов и др.), способствовали созданию нового горного и транспортного оборудования, оптимизации процессов открытых работ (Н. В. Мельников, М. В. Васильев, К. Е. Веницкий).

В области определения границ открытых работ крупные исследования выполнили В. В. Ржевский (графоаналитический метод) и А. И. Арсентьев. В начале 50-х гг. В. В. Ржевским введено понятие о режиме горных работ в карьерах. Разрабатываются методы математического моделирования месторождений и параметров систем разработки. В конце 50-х гг. цикл работ был посвящён созданию методологии определения производительности карьера (П. И. Городецкий, К. Е. Веницкий).

Проводится капитальное исследование по глубоким карьерам (М. Г. Новожилов, Б. Н. Тартаковский). Исследование календарных графиков вскрышных работ позволило развить теорию поэтапной разработки карьерных полей (В. В. Ржевский, В. С. Хохряков).

В начале 1960-х гг. под руководством Н. В. Мельникова и В. В. Ржевского складываются советские научные школы в области открытой разработки месторождений полезных ископаемых, которые широко используют достижения фундаментальных наук – ма-

тематики, физики, химии. В области теории проектирования карьеров установлены принципы рационального развития горных работ и выбора способа вскрытия (А. И. Арсентьев, В. В. Ржевский, М. Г. Новожилов)

Научно обосновывается циклично-поточная технология открытых горных работ (А. Н. Шилин и др.), разрабатываются технологические схемы проведения капитальных и разрезных траншей с применением техники непрерывного действия (М. Г. Новожилов, Б. Н. Тартаковский). Разрабатываются научные основы раздельной отработки сложных забоев. Проводятся обобщающие исследования в области теории систем разработки.

Большое значение в 60-е годы XX в. имело создание теоретических основ применения технологических схем разработки железных руд на глубоких горизонтах карьеров Кривбасса.

Ведутся исследования по устойчивости бортов карьеров, использованию способа обрушения уступов. Проведены исследования комбинированной (открытой и подземной) разработки месторождений, рациональной технологии горных работ на карьерах Севера, по технологии с мобильной техникой (К. Н. Трубецкой).

В конце 60-х гг. проведены исследования по рекультивации земель, нарушенных открытыми разработками. В 70-е гг. предложено рассматривать комплексную механизацию в карьере по технологическим потокам (Ю. И. Анистратов). Проведено исследование по определению взаимоувязанных параметров горных машин с процессами открытой разработки (П. И. Томаков). Предложено рассматривать карьер как единую систему, в которой основным параметром является объём подготовленной к выемке горной массы (Ю. П. Астафьев).

Разработаны научные способы, основы и технологические параметры для управления качеством минерального сырья в карьере (Г. Г. Ломоносов, Ф. Г. Грачёв). Ведутся исследования в области подготовки горной массы, выемки, транспортирования, отвальных работ.

Благодаря исследованиям в области открытой горной технологии разработаны научные методы проектирования карьеров на основе геометрического анализа развития горных работ и исследований их режимов, обоснования объёмов горно-капитальных работ, этапности и очередности освоения производственных мощностей

карьеров. Решены вопросы интенсификации вскрытия карьерных полей в т.ч. глубоких залежей (Ю. И. Анистратов). Созданы методы расчётов элементов карьера при поточной и циклично-поточной технологии и заложены научные основы этих технологий.

Определены научные основы рекультивации нарушенных земель, концентрации и специализации производства, совершенствования управления с применением ЭВМ.

**Вопросы для самопроверки:**

- 1. Развитие открытых горных работ в Древнем мире.**
- 2. История развития открытой геотехнологии в России в Средние века и Новое время.**
- 3. История создания горной техники (XIX-XX вв.).**
- 4. История применения бестранспортной технологии в открытых горных работах.**
- 5. Становление и развитие научной школы открытой геотехнологии.**

## Список литературы

1. **Аренс, В. Ж.** Основы методологии горной науки : учебное пособие / В. Ж. Аренс. – Москва : МГГУ (университет), 2001. – 223 с. : ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 218–221. – 300 экз. – ISBN 5-7418-0052-1. – Текст : непосредственный.

2. **Копытов, А. И.** История развития горного дела : монография / А. И. Копытов, Ю. А. Масаев, В. В. Першин. – Новосибирск : Наука, 2009. – 510 с. : ил. ; 25 см. – Библиогр.: с. 505–507. – 500 экз. – ISBN 978-5-02-023271-6. – Текст : непосредственный.

3. **Курехин, В. В.** История становления техники и технологии горного дела : учебное пособие / В. В. Курехин, Ю. А. Масаев, В. В. Першин. – Кузбасский государственный технический университет. – Кемерово : КузГТУ, 2000. – 262 с. : ил. ; 20 см. – Библиогр.: с. 256 – 259. – 500 экз. – ISBN 589070-207-6. – Текст : непосредственный.

4. **Кутузов, Б. Н.** История горного и взрывного дела : учебник для вузов / Б. Н. Кутузов. – Москва : МГГУ (университет), 2008. – 414 с. : ил. ; 24 см. – 500 экз. – ISBN 978-5-98672-105-7. – Текст : непосредственный.

5. **Плютов, Ю. А.** История техники в горном деле : монография / Ю. А. Плютов. – Москва : Грифон, 2017. – 728 с. : ил. ; 25 см. – 500 экз. – ISBN 978-5-98862-318-2. – Текст : непосредственный.

6. **Ребрик, Б. М.** У колыбели геологии и горного дела / Б. М. Ребрик. – Москва : Геоинформмарк, 2000. – 182 с. : ил. ; 21 см. – 2000 экз. – ISBN 5-900357-42-2. – Текст : непосредственный

7. **Трубчанинов, А. Д.** История горного дела : учебное пособие / А. Д. Трубчанинов, М. С. Вагапов, С. Б. Корецкий ; Кузбасский государственный технический университет. – Кемерово : КузГТУ, 1996. – 148 с. : ил. ; 21 см. – Библиогр. : с. 146. – 500 экз. – ISBN 5-89070-011-1. – Текст : непосредственный.

8. **Шевкун, Е. Б.** История горного дела : учебное пособие / Е. Б. Шевкун. – Тихоокеанский государственный университет. – Хабаровск : ТОГУ, 2015. – 244 с. : ил. ; 21 см. – 100 экз. – ISBN 978-5-7389-1807-0. – Текст : непосредственный.

9. **Шилин, А. А.** Освоение подземного пространства : зарождение и развитие : учебное пособие / А. А. Шилин. – Москва : МГГУ (университет), 2005. – 304 с. : ил. ; 24 см. – 2000 экз. – ISBN 5-7418-0391-1. – Текст : непосредственный.