В данном учебном пособии по межфакультетскому курсу лекций «Минеральные ресурсы и цивилизация», прочитанному в 2013 и 2014 гг. для студентов, магистрантов и аспирантов МГУ имени М.В. Ломоносова, системно рассмотрена неразрывная фундаментальная связь развития цивилизации со степенью освоения минеральных ресурсов, определяющая коренные преобразования и этапы цивилизационного процесса. Показано последовательное вовлечение в сферу деятельности человечества всё большего числа минеральных ресурсов, существенным образом повлиявших на эволюцию общества и его социально-экономическую структуру. Медно-каменному периоду соответствовала первобытно-общинная формация; бронзово-раннежелезному – рабовладельческая; железо-угольному – появление капиталистической; атомно-радиоэлектронному периоду – империалистической и социалистической формаций. Происходит экспоненциальное экономико-социальное развитие общества.

Геологический факультет МГУ 2014

1990 2014 Фото В.И.Смирнова

Минеральные ресурсы и цивилизация

В.И.Старостин

В.И. Старостин

Минеральные ресурсы и цивилизация

Москва 2014

В.И. Старостин

МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ЦИВИЛИЗАЦИЯ

Учебное пособие
по межфакультетскому курсу лекций

Допущено УМО по классическому университетскому образованию
в качестве учебного пособия

МАКС ПРЕСС

МОСКВА – 2014

УДК 553.2
ББК 33.11
С77

Редактор:
профессор *В.Т. Трофимов*

Рецензенты:
профессор *В.В. Дьяконов*,
зав. кафедрой геологии и разведки полезных ископаемых РУДН;
профессор *П.А. Игнатов* (РГГРУ)

Старостин В.И.

С77 **Минеральные ресурсы и цивилизация:** Учебное пособие по межфакультетскому курсу лекций: – М.: МАКС Пресс, 2014. – 160 с. [+60 с. вкл.]
ISBN 978-5-317-04865-5

В данном учебном пособии по межфакультетскому курсу лекций «Минеральные ресурсы и цивилизация», прочитанному в 2013 и 2014 гг. для студентов, магистрантов и аспирантов МГУ имени М.В. Ломоносова, системно рассмотрена неразрывная фундаментальная связь развития цивилизации со степенью освоения минеральных ресурсов, определяющая коренные преобразования и этапы цивилизационного процесса. Показано последовательное вовлечение в сферу деятельности человечества все большего числа минеральных ресурсов, существенным образом повлиявших на эволюцию общества и его социально-экономическую структуру. Медно-каменному периоду соответствовала первобытно-общинная формация; бронзово-раннежелезному – рабовладельческая; железо-угольному – появление капиталистической; атомно-радиоэлектронному периоду – империалистической и социалистической формаций. Происходит экспоненциальное экономико-социальное развитие общества.

Ключевые слова: минеральные ресурсы, история цивилизации, медный век, золотая лихорадка, агрономических сырье, ядерная энергия, драгоценные металлы, минералогические музеи, минералы в искусстве.

УДК 553.2
ББК 33.11

Starostin V.I.
Mineral resources and civilization: Interdepartmental Course of Lectures: Manual. – M.: MAKS Press, 2014. – 160 p. [+60 p.]

This manual on interdepartmental course of lectures «Mineral resources and civilization » delivered in 2013 and 2014 to graduate and postgraduate students of Lomonosov Moscow State University discusses the inseparable fundamental link of civilization development with the degree of mineral resource exploitation that defines crucial transformations and stages of civilization evolution. The work demonstrates the successive involvement of an increasing number of mineral resources affecting the evolution of society and its socioeconomic structure. The primitive communal formation corresponded to the copper rock period; the slave-owning formation, to the bronze-early iron period; appearance of the capitalistic formation, to the iron-coal period; and the imperialistic and socialistic formations, to the atomic radioelectronic period. These processes lead to exponential socioeconomic development of the society.

Keywords: mineral resources, history of civilization, Eneolithic, gold rush, agronomic raw material, nuclear energy, precious metals, mineralogical museums, minerals in art.

ISBN 978-5-317-04865-5

© Старостин В.И., 2014

Оглавление

Введение ... 6
Часть I. Рудно-геологические сведения ... 8
Глава 1. Краткие сведения о минеральных ресурсах ... 8
Глава 2. Возникновение и эволюция минерально-сырьевых ресурсов в истории развития Земли ... 12
Происхождение и развитие Земли ... 12
Кометная гипотеза происхождения планет и хондритовая модель образования Земли ... 13
Гидридная гипотеза образования Земли В.Н. Ларина ... 13
Концепция образования Земли Шмидта-Сафронова-Сорохтина, основанная на аккреции холодного протопланетного газопылевого облака ... 15
Часть II. История горнорудного производства и развитие цивилизации ... 21
Глава 3. История горнорудного производства. Древнейший и древний периоды ... 21
Древнейший период (до X в. до н.э.) ... 21
Энеолит-эпоха раннего металла (в тыс. л. до н.э.): ... 24
Пещеры в ранней истории человечества ... 31
Золото древнейшего и древнего периодов ... 33
Железный век ... 35
Древний период (X в. до н.э. - I в. н.э.) ... 37
Дамасская сталь ... 38
Минеральные краски ... 40
Заключение ... 41
Глава 4. Средневековый период (до XIX в.) ... 42
Раннее средневековье (I-XV века) ... 42
Раннее новое время. Эпоха Возрождения (XIV – конец XVIII в.в.) ... 42
Крупные пещерные монастыри ... 47
Алхимия ... 47
Архитектура, строительство и монументальное искусство в эпоху возрождения ... 47
Известняк в древнерусском зодчестве ... 48
Минеральные краски. Мрамор в декоративном искусстве и скульптуре ... 49
Мало распространённые в качестве строительных и декоративных материалов горные породы ... 50
Глава 5. Новый период – XIX в. – наши дни ... 52
Начальный этап (от 1820-1830 гг. до 1900-1910 гг.) ... 52
Первая в Новом периоде научно-техническая революция (1820-1900 гг.) ... 53
Золотые лихорадки ... 53

Сибирская золотая лихорадка ... 54
Австралийская золотая лихорадка ... 56
Чугунное искусство ... 57
Глава 6. Агрономическое минеральное сырьё ... 60
Фосфатное сырье ... 62
Калийные соли ... 65
Азотное сырье ... 67
Магнезиальное сырьё ... 68
Сера ... 68
Глава 7. Время великих открытий. Аэрокосмический и радио-электронный этап. XX в. Стратегические ресурсы – алюминий, уран, полиметаллы, редкие и редкоземельные элементы ... 70
Алюминий ... 70
Полиметаллы (медь, свинец, цинк) ... 71
Уран и торий ... 74
Природные ядерные реакторы ... 77
Влияние ядерной энергетики на экономику ... 78
Стратегические ресурсы – редкие и редкоземельные элементы ... 79
Редкие металлы ... 79
Гидротермальные вулканогенные андезитоидные месторождения ... 81
Глава 8. Руды океана. Мировые и российские приоритетные направления работ в морях и океанах Земли ... 90
Мировые и российские приоритетные направления работ в морях и океанах Земли ... 90
Современные сульфидные руды Срединно-Атлантического хребта ... 90
Кобальтоносные железомарганцевые корки ... 90
Формация железомарганцевых конкреций абиссальных впадин ... 91
Глава 9. Гидроминеральные ресурсы ... 93
Формула ионного состава воды ... 94
Криогенная зона Земли ... 101
Водные ресурсы ... 105
Хозяйственно-питьевые водные ресурсы ... 105
Лечебные минеральные воды ... 105
Бромные, йодобромные и йодные (с N_2, CH_4) воды ... 110
Радоновые воды ... 110
Кремнистые термальные воды с N_2, CH_4, CO_2 ... 110
Промышленные воды ... 111
Теплоэнергетические подземные воды России ... 112

Среднерусский артезианский бассейн и его минеральные воды 113
Влияние систем кимберлитовых трубок взрыва на состав минеральных вод 114
Часть III. Горные породы, минералы и руды в современном искусстве и экономике .. 118
Глава 10. Горные породы, минералы и руды в современном искусстве 118
Главные области влияния горных пород, минералов и руд на образ жизни человека 118
Коллекционирование минеральных видов 118
Нефрит и жадеит – искусство и религия – сакральные камни народов юго-восточной Азии 122
Основные камнесамоцветные провинции СНГ 123
Яшмовый пояс Южного Урала 124
Исчезающее богатство Урала и мира – малахит 124
Орлец (родонит) 125
Изумруды Урала 125
Горный хрусталь Северного Урала 126
Создание картин из крошки цветных минералов 127
Природная камнеграфия 127
Искусство суйсеки 128
Прекрасный невидимый мир 128
Синтез ювелирного ограночного кристаллосырья 129
Глава 11. Драгоценные металлы и Золотой миф 131
Краткие геолого-металлогенические сведения о благородных металлах 131
Золото 131
Появление денег. Древний мир 133
Отношение золото-серебро-бумажные деньги 133
Золотой стандарт 134
Постулаты золотого стандарта 135
Переходный период от золотого стандарта к беззолотой системе 135
Бреттонвудская система (1944-1971 гг.). 135
Исчезновение функции золота как хранилища вечных сокровищ 136
Что делать? 136
Серебро 137
Старинные рудники Раммельсберг 138
Столица горного дела - город Фрайберг 140
Платина 144
Заключение 147
Литература 155

Введение

Цель данного курса, прежде всего, познакомить широкий круг любознательных читателей с безграничным полем геологической науки и практики. На примерах анализа развития взаимоотношений минеральных ресурсов Земли и человека показать, что на всех этапах истории цивилизации прогресс осуществлялся только на базе глубокого и рационального использования существующих на нашей планете минеральных ресурсов.

Согласно исследованиям В.И.Вернадского человек использовал в древнем мире только 18 элементов; в эпоху возрождения (XVII в.) 25 элементов; в XVIII в. 29; в XIX в. – 47; в первой половине XX в. - 54, а во второй уже 80. Экспоненциальное развитие мира ставит новые грандиозные задачи, без решения которых бурно увеличивающееся человечество погибнет без всяких апокалипсисов и глобальных войн (Козловский Е.А., Комаров М.А., Макрушин Р.Н., 2013; Лосев К.С., Мнацакян Р.А., Дронин Н.М., 2005).

Тренды XXI века:

1. Перемещение центров добычи полезных ископаемых на новые территории (Сибирь, Африка, Австралия, Бразилия, дно Мирового океана в экваториальной зоне, морские шельфы, Арктика и др.)
2. Новые источники энергии. Последовательный переход: нефть+газ →сланцевый газ→уголь+горючие сланцы → уран+торий →петроэнергетика → термоядерная энергетика.
3. Новые материалы: сплавы, материалы для ядерных реакторов, электроника, полупроводники, графен, гибкие экраны, геоника.
4. Новые технологии. Методы поиска, добычи, обогащения, извлечения полезных ископаемых. Космическая съемка, беспилотники, выщелачивание, бактериальное обогащение и др.
5. Запредельный уровень экологических проблем.
6. Глобализация

В современную эпоху возникла крайняя необходимость в создании междисциплинарных исследовательских групп по всем отмеченным выше направлениям. Невозможно переоценить роль полезных ископаемых в становлении цивилизации. Американский этнолог Генри Люис Морган писал, что с того момента, когда варвар научился получать и применять металл, именно тогда девять десятых борьбы за цивилизацию было выиграно. Использование металла стимулировало развитие земледелия, строительства, ремесел, военного дела и культуры; способствовало бурному социальному прогрессу. Не случайно первые государства на земле возникли в эпоху раннего металла. Выдающийся русский историк, географ и этнолог Л.Н.Гумилев пришел к выводу о неразрывной связи истории людей и истории природы, понимая под этим роль климата, ландшафта и природных ресурсов в создании этносов - устойчивых, естественно формирующихся коллективов людей (Гумилев Л.Н.1993).

Так не похожие друг на друга железная руда и нефть, мрамор и природный газ на самом деле очень близки между собой. Называются они, так же как и очень многие другие вещества, полезными ископаемыми. Ископаемые - потому что извлекаются из недр Земли, отторгаются человеком от её каменной оболочки. Полезные - потому что служат человеку, т.е. по его воле превращаются в разнообразные необходимые вещи, которые создают уют, обеспечивают безопасность, обогревают, кормят, перевозят. Одним словом, полезные ископаемые нужны всегда и везде, оказывают огромное влияние на нашу жизнь.

Когда образовались на Земле полезные ископаемые? Очевидно, очень давно, вместе с самой каменной оболочкой планеты. Некоторые горные породы, которые человек использует сегодня для своих целей, имеют возраст несколько миллиардов лет.

Другие полезные ископаемые появились позже: их возраст исчисляется десятками и сотнями миллионов лет. Иными словами, они возникали постепенно, в течение всей жизни нашей планеты. Есть и такие полезные ископаемые, например песок, глина или торф, которые продолжают накапливаться и по сей день. Для того чтобы увидеть, как это происходит, не надо спускаться в неведомые глубины: достаточно выйти на берег реки или моря, либо побывать на одном из многочисленных болот, на обширных пространствах России. Полезными эти ископаемые были не всегда.

Когда древний человек делал первые шаги по Земле, их для него как бы не существовало. Человека окружала природа (живая и неживая): воздух, вода, животные и растения. И вместе с ними - минеральная твердь Земли. Твёрдая оболочка планеты была - и остаётся по сей день - не просто полезной, но необходимой для всего существующего на ней. Она является каменной основой мироздания, на которой разворачиваются сцены земной жизни. Чтобы ископаемые стали полезными, человек должен был стать Человеком и ощутить пользу, которую ему может принести камешек, лежащий на берегу реки или отколотый от скалы. Надо было, чтобы он научился использовать свою находку, обрабатывать её. Утекло немало воды, прежде чем человек понял, что под его ногами находится поистине неисчерпаемая кладовая, богатства которой сделают его многотрудную жизнь легче, интереснее и разнообразнее. Тогда полезные ископаемые «родились» вторично - теперь уже в сознании человека.

Многообразны минеральные ресурсы, которые получают из недр Земли. Основу полезных ископаемых составляют твёрдые вещества: руды различных металлов, уголь, самые разнообразные драгоценные и поделочные камни, строительные материалы, сырье для химической промышленности. Извлекаются из недр и различные жидкости. К ним относятся нефть и подземные воды - от целебной влаги минеральных источников до обычной ключевой и колодезной воды. Используются и газы, заключённые в недрах, прежде всего природный горючий газ, без которого сегодня немыслим уют большинства квартир (Энциклопедия, 1995).

Часть I. Рудно-геологические сведения

Глава 1. Краткие сведения о минеральных ресурсах

Прежде чем мы приступим к анализу взаимосвязи минеральных ресурсов и цивилизации, давайте очень кратко ознакомимся с основными понятиями и терминами общей геологии, рудной геологии и минерагении.

Руда - древнерусское название крови. Руды металлов, извлекаемые из недр земли, наши предки считали её кровью. С незапамятных времён руду добывали в горах. Именно здесь она часто залегает неглубоко и доступна для разработки. Возникло одно из важнейших занятий человека - горнорудное производство. Во всём мире так называют любые работы, при которых ведутся поиск, разведка, добыча и переработка полезных ископаемых, где бы они ни производились - в горах, на равнинах или в глубинах морей и океанов.

Довольно трудно найти полезные ископаемые в таких объёмах и концентрациях (т.е. с высоким содержанием полезных компонентов в породе), чтобы их добыча была экономически выгодна. Только тогда можно сказать, что это настоящее месторождение. Даже найдя следы присутствия полезных ископаемых или сами желанные минералы, люди не всегда торопятся их извлекать. Есть несколько требований, которым должно удовлетворять найденное скопление минерального сырья, прежде чем оно будет признано месторождением: определенное количество руды (не ниже некоторого минимального) и содержание в ней полезных компонентов. Эти требования для одного и того же вида полезных ископаемых сильно меняются в зависимости от места расположения месторождения. В районах действующих рудников, где имеются промышленные предприятия, рабочая сила, густая сеть железных и автомобильных дорог, разработка месторождений стоит дешевле и требования к сырью будут значительно более низкими, чем для вновь открытых месторождений в удаленных и труднодоступных необжитых областях, например, в Центральной Сибири, Гималаях, на Аляске и в других уголках планеты. Так, если в старых горнорудных районах выгодно разрабатывать и мелкие месторождения с малым содержанием золота (2-5 г/т), то для необжитых территорий эти условия совершенно неприемлемы. Там интерес представляют только месторождения с высоким содержанием (>15-30 г/т) этого металла. В пределах месторождений руды образуют тела различной формы. Наиболее часто это пластины (пласты); тела приблизительно округлой формы, которые немецкие геологи называют штоками; удлинённые трубы или комбинации этих трёх типов форм. По сравнению со всей площадью нашей планеты, составляющей 510,1 млн. км^2, размеры отдельных месторождений ничтожно малы. Они колеблются в пределах 0,003-0,47 км^2. В масштабе такие месторождения напоминают точечные уколы иглы на лётном поле аэродрома (Прокин В.А., Душин В.А., 2010; Старостин В.И., Сорохтин О.Г., Сакия Д.Р., 2010).

Выделяют 4 типа объектов исследования:1. **металлические** (руды металлов); 2. **неметаллические** (горно-химическое, агрохимическое, индустриальное и пьезооптическое, камнесамоцветное сырьё, стекольно-керамическое и техническое сырьё, природные строительные материалы и сырьё для их производства); 3. **горючие** (нефть и газ, уголь, горючие сланцы, торф) и 4. **гидроминеральные** (воды, рассолы,) полезные ископаемые.

Земная кора разделяется на континентальную и океаническую. **Континентальная** резко отличается от океанической. Её мощность 25 - 80 км, в ср.40 км. Перепады высот рельефа 17 км. Она включает три слоя: осадочный, гранитно-метаморфический и

гранулит-базитовый. **Океаническая кора** состоит трех слоев: верхний осадочный (0,5 км); второй базальтовый (1,5-2,0 км) и нижний габбро-серпентинитовый (4,5-5,0 км).

Образуются месторождения только во внешней оболочке Земли, имеющей толщину всего **10-15 км** (меньше чем доля скорлупы в курином яйце) Эта оболочка получила название **рудосфера.** В ней происходит постоянный круговорот веществ. Первоначально на больших глубинах из расплавов образуются **магматические породы и руды.** Затем солнце, вода и ветер разрушают их (экзогенные процессы) и в виде обломков и растворов переносят в моря и озёра. Постепенно там накапливаются 1000-метровые толщи песков, глин, солей и других **осадочных пород и руд**, которые погружаются в глубинные части Земли, где под влиянием высоких температур и давлений преобразуются в метаморфические пород и руды.

Таким образом, завершается цикл круговорота вещества. С момента возникновения Земли они следуют один за другим. Кратко прокомментируем условия возникновения и положение в разрезе земной коры месторождений полезных ископаемых (рис. цв. 1).

Все месторождения разделяются на три **серии**: эндогенную, экзогенную и метаморфогенную. Каждая серия состоит из **групп,** а последние из **классов. Эндогенная серия** – месторождения магматические, карбонатитовые, пегматитовые, скарновые, альбититовые, грейзеновые и гидротермальные. **Экзогенная серия** - выветривания, осадочные, экзогенные эпигенетические. **Метаморфогенная** - месторождения метаморфизованные и метаморфические.

Глубинные магматические месторождения образуется из расплавов на глубинах 1,5-3,5 км. Они разделяются на **три группы**. **Первая относится к ультраосновным породам**, возникающим из магмы, богатой магнием и железом, но бедной кремнием. Это месторождения **медных и никелевых руд** (Норильск на Таймыре, Садбери в Канаде); **хрома, титана и платины** (Бушвельд в Южной Африке); **редких и редкоземельных элементов** (на Кольском полуострове и в Южной Африке**).** В трубообразных телах, сложенных кимберлитами, возникают **алмазы**. Под воздействием воды, кислорода и органических кислот кимберлиты превращаются в синюю глину. Она служит поисковым признаком на алмазы. Другим признаком служит красный гранат - пироп. Он является составной частью кимберлита. **Вторая группа** связана с **диоритами** - породами обогащёнными оксидами калия, натрия, кальция и алюминия и обеднёнными кремнием. Это **руды меди и молибдена** крупнейшего на Земле пояса, проходящего через обе Америки от Огненной Земли до Аляски. Здесь находятся гигантские месторождения, такие, как Чукикамата и Браден в Чили и Кляймакс в США. **Третья, самая большая по составу руд группа** образуется из растворов, циркулирующих по трещинам. Эти растворы возникают при возникновении **гранитов** – пород, содержащих до 70-90% кремнезема. Как в самих гранитах, так и во вмещающих их породах, в трещинах отлагаются **руды серебра, золота, вольфрама, молибдена, свинца, цинка, висмута и многих других элементов** (месторождения Тырныауз на С. Кавказе, Бингхем в США, Саса в Македонии и т.д.). Именно к этой категории минеральных образований относятся изумительные и уникальные по красоте друзы кристаллов (образования, возникшие из сросшихся вместе нескольких кристаллов) и коллекционные образцы.

Внутри вулканов на небольших глубинах (до 1,5 км) из низкотемпературных растворов образуются очень богатые золото-серебряные месторождения. Сотни таких месторождений расположены по берегам Тихого океана: на западе - в Андах и Кордильерах Южной и Северной Америки, на востоке - в вулканических горных цепях Чукотки, Камчатки, Японии, Китая и Австралии (Хренов А.П., Богатиков О.А., Лексин А.Б., Маханова Т.М., 2013). Другие месторождения возникают там, где базальтовые лавы изливаются на дно морей и океанов. В них накапливаются сульфиды железа, меди,

цинка и свинца. Процесс образования этих подводных месторождений длится в течение почти всей геологической истории нашей планеты. Начался он 3,8 млрд лет назад и продолжается вплоть до настоящего времени.

На дне Мирового океана образуются: глубоководные эндогенно-экзогенные полиметаллические сульфиды срединно-океанических хребтов (их называют чёрными курильщиками из-за клубов тёмно-серой взвеси минеральных частиц, похожих на столбы дыма печной трубы); кобальтоносные и железо-марганцевые корки и конкреции; гигантские резервы полиметаллических железо-марганцевых конкреций экваториального пояса (Талассохимия рудогенеза мирового океана, 2009; Авдонин В.В. и др.,2000; Старостин В.И., Игнатов П.А., 2006). В океанах (Тихом, Индийском и Атлантическом) формирование подобных руд активно происходит и сейчас (рис. 2).

Рис. 2. Фрагменты активных медных трубок: одноканальной (А) и двухканальной (Б). Активные чёрные курильщики гидротермального поля Рейнбоу (САХ 36.14 с.ш.)

Руды образуются повсеместно: на суше, в реках, озёрах, морях и океанах. Наиболее активны эти процессы в горах и на плоскогорьях в жарком и влажном климате. Высокие горы энергично разрушаются внешними силами Земли - ветром, водой, суточными и сезонными колебаниями температуры и движущимися ледниками. В результате образуется огромная масса обломков - десятки кубических километров, которая постепенно перемещается по планете в направлении наиболее низких её участков. Реки активно переносят большое количество обломков - от крупных валунов до песка и глины. При общем движении наиболее прочные, тяжёлые и химически инертные частицы накапливаются в понижениях и излучинах рек. Таким образом, образуются россыпи золота, платины, олова, алмазов и вольфрама и других прочных, твердых и химически устойчивых минералов.

Свою лепту в разрушение прибрежных скалистых гор и крутых берегов вносят моря и океаны. Могучие штормы, тайфуны, приливы и отливы формируют протяжённые пляжи, подобные знаменитым пляжам Копакабаны в Бразилии или Вайкики-Бич на Гавайских островах. Узкой лентой пляжи окаймляют восточное побережье Австралии, кольцом окружают острова Мадагаскар и Цейлон, на тысячи километров протягиваются вдоль побережий Индии, Восточной и Западной Африки, Южной и Северной Америки. В прибрежно-морских россыпях скапливаются огромные запасы руд циркония, тория, титана, магнетита, олова. В морских галечниках сосредоточены основные запасы сапфиров, аметистов, агатов и многих других драгоценных и поделочных камней. Столовые горы - плато, возвышающиеся над уровнем моря уступом на сотни метров, - служат барьером на пути влажных морских ветров. В экваториальном климате на подобных плато в условиях постоянных дождей и жаркого климата твердые горные породы разрушаются и превращаются в вязкую глинистую массу.

Постепенно из неё выносится всё, кроме оксидов алюминия, пласты которых называют бокситами - лучшими рудами для получения этого металла. Там же, где плоскогорья были сложены ультраосновными магматическими породами, процессы выветривания сформировали богатые месторождения никеля и кобальта. Реки, ручьи, потоки подземных вод, ветер и ледники механически разрушают и растворяют твёрдые горные породы и заключенные в них руды. Образовавшиеся растворы скапливаются в озерах, морях и океанах. В изолированных бассейнах, расположенных в жарких пустынных областях, таких, как озёра Баскунчак и Эльтон в низовьях Волги, небольших морях, подобных Аральскому в Средней Азии или Мёртвому на Ближнем Востоке, образуются очень солёные воды, называемые рассолами. Из них при интенсивных испарениях выпадают в осадок различные соли. Это и обычная поваренная, и калийные соли, а также соединения, из которых добывают магний, калий, бром, йод, бор и многие другие элементы.

Часть продуктов разрушения в виде тончайшей мути и растворов выносится реками в моря и океаны. Здесь они осаждаются на дне и образуют осадочные месторождения. Непосредственно у побережья происходит отложение бокситов, затем следуют руды железа и у подножия берегового склона - руды марганца. Бурная органическая жизнь в воде также, вносит свою лепту в образование месторождений. В озёрах и на морских мелководьях из скелетов отмирающих там организмов накаливаются большие массы кальцита ($CaCO_3$). Таким путём возникают грандиозные многокилометровые толщи известняков.

С побережьями связаны и месторождения фосфора. Этот химический элемент активно усваивается морскими организмами в устьях рек, которые образуют своеобразный биофильтр, не пропускающий соединения фосфора в открытое море. Концентрация фосфора в морских организмах достигает нескольких десятков процентов. Разложение и растворение органических остатков обогащают воды оксидом фосфора (P_2O_5) на глубинах 1000-1500 м, а восходящие подводные течения выносят образовавшиеся растворы к побережью. На берегах древних морей возникли крупнейшие в мире пластовые месторождения фосфоритов, такие, как Каратау в Западном Казахстане, Фосфория в западных штатах США.

Медленно и неумолимо вздымаются горные хребты, рядом с ними крупные участки земной коры погружаются в пучину океана и покрываются обломками, сносимыми речными потоками с разрушающихся горных кряжей. Накопившиеся осадочные толщи, в конце концов, оказываются на глубинах в несколько десятков километров, где господствуют очень высокие температуры (более 500° С) и давления (более 1000 кг/см). В этой адской печи полностью преобразуются минералы, поступившие сверху. Глины превращаются в прочные горные породы - сланцы, легко раскалывающиеся на тонкие пластинки, которыми можно покрывать крышу. Поэтому их называют кровельными сланцами. Из пористых и лёгких известняков образуются удивительно разнообразные по изяществу рисунка и расцветке плотные мраморы; обычные каменные угли превращаются в графит, из которого изготавливают помимо других полезных вещей и стержни для карандашей. Таким образом, происходит круговорот веществ в земной коре.

Глава 2. Возникновение и эволюция минерально-сырьевых ресурсов в истории развития Земли

В многочисленных гипотезах о происхождении и развитии Земли принимается постулат: «В раннем лунном периоде (до 4 млрд лет) Земля была однородна». В процессе дальнейшего развития протекала дифференциация её вещества. Результатом явилось резкое различие металлогении, магматизма и седиментации докембрия и фанерозоя в самой верхней оболочке нашей планеты – в земной коре. Различия в распределениях сидерофильных и халькофильных полезных ископаемых (рис. цв. 3).

В нижнем протерозое сидерофильная группа формирует максимум в интервале возрастов (2,8-2,0) млрд лет с пиком (2,45 млрд лет). Главный максимум халькофильных месторождений приходится на фанерозой (541 – 0 млн. лет). При этом подавляющее большинство, как и в случае сидерофильных руд, было связано с коровыми образованиями. Наиболее вероятным объяснением наблюдаемого распределения минеральных ресурсов по времени образования является регенерационное рудообразование, которое поглощает и преобразует продукты ранних эпох процессами последующих. Рециклинг приводит к локальному обогащению земной коры отдельными элементами. Чем больше циклов, тем большим будет обогащение. При этом не происходит увеличение общей массы полезных ископаемых, а только их запасы перераспределяются от более древних к более молодым. Меняется только минеральный и формационный состав месторождений.

Эффект накопления любого полезного ископаемого при рециклинге должен быть пропорционален общей массе этого компонента в земной коре и времени его накопления. Суммарная масса ископаемого данного возраста должна складываться из поступивших к этому времени в земную кору полезных компонент из мантии и дополнительного обогащения месторождений благодаря рециклингу вещества самой коры.

Скорость накопления сидерофильных элементов в земной коре пропорциональна общей массе (концентрации) свободного железа в конвектирующей мантии и эффекту рециклинга. При анализе распределения сидерофильных полезных ископаемых наилучшее осреднение получилось при проведении графика концентрации железа в мантии вблизи максимума протерозойского пика их накопления. Что соответствует периоду развития рециклинга около 600 млн. лет.

Для распределения золота наилучшее совпадение теоретической кривой с эмпирическими данными получается при периоде рециклинга 400 млн. лет. Аналогично определено распределение месторождений халькофильных элементов. При этом период рециклинга вдвое меньший, чем в случае месторождений сидерофильных элементов 300 млн. лет.

По аналогии с распадом радиоактивных элементов можно ввести параметр периода «полупереотложения» полезных ископаемых. В этом случае время переотложения половины запасов сидерофильных полезных ископаемых равно 416 млн. лет, для золота 277 млн. лет, а для халькофильных элементов 208 млн. лет. Для сравнения приведем данные Р. Гаррелса и Ф. Маккензи (1974) по разрушению осадочных пород. По их данным время полуразрушения эвапоритов равно 200 млн. лет, карбонатных пород – 300 млн. лет, а сланцев и песчаников – около 600 млн. лет.

Происхождение и развитие Земли

Геологические гипотезы развития Земли всегда играли важную роль в формировании естественнонаучного мировоззрения геологов. **Первую научно обоснованную гипотезу высказал Эли де Бомон** в 30-х годах XIX века. Она получила название кон-

тракционной и исходила из представлений Лапласа о «горячем» происхождении Земли, возникшей из сжимающегося сгустка разогретой газообразной материи. Делался вывод, что по мере остывания её размеры существенно уменьшались, а внешняя оболочка – земная кора сокращалась и подвергалась сжатию, благодаря чему на поверхности возникли горные сооружения и складчатые пояса осадочного чехла. Существует серия гипотез. Рассмотрим наиболее важные из них

Кометная гипотеза происхождения планет и хондритовая модель образования Земли

Она выдвинута А.А. Маракушевым (А.А. Маракушев, 1999; Маракушев А.А., Безмен Н.И., 1992). Первичное расслоение нашей планеты произошло еще на протопланетной стадии. Этому способствовало высокое флюидное давление, обеспечившее концентрацию в жидком земном ядре водорода и др. флюидных компонентов (углеродных, азотных сероводородных, хлоридных, фторидных). Моделирование первичного хондритового вещества, (А. А. Маракушев и Н. И. Безмен, 1992), показало полную аналогию с теоретической моделью строения Земли. В результате расплавления вещества обыкновенного хондрита в ампулах под водно-водородным давлением произошло расслоение на водородную (Fe, Ni, H), железо-ультраосновную (Mg, Fe, Si), ультраосновную (Mg, Si), переходную (Mg, Si, Al) и основную (Na, K, Si, Al) зоны, вполне сопоставимые с геосферами упрощенного разреза Земли (рис. цв. 4, рис. 5).

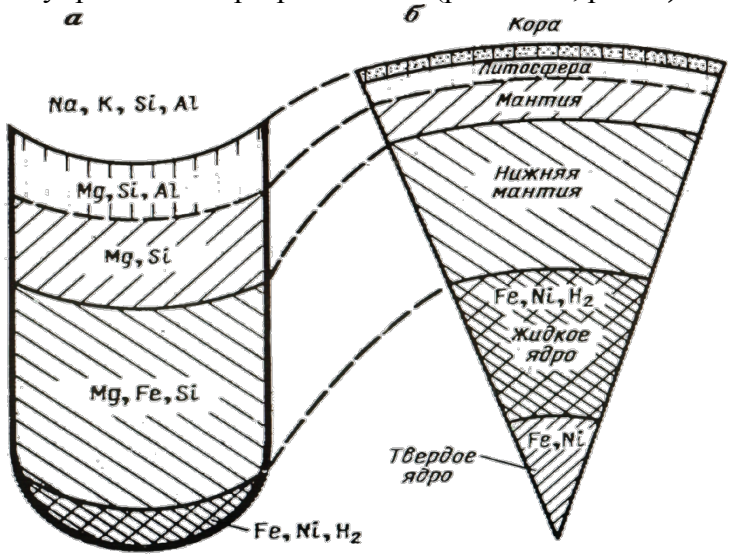


Рис. 5. Результаты экспериментального расслоения первичного расплава (а) под водно-водородным давлением на ряд зон: водородную никель-железную (Fe, Ni, H), железо-ультраосновную (Mg, Fe, Si), ультраосновную (Mg, Si), переходную (Mg, Si, Al) и основную (Na, K, Si, Al), которые сопоставляются со схемой строения Земли (б). (А.А. Маракушев и Н.И. Безмен, 1999).

Гидридная гипотеза образования Земли В.Н. Ларина

В.Н. Ларин (2005) предложил новую геохимическую модель современной Земли (табл. 1).

В качестве физической основы происхождения Солнечной системы В.Н. Ларин использовал представления Фреда Хойла (впоследствии – Нобелевского лауреата) о том, что во время формирования протопланетного диска вещество было частично ионизировано, и что центральное сгущение на этой стадии обладало мощным дипольным магнитным полем. При формировании диска вещество, сброшенное с протосолнечной

небулы, перемещалось поперек магнитных силовых линий. Ионизированные частицы не могут пересекать магнитные силовые линии, захватываются магнитным полем и останавливаются в нем, тогда как нейтральные атомы проходят через магнитное поле. Химические элементы различаются по склонности к ионизации. При формировании протопланетного диска в магнитном поле небулы происходило разделение элементов в зависимости от их потенциалов ионизации, что позволило определить – изначальная Земля была сложена преимущественно гидридами.

Таблица 1. Модель строения Земли с позиции гидридной гипотезы В.Н.Ларина.

Сфера	**Глубины, км**	**Состав**
Литосфера	0-150	Силикаты и оксиды
Металлосфера	150-2900	Сплавы и соединения Si, Mg, Fe
Ядро внешнее	2900-5000	Металлы с растворенным водородом, гидриды металлов
Ядро внутреннее	5000-6371	Гидриды металлов

Согласно представлениям А.Гилата и А. Вола, близким к взглядам В.Ларина, консервация энергии в период аккреции Земли путем эндотермического образования твердых растворов и соединений водорода и гелия и ее высвобождение при экзотермальных реакциях являются главным источником энергии эндогенных процессов. Энергия дегазации способна генерировать конвекцию в жидком ядре Земли и расплавлять мантию. Она поднимается с диапирами магмы и легко переносится по главным разломам, быстро концентрируется и высвобождается с очень высокими скоростями, производя все известные нам геофизические и геохимические процессы. Приметами таких процессов являются гигантские языки энергии, выброшенные Чилийским землетрясением 27.02.2010 г., магнитудой 8.8 балла. Они распространились через весь Тихий Океан, перпендикулярно Чилийско-Перуанскому желобу. Еще большее землетрясение 22.05.1960 г., с магнитудой 9.5 балла также в Чили создало языки энергии без потери интенсивности длиной в 3000-4000 км. (The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) visualization).

Ю.В.Баркин (2011) разработал геодинамическую модель гравитационного возбуждения оболочек планет внешними небесными телами (рис. цв. 6). Им рассмотрена система четырех гравитирующих тел: ядро-мантия Земли, Луны и Солнца. Гравитационные воздействия на Землю. По данной модели процессы сжатия и расширения являются циклическими и могут происходить на Земле в одни и те же геологические эпохи, но, с различной интенсивностью и в определенных зонах. Глобальная цикличность рифтогенеза и складчато-надвиговых деформаций обусловлены ускорением и замедлением осевого вращения Земли.

Пульсационная модель умеренно расширяющейся Земли, объясняемая изменениями наклона оси вращения, вариациями солнечной активности, лунно-солнечными приливами и инверсиями магнитного поля также объясняет цикличность рифтогенеза (Е.Е.Милановский). Современный взгляд на происхождение и эволюцию Земли исходит из представлений о том, что наша планета - это динамически неравновесная система, контролируемая процессами самоорганизации (синергетики) и фрактального самоподобия. Для её существования необходим постоянный привнос вещества и энергии. В последние годы развивается концепция ядерной диссоциации химических элементов в геохимической эволюции вещества Земли (В.А.Кривицкий, 2003).

Концепция образования Земли Шмидта-Сафронова-Сорохтина, основанная на аккреции холодного протопланетного газопылевого облака

На раннепланетарном этапе молодая Земля разогревалась благодаря распаду радиоактивных элементов и приливным взаимодействиям с Луной, которая тогда находилась на близком расстоянии от Земли, обращалась и деформировала ее в экваториальной плоскости. Тектономагматическая активность Земли впервые проявилась через 600 млн. лет после ее образования (4,0 млрд. лет) после того, как температура земных недр на глубинах 200-400 км поднялась до уровня плавления силикатов и металлического железа. Сразу же после этого начал действовать мощный процесс выделения эндогенной энергии– гравитационная дифференциация земного вещества, выплавления, опускания тяжелых расплавов железа и всплывания легкого силикатного вещества. Именно этот процесс в основном стимулировал, а в дальнейшем и питал энергией тектономагматическую активность. Вначале процесс дифференциации развивался только под наиболее прогретым приливными деформациями низкоширотным кольцевым поясом Земли, но в дальнейшем он расширился и концу архея охватил собою уже всю Землю, что привело около 2,7-2,6 млрд лет назад к выделению земного ядра (рис. 7, 8). Подобный процесс в настоящее время протекает на Венере (рис. 9).

В начале архея должно было существовать не менее 80 конвективных структур, чему соответствует образование не менее 40 первичных зародышей континентальной коры. Такое же количество (Старостин В.И., Сорохтин О.Г., Сакия Д.Р., 2010) первичных и наиболее древних нуклеаров континентальной коры, сложенных серыми гнейсами, трондьемитами и тоналитами, выделяется сейчас по геологическим данным. По мере погружения фронта дифференциации размеры конвективных ячеек должны были увеличиваться, отдельные нуклеары сливаться друг с другом, а их число сокращаться. Поэтому к концу раннего архея число зародышей не превышало двадцати.

Формирование континентальной коры в протерозое и фанерозое происходило за счет переплавления и дегидратации океанической коры и пелагических осадков в зонах поддвига океанических плит под островные дуги (Митчелл и Гарсон, 1984). Критерии выделения региональных суперансамблей: тектоно-магматические комплексы, глобальные эпохи складчатости, магматизма, осадконакопления и минерагении, планетарные гравиметровые аномалии (рис. цв. 10). Категории глобальных блоковых структур. Глобальные мегаблоки (суперансамбли) – огромные участки коры на основании формационного анализа континентальных и океанических масс и усредненных аномалий Фая. Мегаблоки первого порядка – закономерные сочетания платформ, подвижных поясов и областей тектоно-магматической активизации, различающиеся масштабами рудогенеза.

Выделяют два типа мегаблоков: с положительными и отрицательными аномалиями Фая. **Блоки с положительными гравиметрическими аномалиями.** Для них характерны крупные ресурсы Cr, Hg, Sn, Ta-Nb пегматитов; медноколчеданных руд. До 80 % запасов золота (Ю.Африка и Канадский щит, Дальний Восток) и до 40 % урана. Транзитный характер, независимый от типа мегаблока, имеют Cu, Pb, Zn, Fe, Ti, V, W. **Мегаблоки с отрицательными аномалиями Фая -** преимущественно сидерофильные, редкоземельные и U месторождения; пегматиты с мусковитом, Be, Cu-Ni руды с платиноидами; широко распространены месторождения Cu, Pb, Zn; W, Mo, Sn.

С позиции плейттектонической концепции в истории формирования Земли выделяют пять периодов (в млрд лет): тонких литосферных плит (3,8 –3,0); формирование основной массы континентальной коры и ядра Земли (3,0 – 2,7), первых суперконтинентов (2,7 – 1,8); многократного рециклинга первичной континентальной коры (1,8 – 0,6) и мантийно-коровой дифференциация (0,6 – 0,0) (циклический механизм тектоники литосферных плит).

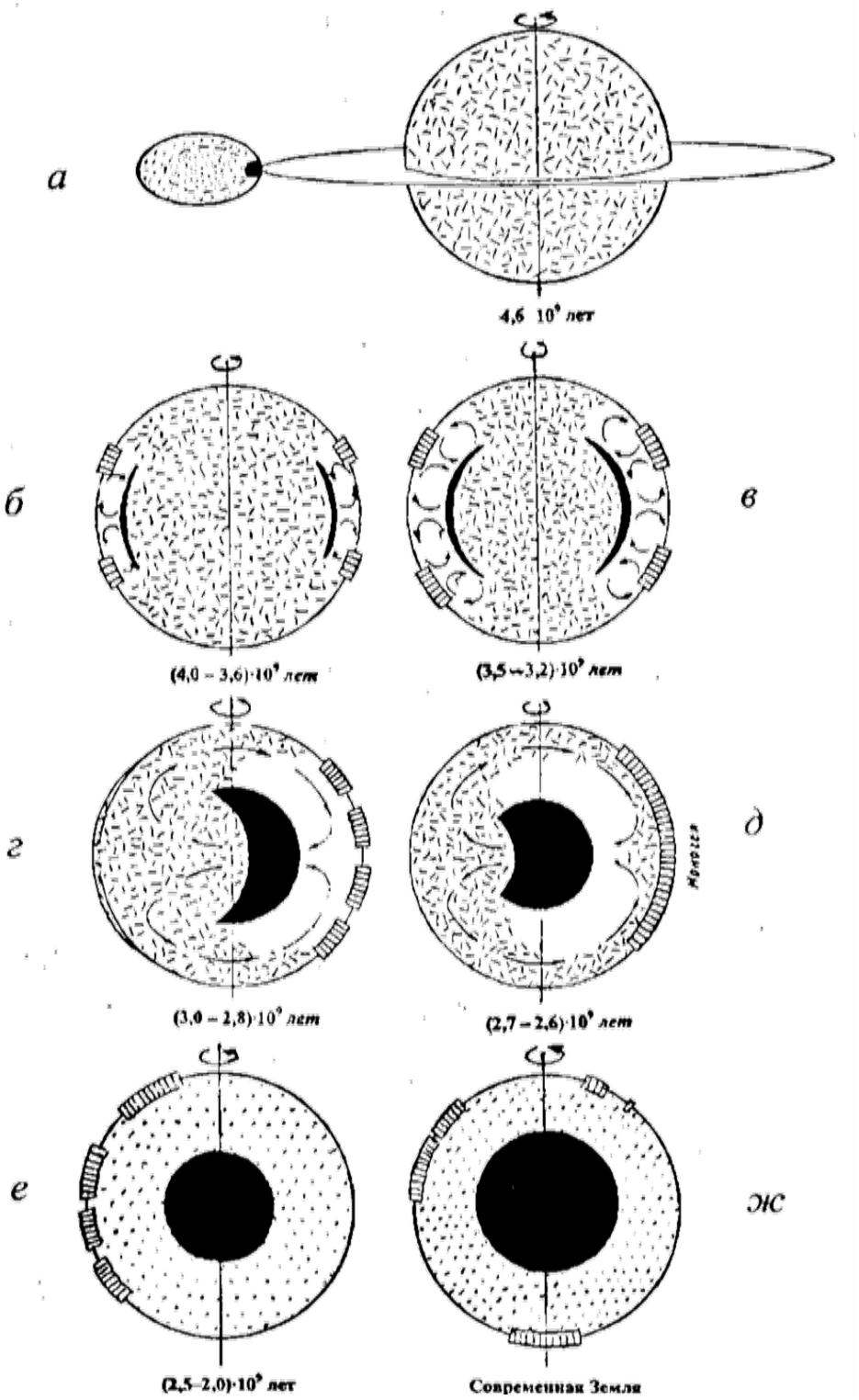


Рис. 7. Этапы выделения земного ядра. а – молодая Земля; б и в – зонная дифференциации земного вещества в Ar1-2; г и д – формирование плотного ядра Земли в конце архея; е и ж – развитие земного ядра в протерозое и фанерозое. Чёрным показаны расплавы железа и его окислов, белым – архейская деплетированная мантия, обеднённая железом, его окислами и сидерофильными элементами; черточками – первичное земное вещество, точками – нормальная мантия в протерозое и фанерозое; радиальной штриховкой – континентальные массивы.

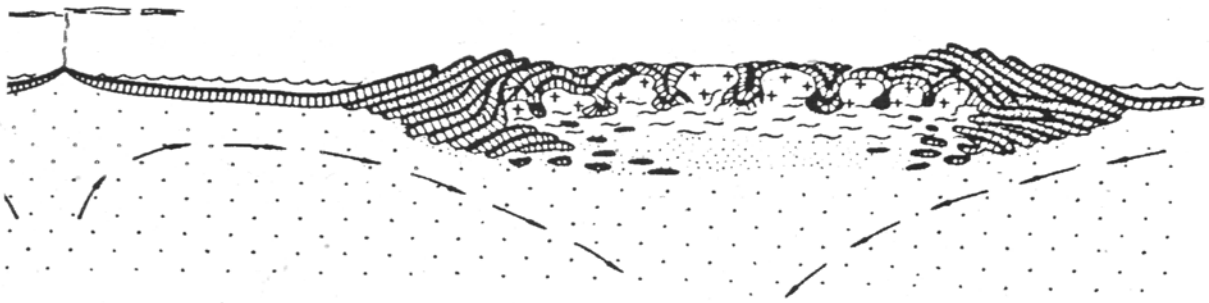


Рис. 8. Картина формирования континентальной коры в архее.

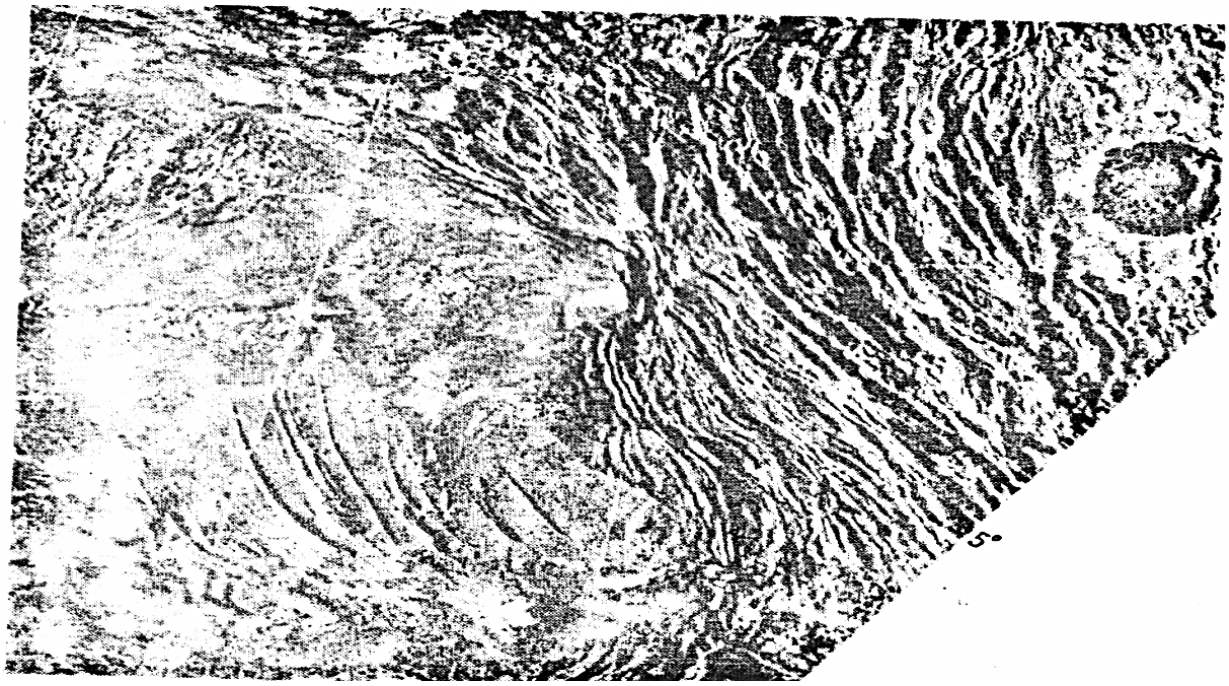


Рис. 9. Радиолокационное изображение участка поверхности Венеры размером 500х550 км в месте сочленения гор Максвелла – аналога зон скучивания тонких базальтовых пластин с плато Лакшми – аналогом континентального массива (в верхней правой части снимка видно изображение крупного метеоритного кратера Клеопатра)

1. **Период тонких литосферных плит** (4,0 – 3,2) млрд. лет: Железистые кварциты комплекса Исуа (Гренландия), пояса Абитиби (Канада) – (3,78 – 3,60) и Аншаньской серии (сев. Китай).Железистые осадочно-вулканогенные лептитовые формации типа Алгома и Кивантинский (Кируна, Швеция; Оленегорское, Россия) – (3,3 – 3,7).

Мусковитовые пегматиты (Анабарский щит, Джугджур) – (3,5 – 3,2).

Редкометальные пегматиты с Nb, Ta, Zr (Зап. Австралия, Бразилия, Африка) – (3,5 – 3,2). Хромиты в анортозитах (Фискенессетский комплекс), (Стиллуотер, Сев. Америка) – 3,65.

2. **Период формирования основной массы континентальной коры** — (3,2 – 2,7) млрд лет. Месторождения золота и урана в конгломератах (Витватерсранд, 2, 75). Железистые кварциты (КМА, Михайловское, Околово). Витватерсранд открыл в 1886 году фермер Уолкер из-под Йоганнесбурга, обративший внимание на камень с блестками латунного цвета (это был пирит), которому необычайно повезло: промыв в тазу измельченную породу он увидел и тонкую ярко-желтую полоску золотого песка. Кста-

ти, именно его открытие привело в 1869 году к началу золотой лихорадки в этом регионе. Кстати, кроме золота в руде содержится уран и платина, которые также добываются попутно. Кроме того, на данном месторождении находятся одни из самых глубоких шахт в мире, которые порой достигают глубины 4000 метров, а температура в шахте поднимается до 50°С.

Железистые кварциты - это концентрированная геология докембрия. Их пояса фиксируют перколяционную сеть эндогенной энергетической разгрузки. Архейские тектонические комплексы - продукт кооперативной динамики (П.М.Горяинов, Г.Ю.Иванюк, 2001). Они не что иное, как своеобразный аналог структур Бенара. А это отменяет традиционное понимание процессов структурирования по принципу пассивного накопления деформаций, также как и основанный на нем, транспортный эффект образования железорудных месторождений. Основным структурообразующим мотивом в районах развития железистых кварцитов является сочетание овальных блоков тоналитов с полосчатыми железорудными комплексами. Железорудные пояса – продукт дифференциации протовещества Земли, протекавшего под действием эндогенного энергопотока. Анализируя фактические данные, можно придти к выводу, что самая древняя перколяционная зона архей-кайнозой имеет прямое отношение к динамике железорудного процесса. Реализовался он по синергетическому сценарию. По мере формирования новых структурных этажей, каждая очередная железорудная формация накладывалась на другую (рис. цв. 11).

3. **Период первых суперконтинентов** (2,7 – 1,8) млрд лет. Ураноносные конгломераты (Канада, Элиот-Лейк – 2,2).Марганцевые месторождения (Индия, 1,7 – 2,3).Редкометальные пегматиты (Карелия, Забайкалье-Мамская провинция калиевый гранитный магматизм – 1,8).Золоторудные гидротермальные месторождения (Хоумстейк, Сухой лог, Кобальт – (1,8–2,0)). Олово-вольфрамовые скарны (Карелия – (1,8–2,0)). Колчеданные Cu-Zn-Pb месторождения, ассоц. с базальт-липаритовыми формациями (Австралия, Брокен-Хилл, Маунт-Айза — (1,75–1,85); Швеция, Болиден – 1,9; Финляндия, Оутокумпо (1,8–2,3); Карелия (2,0 –2,2)). Расслоенные ультраосновные массивы: а) Хром-платина, Южная Африка, Бушвельд – 1,95; Великая Дайка Зимбабве – 2,5; б) Медь-никель Канада, Саддбери (1,8 – 2,0). Кольский полуостров, Печенга – 1,8. Ультраосновные комплексы – (1,8 - 2,0). Карбонатитовые медные (Полабора) Альбититы с ураном и редкими металлами). Железистые осадочные формации – 1,85 (Украина, Кривой рог, Россия КМА, Костомукша; Австралия, Хаммерсли). Медистые песчаники (Россия, Удокан – (1,8 – 2,1)).

4. **Многократный рециклинг первичной континентальной коры** (1,8 – 0,6) млрд лет. Характеризуется стабильным геотектоническим режимом и отсутствием кардинальных перестроек планетарных геологических структур. Оживление эндогенной металлогенической активности началось в конце периода. В отрезке времени (1,0-0,6) млрд лет формировались колчеданно-полиметаллические месторождения, связанные с базальтоидным магматизмом, в Северной Америке и на Сибирской платформе (Холоднинское, Горевское и др.), а также магматические титаномагнетитовые руды Норвегии (Егерзунд), Канады (Лауренс Ривер) и России (Урал, Кусинское).

5. **Мантийно-коровая дифференциация** (период циклического функционирования механизма тектоники литосферных плит — (0,6-0,0) млрд лет). Со средней юры Пангея была расколота на ряд континентов, между которыми образовались современные молодые океаны: Атлантический, Индийский и Северный Ледовитый. С нижнего палеозоя начался процесс усиления глубинной рудно-магматической активности. Широкое развитие получили такие новые формации, как сурьмяно-ртутная, вольфрамовая, грейзеновая, медно-молибденовая, золото-кварц-халцедоновая. В это время возникли все месторождения бокситов, каолинитов, серы, морских и континентальных россыпей.

Согласно фундаментальным исследованиям С.И. Андреева и И.С. Грамберга установлен новый талассогенный среднеюрский этап развития Земли.

Новый этап развития Земли (> J_2 (170 млн. лет)) – возникла Мировая Талассогенная (морская) система - (базитовый вулкано-плутонический импульс) – океанический тип земной коры (Андреев С.И., 2002). Металлогения океана. Три мегастадии: Мезозойская (50 млн. лет – ср. юра-ниж. мел); Меловая (40 млн. лет – апт-кампан); Кайнозойская (80 млн. лет Cr_2 кампан-Pg-N-Q). **Мезозойская мегастадия** - толеит-базальтовый комплекс – рассеянный спрединг – старые океанические плиты. **Меловая** – промежуточная. Трещинные излияния – толеитовый базальт-ферробазальтовый комплекс. Увеличение коры. На континентах этой мегастадии соответствует киммерийский этап. **Кайнозойская**. Молодые океанические плиты и планетарная рифтовая система. Возрастает железистость базальтов. Расщепление гипербазит-базитовой магмы на более кислую и более основную в локальных поднятиях. Соответствует альпийскому этапу на континентах.

Главная сложность с объяснением причин формирования крупных локальных скоплений в земной коре рудных и некоторых других рассеянных элементов заключается в том, что их концентрация в мантии ничтожно мала, тогда как в месторождениях она возрастает иногда в сотни и тысячи раз. Например, концентрация урана и золота в современной мантии не превышает $2 \cdot 10^{-9}$, ртути и тория − $8 \cdot 10^{-9}$, свинца − $9 \cdot 10^{-8}$, серебра, вольфрама и платины – порядка 10^{-7}, лития, ниобия, молибдена и олова − 10^{-6} и т.д.

Вещество всей мантии (верхней и нижней) за 4 млрд лет тектонической активности Земли оказалось хорошо перемешанным конвективными течениями и в среднем однородно по составу на разных уровнях. Не следует ожидать существования в мантии локальных неоднородностей с повышенными содержаниями рудных элементов. Только наиболее распространенные в мантии элементы, например хром, могут создавать чисто эндогенные месторождения путём дифференциации расплавов. Примером служат хромитовые месторождения в офиолитовых поясах Земли. По условиям выплавления океанических базальтов и содержанию в них ювенильной воды, мантия практически сухая; содержание в ней воды менее 0,05 %. Ни о каких флюидных потоках в ней способных привнести в земную кору рудные элементы говорить не приходится. Основная масса эндогенных полезных ископаемых в континентальной коре могла формироваться благодаря действию многоступенчатого процесса обогащения коры рудными элементами. При этом первая ступень обогащения происходит в рифтовых зонах на океаническом дне.

В океанических рифтах срединно-океанических хребтов действуют мощнейшие гидротермальные системы, через которые Земля теряет более 30 % эндогенного тепла. По нашим оценкам средняя суммарная скорость водообмена во всех источниках хребтов равна 2300 км^3/год. При таких скоростях гидротермального водообмена вся масса воды в океане проходит через активные гидротермы и сипинги (просачивания) срединно-океанических хребтов с их обширными и пологими склонами за (0,6-1,0) млн. лет. В рифтах выносятся из мантии в океаны железо, цинк, свинец, медь, марганец и др. рассеянные элементы. Выносится и сера, образующая сульфиды этих элементов. Однако, заметная часть серы в сульфиды рифтовых зон попадает при восстановлении сульфатной серы океанических вод на метане и водороде из этих же зон по реакциям:

$$MgSO_4 + CH_4 \rightarrow MgCO_3 + H_2S + H_2O + 11{,}35 \text{ ккал/моль.}$$

(сульфат магния метан магнезит сероводород)

В геологической истории земли выделяется два максимума рудообразования: раннепротерозойский и фанерозойский:

Раннепротерозойский. Формирование единого ядра Земли и уникальных провинций с рудами сидерофильных элементов (железистые кварциты, благородные металлы и др.). Возникла планетарная перколяционная сеть, контролировавшая металлогенические процессы. **Фанерозойский.** Завершилось формирование континентальной земной коры. Возникла Мировая Талассогенная система (базитовый вулкано-плутонический импульс) – океанический тип коры. Рудообразование протекало в областях тектоно-магматической активизации в планетарных рифтогенных перколяционных системах. Образовались беспрецедентные по разнообразию и интенсивности провинции – молибденовые, оловянные, вольфрамовые, ртутные, тантало-ниобиевые, алмазоносные. В результате рециклинга возникли новые рудные формации железа, хрома, платиноидов, золота, серебра и др. элементов.

Часть II. История горнорудного производства и развитие цивилизации

Глава 3. История горнорудного производства. Древнейший и древний периоды

В истории горнорудного производства, как и в истории цивилизации, можно условно выделить четыре основных периода: древнейший (до X в. до н.э.); древний (до I в.н.э.); средневековый (до XVIII в.); и новый, в котором мы и сейчас живем (Аристов В.В., Роков А.Н., Русецкая Г.Г., 2000; Археология, 2006; Беккерт М., 1988; Григорьев В.М., Портнов А.М., 1986; Мочалов И.И., Оноприенко В.И., 2012; Деревянко А.П, Шунькова М.В., 2013; Рындина Н.В., Дегтярева А.Д. 2002).

Древнейший период (до X в. до н.э.)

Древнейший период уходит своими корнями непосредственно к истокам зарождения человечества. Это исключительно длительный отрезок нашей истории, когда человек только делал первые робкие шаги в познании и освоении окружающего мира. По некоторым оценкам период длился несколько сотен тысяч лет, в течение которых человеческое общество претерпело два этапа своего развития, получивших название каменный и бронзовый века. Обратите внимание, даже в периодизации заложена идея об определяющей роли полезных ископаемых.

Каменный век наиболее продолжительный. На его долю приходится более 99% всей истории человечества - от первых сведений о древнейших племенах (800 тыс. л. до н. э.) до появления в обиходе народов предметов из меди (8-4 тысячелетия до н.э.). Каменный век неоднороден и в свою очередь разделяется на три части: самую древнюю - палеолит; среднюю - мезолит; и позднюю - неолит.

На **палеолит** приходится львиная доля времени. Он продолжался до 10 тысячелетия до н.э. Жизнь древнейшего человека была совершенно неотделима от окружающей природы. На этой примитивной ступени он использовал твердые породы - кремень, кварцит, обсидиан, изготавливая из них ножи и скребки. Природный камень только оббивался до нужных форм, но не шлифовался. В качестве жилищ использовались пещеры. Ранний обитатель земли жил стадным образом в теплых краях, промышляя охотой на мелких зверей, птиц и пресмыкающихся, и собирал съедобные растения.

Предметы из стоянок палеолита: раннего-Карама; среднего-Усть-Каракол (Денисовская пещера); верхнего – Денисовская пещера (А.П.Деревянко и М.В.Шунькова, 2013). Украшения и каменные орудия - из мрамора, темно-зеленого хризолита и кремня (рис. 12-16).

В раннем палеолите (олдувайская эпоха (2,5-0,7) млн. л.) впервые каменные орудия использовались в районе Великих озер (Африка). В ашельскую эпоху (0,7-0,1) млн. л.) они применяются уже в Ю. Европе и Ю. Азии. Мустьерская эпоха (100-35) тыс. л. - В. Европа и Сибирь. В позднем палеолите (35-10) тыс. л. каменные орудия распространены в северной половине Евразии, северной и южной Америке, Австралии и островах Зондского архипелага. Орудия нижнего палеолита: Мадрасские рубила; Соанская традиция (скребки из гальки) (Бонгард-Левин Г.М., Ильин Г.Ф., 1985).

Каменный век эпохи использования каменных орудий: 1-2,5-0,7млн.л. (олдувайская); 2-0,7-0,1млн.л. (ашельская); 3-100 -35 тыс.л. (мустьерская); 4-35-10 тыс.л. (верхний палеолит) (рис. 17-18).

Рис. 12. Украшения из поделочного камня ранней стадии верхнего палеолита из Денисовой пещеры.

1 – браслет; 2, 5 – подвески, 3 – бусина, 4 – кольцо.

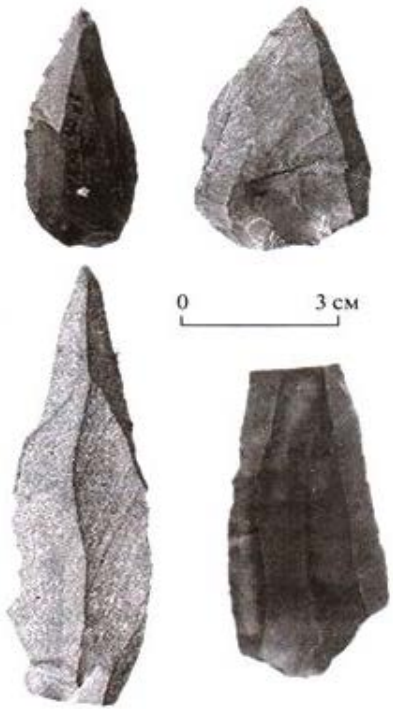


Рис. 13. Каменные орудия среднего палеолита со стоянки Усть-Каракол.

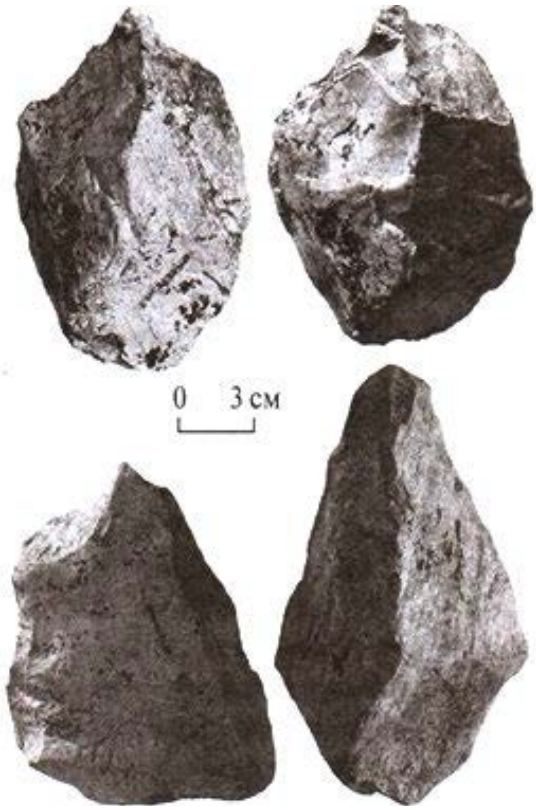


Рис. 14. Галечные орудия со стоянки Карама.

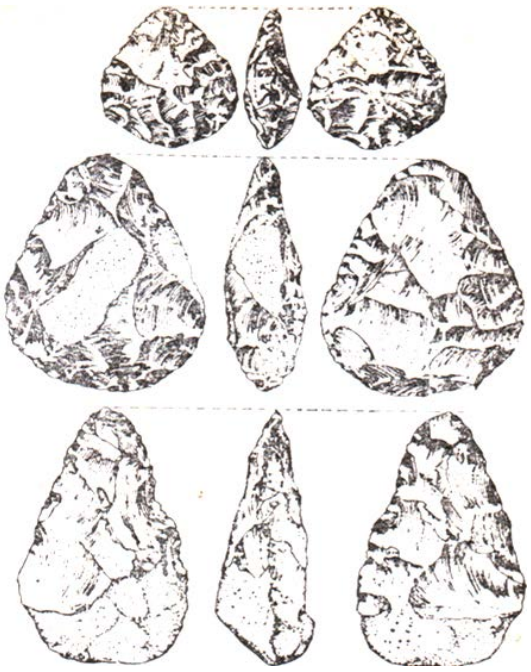


Рис. 15. Орудия нижнего палеолита – мадрасские рубила. (Бонгард-Левин Г.М., Ильин Г.Ф.(1985).

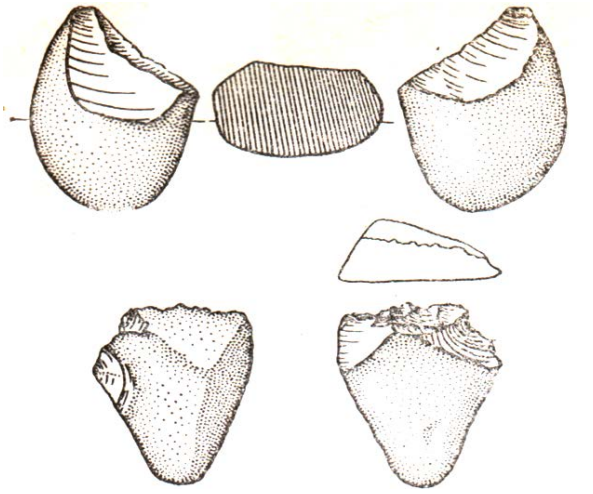


Рис. 16. Орудия нижнего палеолита – соанская традиция.(Бонгард-Левин Г.М., Ильин Г.Ф., 1985).

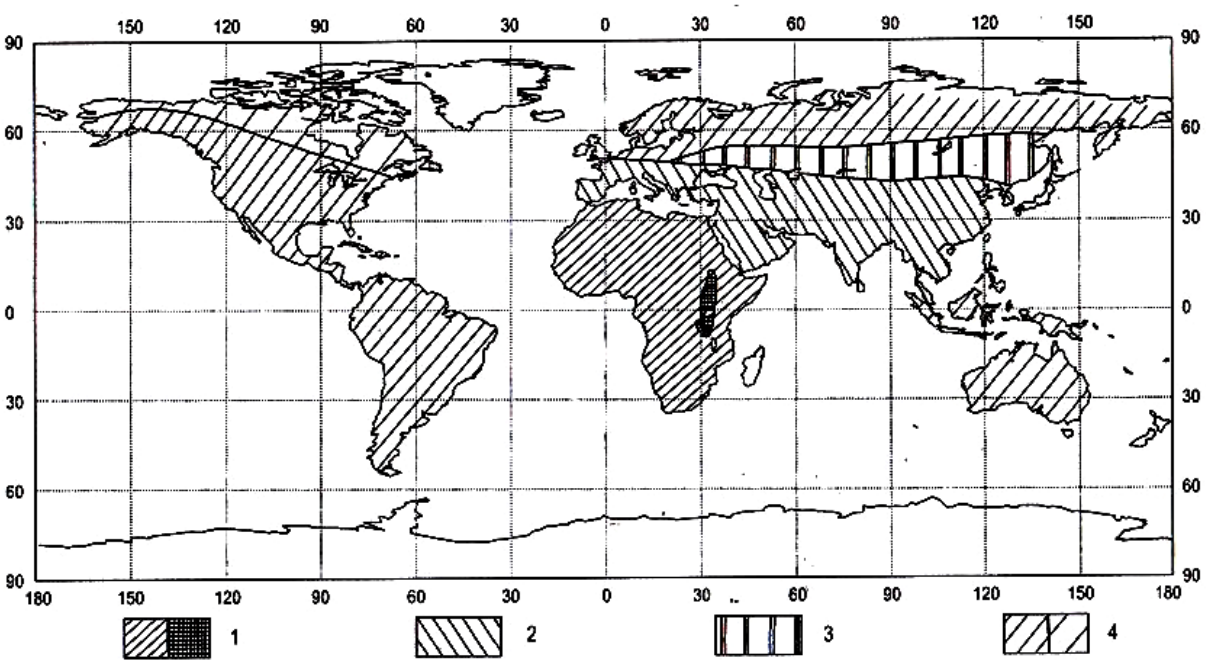


Рис. 17. Этапы использования каменных орудий по археологическим данным (по материалам Е.Н. Черных).

1 – от 2.5 млн. до 700 тыс. лет назад (олдувайская эпоха), 2 – от 700 до 100 тыс. лет назад (ашельская эпоха), 3 – от 100 до 35 тыс. лет назад (мустьерская эпоха), 4 – от 35 до 10 тыс. лет назад (эпоха верхнего палеолита).

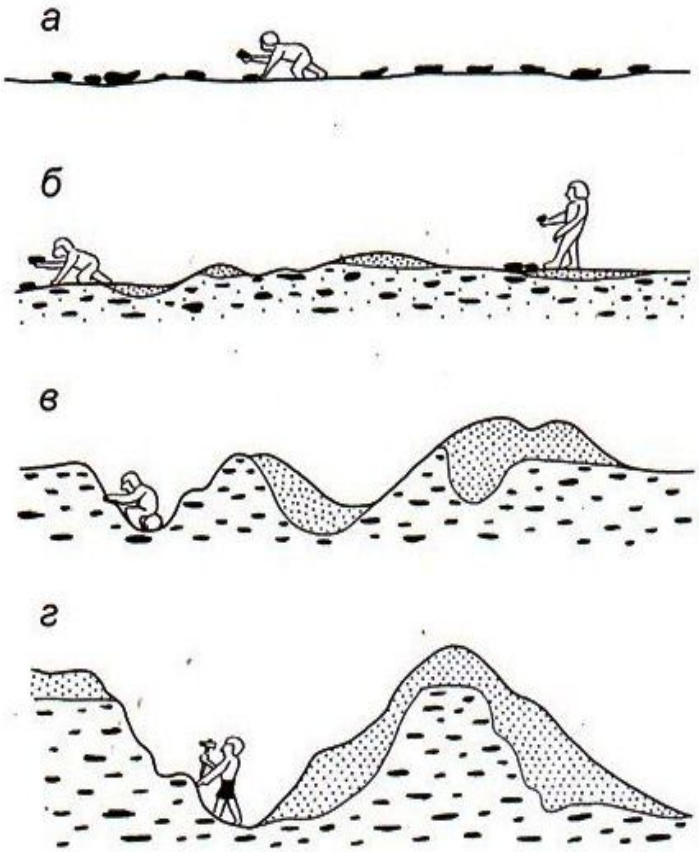


Рис. 18. Этапы развития добычи камня: а - собирательство, б - выкапывание с поверхности, в - выемка с помощью ям, г - уступная разработка

В мезолите (10-6 тыс. до н.э.) образ жизни человека существенно изменился. На смену неандертальцу пришел человек современного вида. Стадо сменилось родовой общиной, резко улучшилась техника обработки камня, появилось искусство. Создаются новые виды каменных орудий - микролиты - заостренные каменные пластинки, используемые в качестве режущих элементов в ножах и для наконечников стрел и копий. Человек начинает строить жилища из камня и дерева. В пещерах появляется наскальная живопись. В речных песках собираются золотые самородки, используемые для украшений.

Неолит (6-4 тысячелетие до н.э.) отмечен тщательной шлифовкой и даже полировкой каменных изделий, широким развитием керамического производства, обустройством первобытных стоянок, изготовлением простых украшений из золота, камней и керамики (рис. 19).

Энеолит-эпоха раннего металла (в тыс. л. до н.э.):

- Медный век - 2-5-3,5;
- Бронзовый век - 3,5-0,8;
- Ранний бронзовый век -3,5-2,1;
- Средний бронзовый век - 2,1-1,5;
- Поздний бронзовый век - 1,5-0,8.

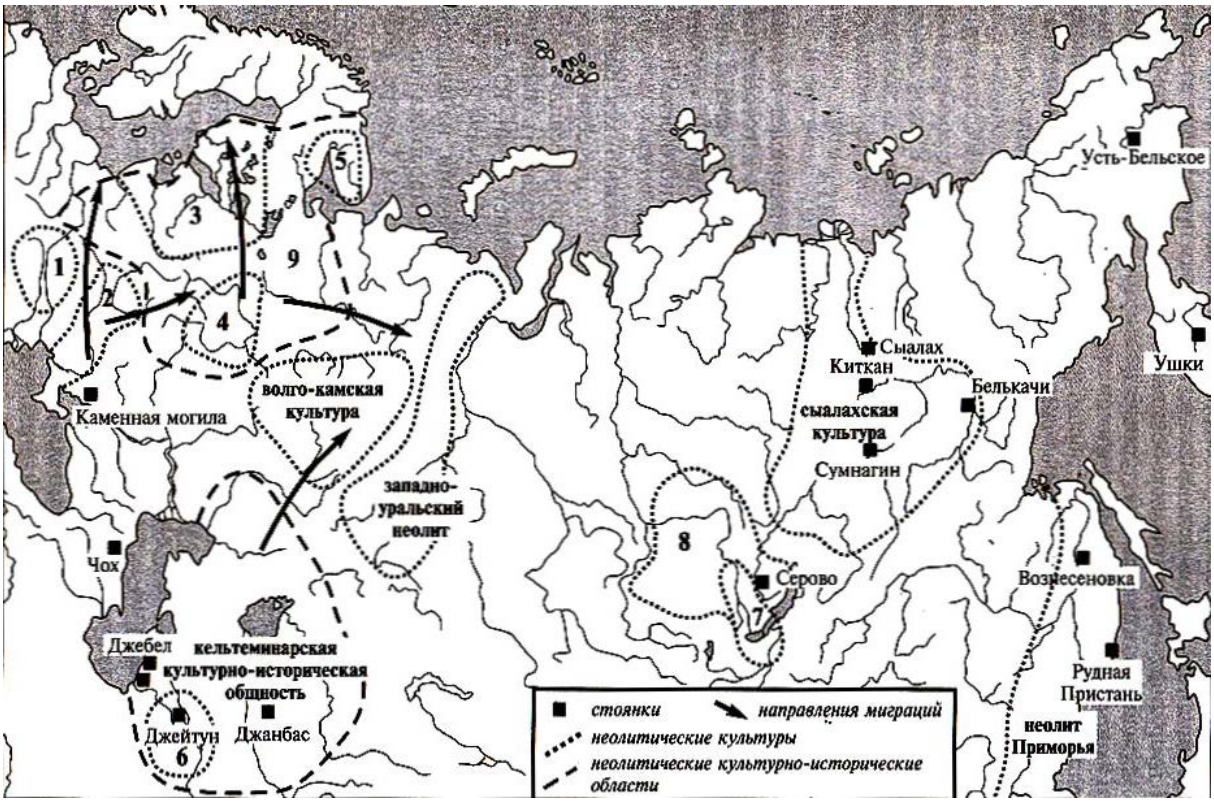


Рис. 19. Неолитические памятники и культуры Северной Евразии (Рындина Н.В., Дегтярева А.Д., 2002).

1 – буто-днестровская культура; 2 – днепро-донецкая культура; 3 – нарвско-неманская культура;4 – льяловская культура; 5 – неолит Кольского п-ова; 6 – джейтунская культура; 7 – китойская культура; 8 – исаковская и серовская культуры; 9 – ямочно-гребенчатая культурно-историческая общность.

Бронзовый век начинался с использования человеком самородной меди, которую он находил в зонах окисления сульфидных месторождений (рис. 20-24). Медь легко ковалась, и из нее изготавливались разнообразные предметы быта - чаши, украшения и ритуальные изделия. Но она очень мягкая и не годна для сельскохозяйственных орудий и оружия. Новым этапом в эволюции общества явилось открытие сплавов меди с оловом, свинцом, сурьмой и серебром, которые стали называть бронзой и которые в отличие от чистой меди были прочными, но, так же как и медь, ковкими. Очаги цивилизации концентрировались не только в благоприятных ландшафтно-климатических зонах земли, но и вблизи источников получения важных для развития общества минеральных ресурсов.

Бронзовый век (в тыс. лет до н.э.). 1-8-6 (мезолит); 2-5-3,5 (неолит, медный век); 3-3,5-2,1 (ранний бронзовый век); 4-2,1-1,5 (ср. бронзовый век); 5-1,5-0,8 (поздний бронзовый век); 6 - от 0,8 до н.э.; 7-н.э. до 1500 г.

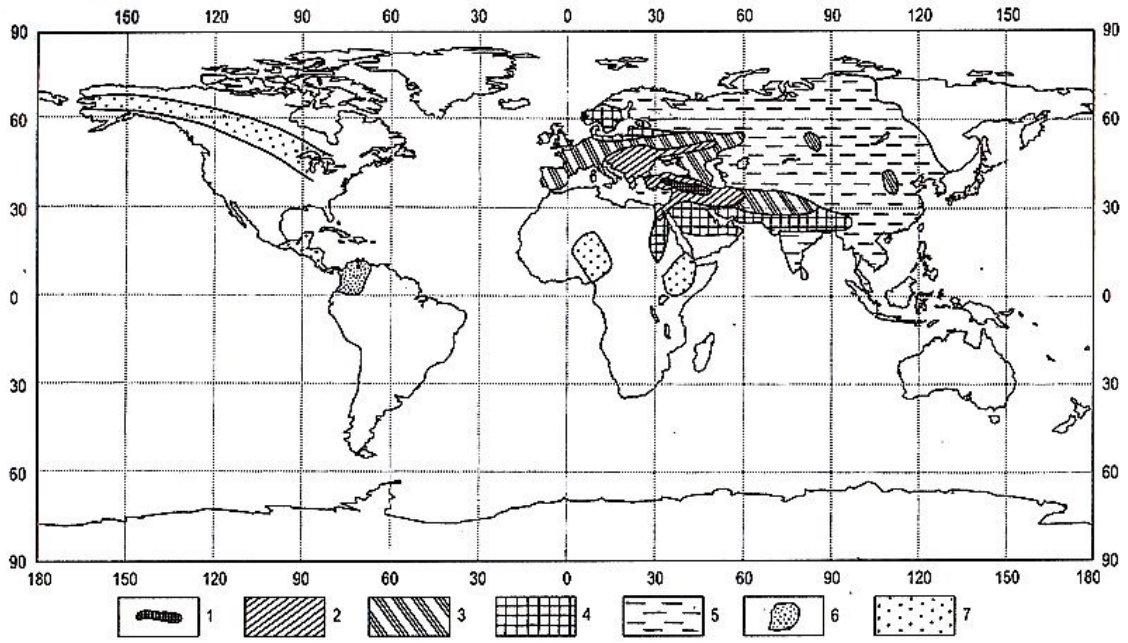


Рис. 20. Этапы использования орудий из меди и бронзы по археологическим данным (по материалам Е.Н. Черных, 1970).

1 – от 8 до 6 тыс. лет до н.э. (мезолит), 2 – от 5 до 3.5 тыс. лет до н.э. (неолит, медный век), 3 – от 3.5 до 2.3/2.1 тыс. лет до н.э. (ранний бронзовый век), 4 – от 2.3/2.1 до 1.6/1.5 тыс. лет до н.э. (средний бронзовый век), 5 – от 1.6/1.5 до 0.9/0.8 тыс. лет до н.э. (поздний бронзовый век), 6 – от 0.9/0.8 тыс. лет до н.э., 7 – от начала н.э. приблизительно до 1500.

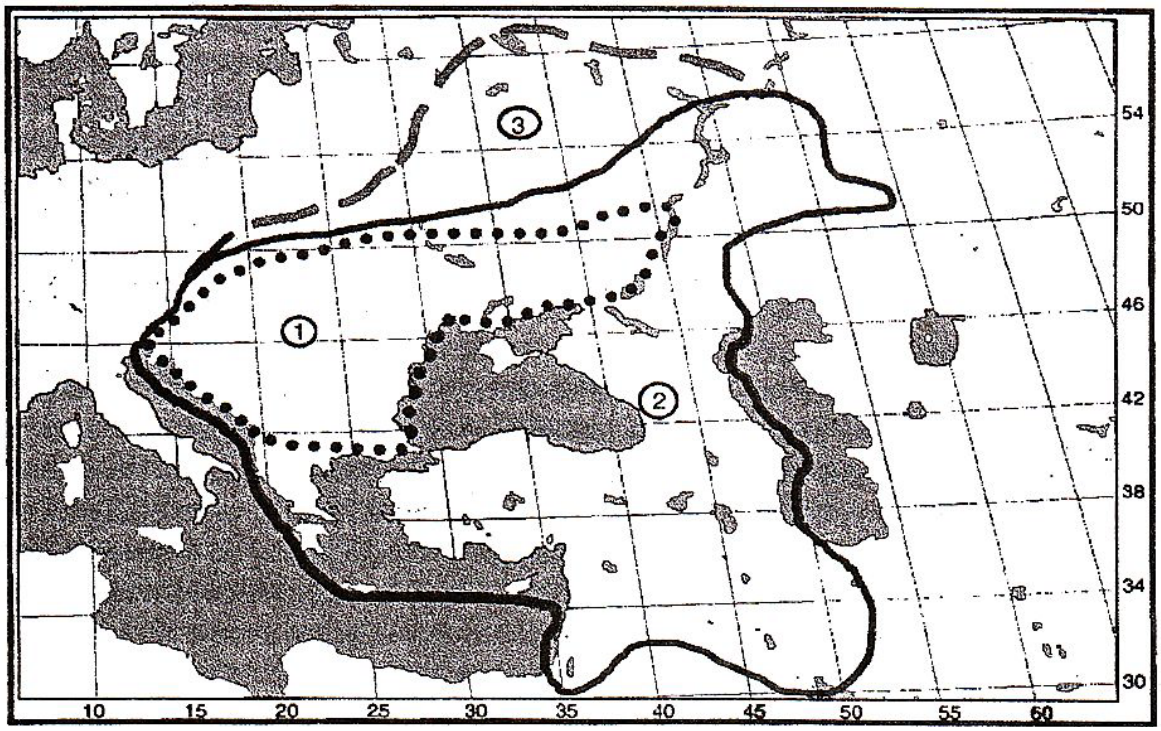


Рис. 21. Ареалы Балкано-Карпатской металлургической провинции энеолита (1), а также Циркумпонтийской провинции раннего (2) и среднего (3) бронзовых веков (по Е.Н. Черных, 1970).

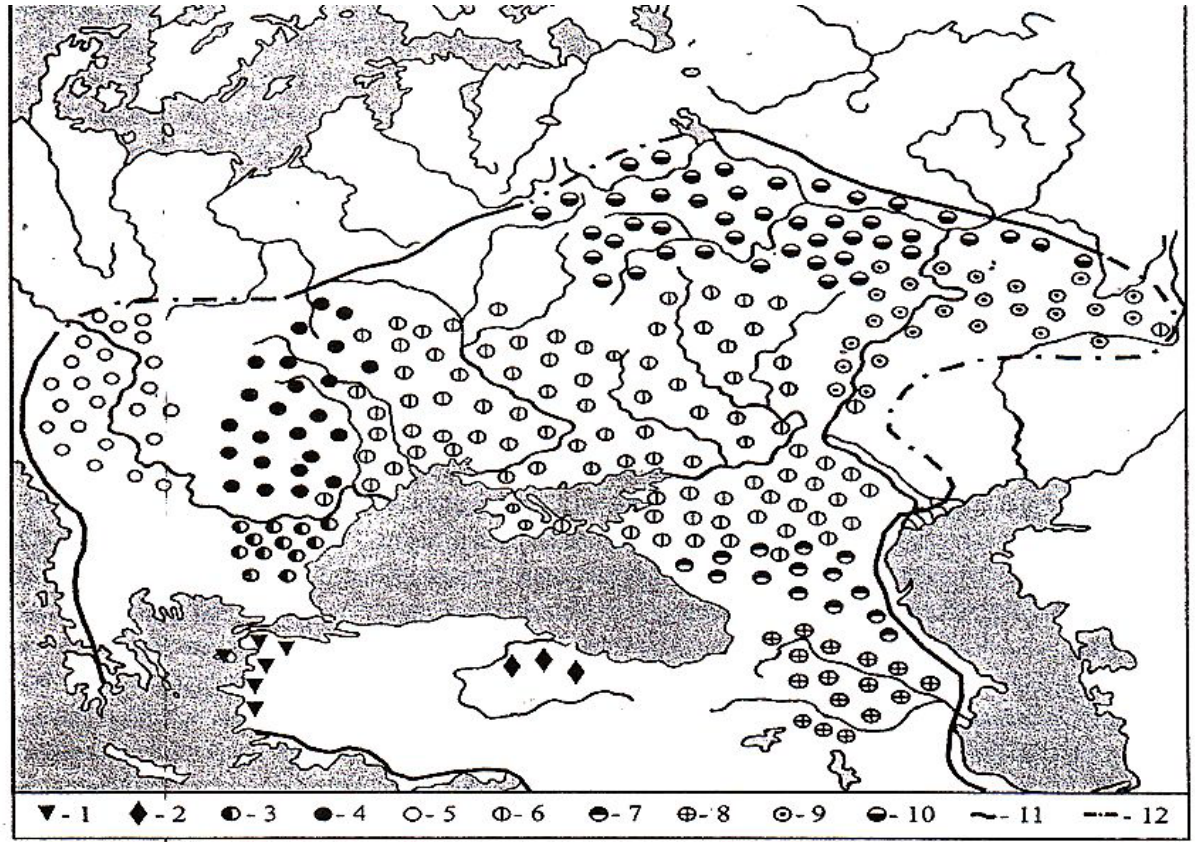


Рис. 22. Северная часть Циркумпонтийской металлургической провинции в среднем бронзовом веке (по Е.Н. Черных с дополнениями Н.В. Рындиной). Схема расположения археологических памятников и очагов металлопроизводства.

Начались поиски металлов. Первыми рудознатцами были скотоводы, обнаружившие золото в руслах пересохших рек и ручьев (украшения и для товарообмена). Египет – 4-5 тыс. л. до н.э. Медь и бронза – район Тигра и Евфрата, затем вся Малая Азия и Ю.В.Европа (5-3,5 тыс. л. до н.э.). В среднем бронзовом веке (2,3-1,5 тыс. л. до н.э.) – Египет, Аравийский п/о., С. Индия, Ю. З. Швеция и Норвегия. Металл – критерий культурного уровня народа. Почти в это же время древние люди стали использовать для украшений и ритуальных предметов золото и драгоценные цветные камни (изумруды, горный хрусталь и т.д.). Их находили в песках и галечниках в речных долинах. Известно, что все реки Европы, Латинской Америки, Африки, Азии в течение многих тысячелетий были золотоносными. Многие из них истощились только в средние века.

Медь была доступна древним жителям. Прежде всего, на поверхности в зонах окисления всегда встречалась самородная медь. Итак, медь есть, но она слишком мягкая. Ее ковали, а потом в небольших ямах с использованием древесного угля плавили. Сначала случайно, когда в медной руде оказалась значительная примесь олова, древние металлурги выплавили бронзу.

Затем уже стали сознательно добавлять к меди другие элементы и получать прочный материал. Бронза была дорогим металлом. Она использовалась для изготовления оружия, орудий труда и украшений. Возникли центры меднорудной деятельности, совпадающие с центрами первых крупных государств (бассейн Эгейского моря, Малая Азия, среднее течение реки Янцзы в Китае и др.). Бурное развитие цивилизации в бронзовый век началось в странах Средиземноморья - Греции, Риме и Египте. Дефицитным

сырьем было олово. Его добывали в Греции в Хризейской долине (город Дельфы), на Апеннинском полуострове и в районе Корнуолла (Англия). Медь добывалась во всех странах Северного Средиземноморья.

Золото промывали из речных песков и извлекали из кварцевых жил в горах ЮВ Греции и в Кантаберийских горах на СЗ Испании. Позже, в железном веке, золото начало выполнять роль денег.

На Таймыре в районе уникального гигантского Cu-Ni-Pt и других элементов Норильского месторождения во второй половине I-го тыс. до н.э. процветал крупный **Пясинский металлургический центр** (рис. 25) (Дюжиков О.А., 2008). Эти представления основаны на нескольких раскопах в низовьях р. Пясина вблизи ее левого притока р. Половинка. Изделия самых северных в мире мастеров бронзового века датируются по углю из кострища одного из раскопов в (3100±60) лет, т.е. эти изделия производились почти за 1200 лет до н.э. Л.П. Хлобыстин рассказывал, что по остаткам коры березы одного из раскопов возраст деятельности древних бронзолитейщиков оценивается в 2800-3200 лет, а по свидетельству биологов Института Крайнего Севера обнаруженные остатки коры березы могут говорить о климате того времени, близком современному средней полосы России.

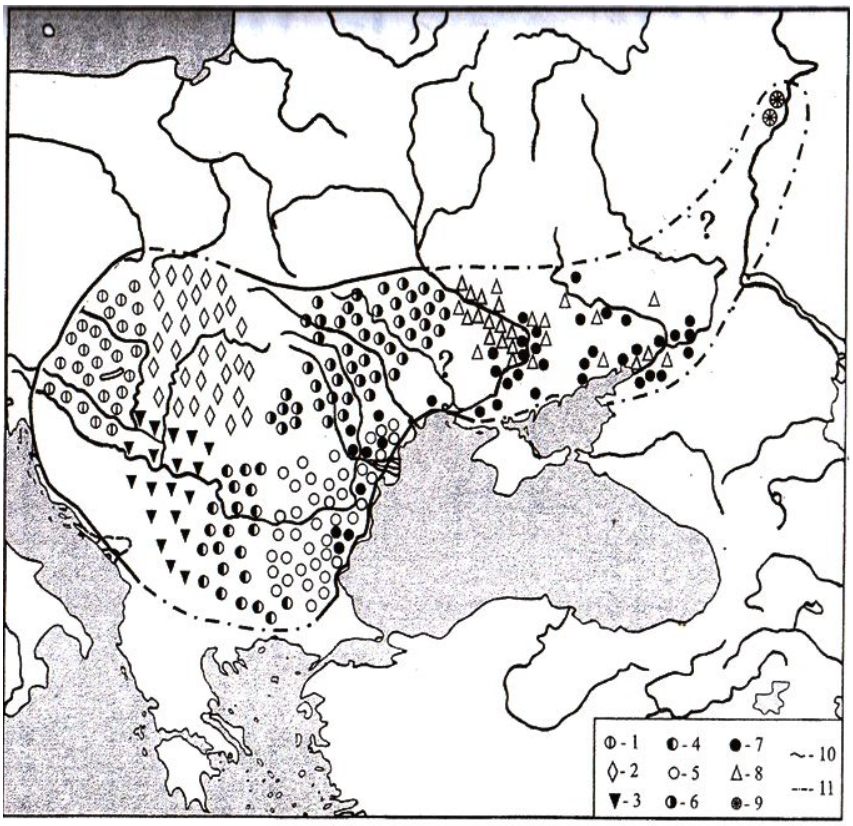


Рис. 23. Балкано-Карпатская металлургическая провинция эпохи энеолита (по Е.Н. Черных с дополнениями Н.В. Рындиной). Схема расположения археологических памятников и очагов металлопроизводства:

1 – культура Лендьел; 2 – культура Тисаполгар-Бодрогкерестур; 3 – культура Винча Д; 4 – культура Криводол-Сэлкуца; 5 – культура Гумельница (очаг металлургии); 6 – культура Кукутени-Триполье (очаг металлообработки); 7 – памятники новоданиловского типа (очаг металлообработки); 8 – культура Средний Стог II (очаг?); 9 - Хвалынские могильники (очаг металлообработки); 10 – границы БКМП; 11 - предполагаемые границы.

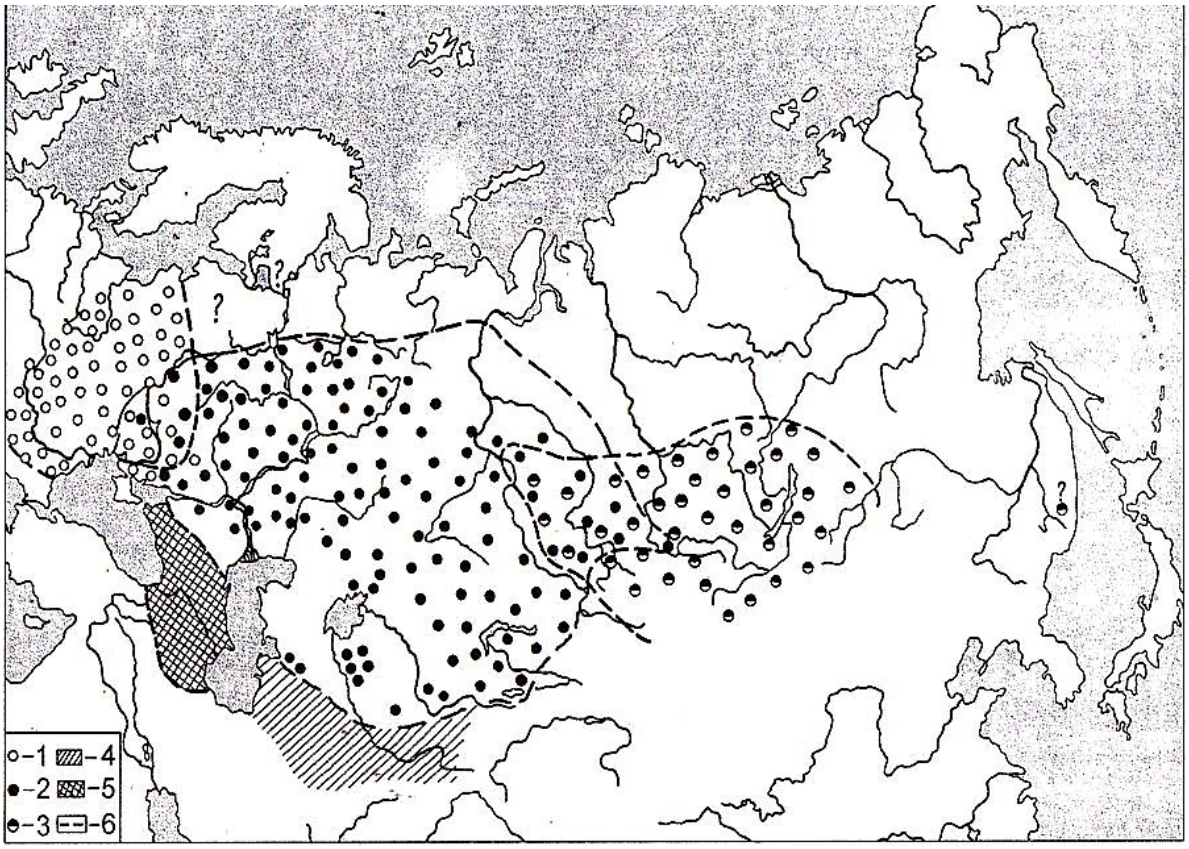


Рис. 24. Границы металлургических провинций позднего бронзового века (по Е.Н. Черных с изменениями, 1970).

1 – Европейская; 2 – Евразийская; 3 – Центральноазиатская; 4 – Ирано-Афганская; 5 – Кавказская; 6 – границы провинций.

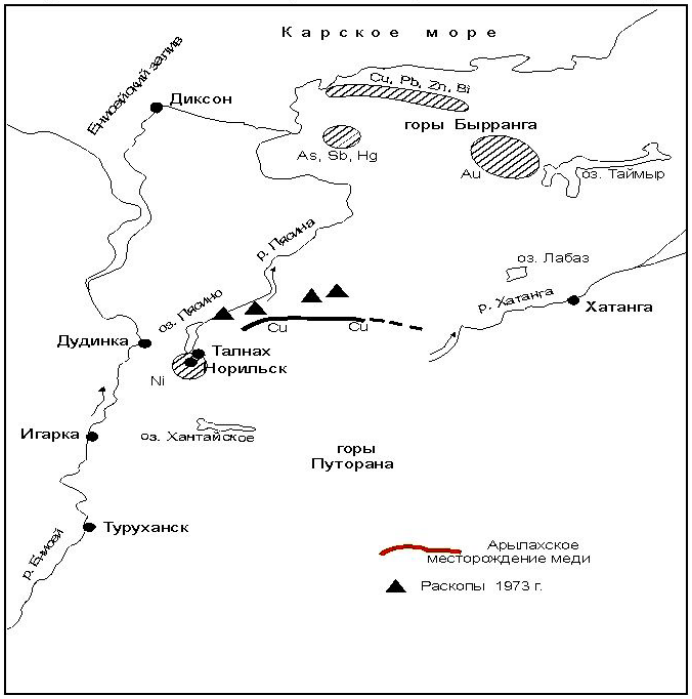


Рис.25. Карта-схема Пясинского металлургического центра.

В раскопах были обнаружены бронзовые антропоморфные фигурки, напоминающие изображение человека, остатки культовых изделий, в том числе различные украшения, маски для шамана, наконечники стрел, ручки для ножа, шило и др. Были обнаружены в большом количестве остатки керамической посуды, скребки и наконечники стрел из прозрачных разновидностей халцедона. Довольно большие участки россыпей халцедона (обломки и окатыши, размером от долей см до десятков см) наблюдаются и в наше время в руслах рек, у подножия гор и на поверхности базальтовых плато. Среди различных предметов весьма широко распространены в раскопах капли бронзы; отмечались кусочки и слитки металла.

Одним из оснований развития металлургии на Таймыре в эпоху бронзового века является богатство района рудами меди и наличие Арылахского месторождениями, легко доступного для поверхностной разработки при обилии крупных самородков меди. Кроме того, на северном мысе г. Рудной (Норильск I) на поверхность выходили халькопиритовые жилы с содержаниями до 20% меди и 5% никеля. Известно также Сотниковское месторождение окисленных руд, в которых было до 0,4 % меди и 0,3 % никеля (табл. 2).

Таблица 2. Результаты химического анализа бронзы (Лаборатория археологической технологии Ленинградского отделения Института археологии АН СССР)

Раскопы	№№	Изделия	Cu	Ni	Co	Sn	Bi	Pb	Zn	As	Sb	Ag
Абылаах I	1	кельт	92	0,02	-	7,0	+	0,07	-	-	-	+
	2	королёк	93	+	-	6,0	0,02	0,1	-	-	0,02	0,05
	3	королёк	97	+	-	2,5	+	0,1	-	-	0,01	0,035
	4	королёк	97	+	-	2,5	+	0,1	-	-	0,01	0,05
Усть-Половинка (раскоп I)	5	украшение	97	1,0	0,01	0,1	0,01	0,01	0,05	0,75	0,3	0,002
	6	наконечник стрелы	94	1,2	-	0,01	0,3	0,2	-	3,0	0,5	0,1
	7	ручка ножа	93	1,5	-	1,0	0,14	0,2	0,02	2,0	0,6	0,08
	8	шило	97	0,25	-	0,2	0,04	0,15	-	1,7	0,5	0,1
	9	заполнение канала	97	0,02	-	0,01	0,01	0,1	-	1,5	1,0	0,06
Усть-Половинка (раскоп II)	10	королёк	96	0,08	-	0,02	0,05	0,12	0,05	1,7	1,0	0,04
	11	—"—	96	0,6	-	0,01	+	0,05	0,01	1,0	0,2	0,002
	12	—"—	97	0.1	-	0,02	0,05	0,15	-	1,0	0,7	0,15
	13	—"—	98	0,06	-	0,2	0,01	0,2	-	0,75	0,3	0,06
	14	—"—	93	0,07	0,01	5,0	0,04	0,2	-	1,0	0,35	0,06
Малая коренная (стоянка I)	15	королёк	74	+	-	25,0	0,01	0,1	-	0,3	0,05	0,05
	16	—"—	96	0,25	-	1,0	0,3	0,5	-	1,2	0,2	0,1
	17	—"—	97	0,12	-	0,05	0,2	0,12	-	1,5	0,3	0,05
	18	—"—	97	0,5	-	0,01	0,3	0,1	-	1,5	0,3	0,04
	19	—"—	99	+	-	+	+	0,02	-	-	-	-
	20	—"—	93	0,05	-	0,7	0,7	2,0	-	3,0	0,7	0,11

Содержание элементов дано в весовых %.

Самой древней народностью района являются предки нганасан. Позднее появились энцы. Нганасане, энцы и ненцы относятся к группе самоедоязыческих народов. Долгане появились на Таймыре позднее. Этнографы считают, что в сложении последних как народности участвовали тунгусы, якуты и затундренские русские крестьяне. Есть основания считать, что не только в бассейнах р. Пясины, р. Хатанги, в районе оз. Таймыр, но и на океаническом побережье (берега Карского моря) жили древние охотничьи коллективы - оленеводы, зверобои и рыбаки. Следует высоко оценивать искусство бронзолитейщиков Пясинского металлургического центра. Изготовление четырехгранного шила (поселение Усть-Половинка) не находит близких аналогий с другими регионами Заполярья.

В античную эпоху для расцвета возникающих государств было необходимо наличие на их территории месторождений полезных ископаемых. В связи с этим за обладание ими велись постоянные войны. Так, Б.М.Ребрик (1984) отмечает некоторые из них: "афиняне длительное время вели борьбу с фасосцами за фракийские золотые рудники, лакедемоняне с афинянами - за обладание лаврийскими серебряными разработками, македоняне с греками - за фракийские золотоносные прииски, римляне с карфагенянами - за богатые иберийские месторождений серебра, золота, меди; македонский царь Филипп с пергамским царем Атталом - за пергамские прииски".

Аристотель отмечает, что горное дело охватывает добычу строительного камня, драгоценных камней, соли и руд металлов. Греческие свободные горняки-ремесленники составляли отдельную касту, наряду с купцами и земледельцами. Рабочей силой были рабы, как и в других сферах производства греческой, а затем римской цивилизаций.

Пещеры в ранней истории человечества

Много тысячелетий назад первобытный человек использовал пещеры как готовые укрытия от непогоды. Об этом свидетельствуют наскальные рисунки, останки животных и людей (рис. 26-27). Если естественных пустот оказывалось недостаточно, создавали искусственные. Ещё задолго до нашей эры сооружались подземные могильные храмы, состоящие из больших залов и тысяч комнат, соединённых коридорами. В крепостях строили длинные подземные ходы, кладовые, залы для религиозных обрядов, помещения для жилья, захоронений, казематов, создавали ёмкости для воды и хранилища для продуктов. Произведения искусства древнейшего периода сохранились только в пещерах (наскальная живопись).

Особая роль в развитии цивилизации принадлежит горным породам, слагающим поверхность нашей планеты. Породы служат для создания жилищ, архитектурных ансамблей, скульптурных и живописных произведений. Каждый период характеризуется существенными особенностями взаимоотношений человека и окружающего его каменного мира (Гумилев Л.Н., 1993). В древнейшем и древнем периодах наметилась два типа культур – глиняная (терракотовая) и известняково-мраморная.

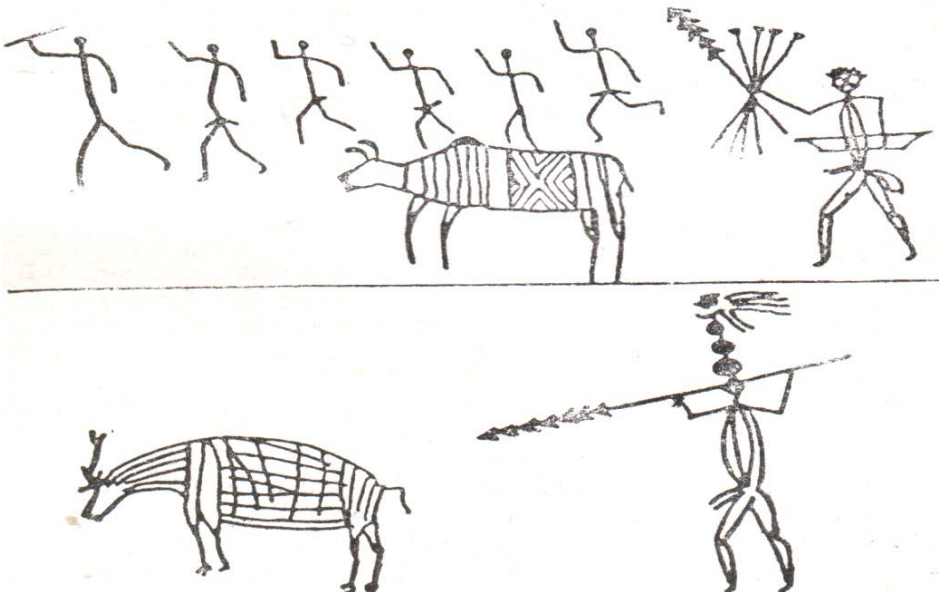


Рис. 26. Сцена охоты. Наскальные рисунки из Бхимбетки, Индия (Бонгард-Левин Г.М., Ильин Г.Ф., 1985).

Рис. 27. Наскальные рисунки в пещерах на р. Лена (Якутия). (Этнографический музей в г. Якутск)

Параллельно с классической схемой развития древних цивилизаций «каменной – бронзовой – железной» формировалась терракотовая (глиняная) линия. Особенно ярко она выразилась в изготовлении бытовых изделий в Средиземноморье. В Древней Греции глины пригодные для гончарного производства имелись повсеместно. Особо ценилась зеленоватая глина Корифа и красная – Аттики, подкрашенная суриком. Из неё приготовлялась посуда для бытовых нужд. При транспортировке продуктов использовались большие бачки (пифосы) и кувшины (амфоры). Глиняной черепицей покрывали крыши домов. Широко распространена художественная керамика. Во всех поселениях имелись кустарные гончарные производства. В связи с широким строительством культовых и дворцовых сооружений и изготовлением скульптур большим спросом пользовались строительные материалы и мрамора. Белые, серовато-синие и лиловые мрамора добывали в Аттике и на о. Парос.

Древнейшие племена, обитавшие на необъятных степных просторах, создали уникальные очаги культуры. Благодаря археологическим раскопкам известны древние цивилизации Индо-Гантской равнины - ведическая культура (XII-X вв. до н.э.), культура Хараппы (более 4 тыс. лет назад) (рис. 28). Жизнь древних племён, обитавших на территории современной России во времена, соответствующие ведической эпохе, протекала в примитивных глиняных городищах (укреплённых поселениях). Небольшие укрепления строили из галечников. Твёрдый и прочный кремень, в том числе и агат, как из галечников, так и из желваков (плотных кремнистых образований) глинистых и песчаных слоев использовали для изготовления предметов обихода, орудий труда и оружия - ножей, топоров, наконечников для стрел, скребков, различных украшений и т.д.

Одним из самых ярких свидетельств «глиняной цивилизации» может служить терракотовый (сделанный из обожжённой глины) мавзолей императора Цинь Шихуанди вблизи города Сиань в Центральном Китае, в верхней части бассейна реки Ху-

анхе. Именно здесь более 2 тыс. лет назад было создано одно из настоящих чудес света. На площади в несколько гектаров в огромном котловане была построена глиняная усыпальница императора, где в строгом соответствии с регламентом древнекитайской армии размещена глиняная «армия» (рис. цв. 29). При этом были созданы копии не похожих один на другого воинов в натуральную величину, копии лошадей и боевых колесниц. Статуи воинов были раскрашены природными натуральными красками, в том числе и уникальной, не повторенной до наших дней, фиолетовой краской, изготовленной из бария и свинца. Отдельно от боевых порядков пехоты был сооружён генеральный штаб со всеми атрибутами и офицерским составом. Этот непревзойдённый по масштабам (уже обнаружено более 10 тыс. статуй), тщательности исполнения и грандиозности замысла мавзолей полностью выполнен из местных глин. Он говорит о большом мастерстве народа и высоком уровне культуры и науки в те далёкие времена.

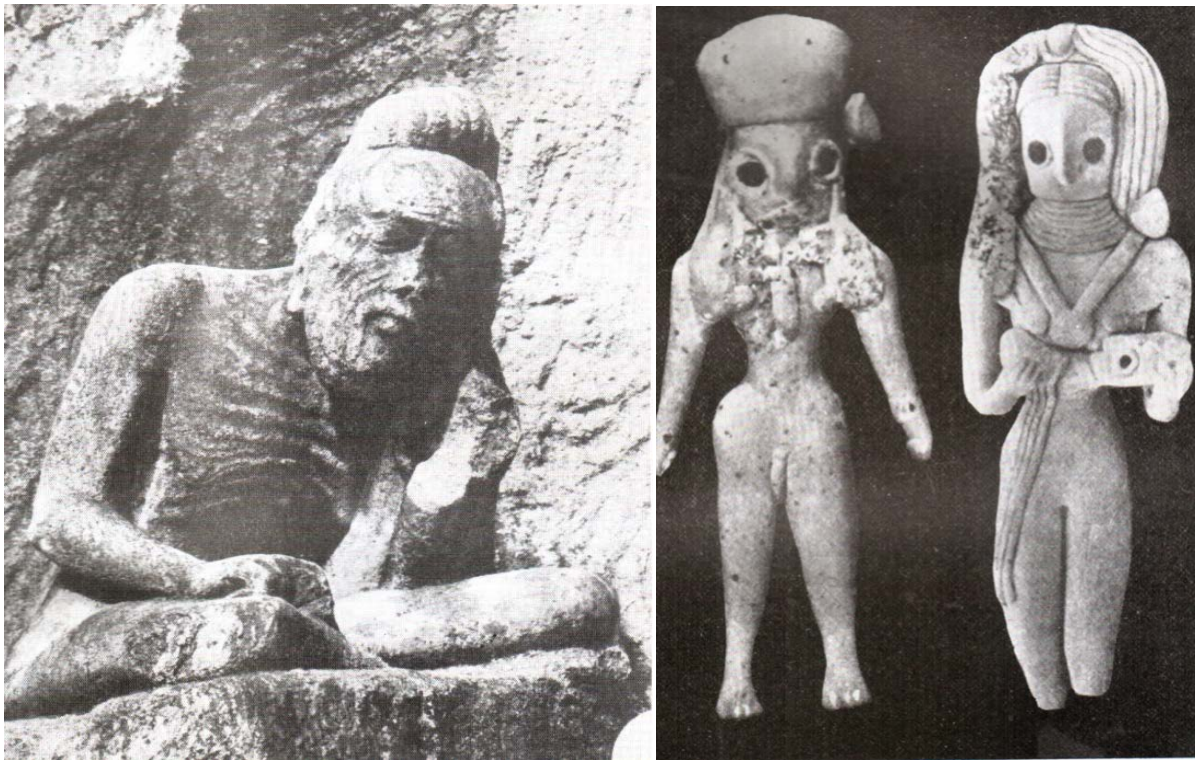


Рис. 28. II-тысячелетие до н.э. Справа - Терракотовые фигурки из раскопок Мехргарха. Слева - Аскет из Махабалипурам (Бонгард-Левин Г.М., Ильин Г.Ф. 1985).

Золото древнейшего и древнего периодов

Сначала золотые самородки служили украшениями и языческими амулетами. В античное время много золота добывали в Испании, Греции, Англии и Египте. По данным древнеримского естествоиспытателя Плиния Старшего и древнегреческого географа Страбона, ежегодно из речных песков Испании извлекали около 4-5 т золота. Больше всего металла шло на изготовление монет. Первыми деньгами были небольшие слитки золота, которые назывались так же, как и вес частей того инструмента, на котором они взвешивались: талант - чашка весов, статер - их коромысло. Золото ни с чем не спутаешь: другого такого металла нет. Его трудно найти, но зато легко сохранить - это сделало его главным денежным материалом, признаком вечной ценности. Ещё на заре каменного века охотники и пастухи заметили в руслах пересохших ручьёв и на морских пляжах нетускнеющие жёлтые зёрна. Этот металл благодаря своим удивительным

свойствам - мягкому жёлтому цвету, неокисляемости, ковкости, пластичности и красоте, а также широкой распространённости - быстро и прочно вошёл в жизнь человека.

С древнейших времен, сталкиваясь с самородным золотом, люди выделяли его особые свойства, что нашло отражение в фольклоре, в мифологии, в обрядовых действиях. Блеск и желтый цвет самородков наводили на мысль о сопоставлении с солнцем. Египтяне обожествили желтый металл, сделав его официальным материалом для изготовления украшений и предметов быта фараонов, которые были, согласно мифологии, сыновьями бога солнца Ра. В результате золото со временем стало восприниматься как металл владык, символизируя не только богатство, но и величие, совершенство, превосходство, мудрость и власть. Символизм этого металла приписывался и золотому цвету – цвету солнца, огня, славы, божества, света небес и истины. Одновременно, из-за ассоциации с солнцем, золото отождествляли с мужским началом. Аналогичная ситуация наблюдается у всех древних народов нашей планеты.

В легендах древней Индии золото имеет божественное происхождение - порождение бога Агни или Шивы. Оно объявляется самым священным из всех вещей, дарующей все блага, это угодная жертва богам и предкам. В буддистском обществе считалось, что Будда родился с золотым телом. В Иране - золото вышло из тела Первочеловека. В Древнем Китае оно воспринималось как солнечный металл, вместе с серебром служило воплощением основных начал инь – ян. Античная мифология, являясь языческой религией, сохранила древнее значение золота как солнца.

Мифология Древнего Рима в целом базировалась на греческой, что придало много общих черт и их подходу к трактовке золота как непременного атрибута, но уже не символа богов. В государствах ацтеков и инков золото также ассоциировалось с солнечным божеством и потому добытые драгоценные металлы передавались правителю - Сыну Солнца.

Карпатские славяне в легендах о рождении мира упоминали лежавший на морском дне золотой камень, из которого появились небо, солнце, луна и звезды. Сказки народов мира, изображая прекрасную страну весны, говорят о садах с золотыми яблоками, об источниках, текущих серебром и золотом, о дворцах медном, серебряном и золотом, хранящих несметные сокровища.

По славянским преданиям Солнце живет на востоке в золотых палатах; на праздник Купалы оно выезжает на небесный свод на трех конях: серебряном, золотом и бриллиантовом. Красная девица Заря, по свидетельству заговоров, восседает на золотом стуле, держа в руках серебряное блюдо (солнце), древние греки давали ей название златотронной.

Превращение золота в эквивалент ценности, в монетный металл способствовало развитию представлений о нем, как о символе богатства. Активные торговые контакты в Восточном Средиземноморье, появление там первых золотых монет получило отражение в фольклоре. Согласно легенде, монеты появились на о. Эгина, где их ввел в оборот аргосский царь Фейдон (VII в. до н. э.). Они чеканились из серебра и были образцом для денежных знаков Древней Греции. Считается, что статер, или крезеид весом в 11 г был введен в обращение лидийским царем Крезом, который на весь мир славился своим богатством. Выражение «богат, как Крез», успешно дожило до наших дней. Римляне рассматривали золото в первую очередь как материальную ценность, вследствие чего его сакральный смысл стирался и отходил на второй план.

В древности не требовались ни особые знания, ни сложное производство, чтобы добыть золото. Его добывали из речных песков, промывая их или просеивая на ветру. Обладающие высокой плотностью (19,3 г/см^3) крупицы золота нетрудно отделить от лёгкого песка (плотность 2,2-2,7 г/см3). Этим промыслом могли заниматься и несколько человек, и даже одиночки. У золота вскоре обнаружился один недостаток: его было

слишком мало. Оно стало общепризнанным символом богатства и власти, а потому острейший дефицит этого «жёлтого» металла стал одним из главных мотивов многочисленных войн и географических экспедиций. В легендах и мифах предметы из золота часто наделяли чудодейственными свойствами. Вспомним, например, греческие мифы об аргонавтах, изложенные в поэме Аполлония Родосского «Аргонавтика». Греческие герои под предводительством Ясона бесстрашно отправляются в плавание на корабле «Арго» в Колхиду (Восточное Причерноморье) за золотым руном - шкурой волшебного барана, которую охранял злой дракон. Обладание руном должно было вернуть роду Ясона власть и благоденствие.

Наиболее древняя (3300 лет) карта золотых рудников Нубийской пустыни, изготовленная на папирусе (рис. 30), составлена во времена фараонов Сети и его сына Рамсеса II. На карте показаны объекты по степени отработки месторождений.

Железный век

К.Маркс (2011) «Можно a priori определить уровень цивилизации какого-нибудь народа, зная лишь, из какого металла – золота, меди, серебра или железа – он изготавливает свое оружие, свои орудия или свои украшения…». Медно-каменному веку соответствует первобытно-общинная формация, а в бронзовом веке складывается рабовладельческое общество (Энгельс Фридрих, 1987; Любимов Л.Д., 2005; Максимов М.М., 1974).

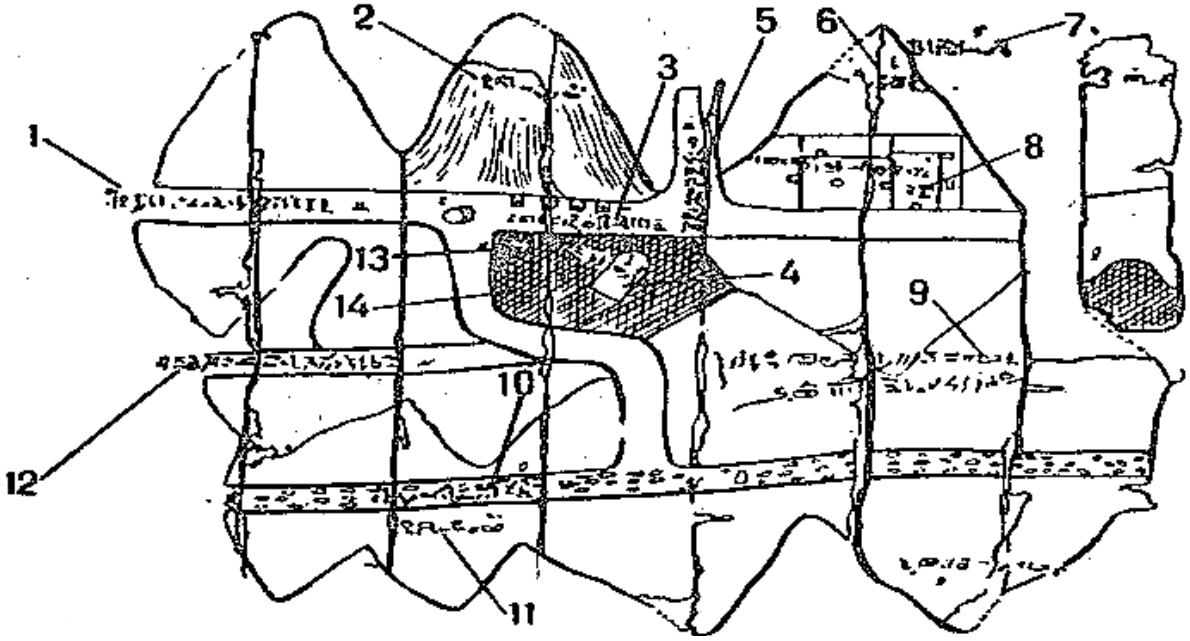


Рис. 30. Карта золотых рудников (Максимов М.М., 1973).

На карте имеются следующие надписи (цифры введены автором для объяснения надписей): «Дорога, которая ведет к морю» (1), «Гора золота» (2), «Дома поселения золотоискателей» (3), «Стела Мент-маат-ра» фараона Сети 1 (4), «Дорога «Та-Менти» (5), «Гора Амона» (6), «Гора: пребывает Амон в ней» (7), «Святилище Амона горы Чистой» (8), «Гора, в которой промывается золото, она обозначена этим красным цветом» (9), «Дорога ... па-мер» (10), «Гора золота» (11), «Другая дорога, которая ведет к морю» (12).Цифрой 13 помечен колодец, а 14 – по-видимому, обрабатываемое поле (оно заштриховано), в середине которого стоит стела.

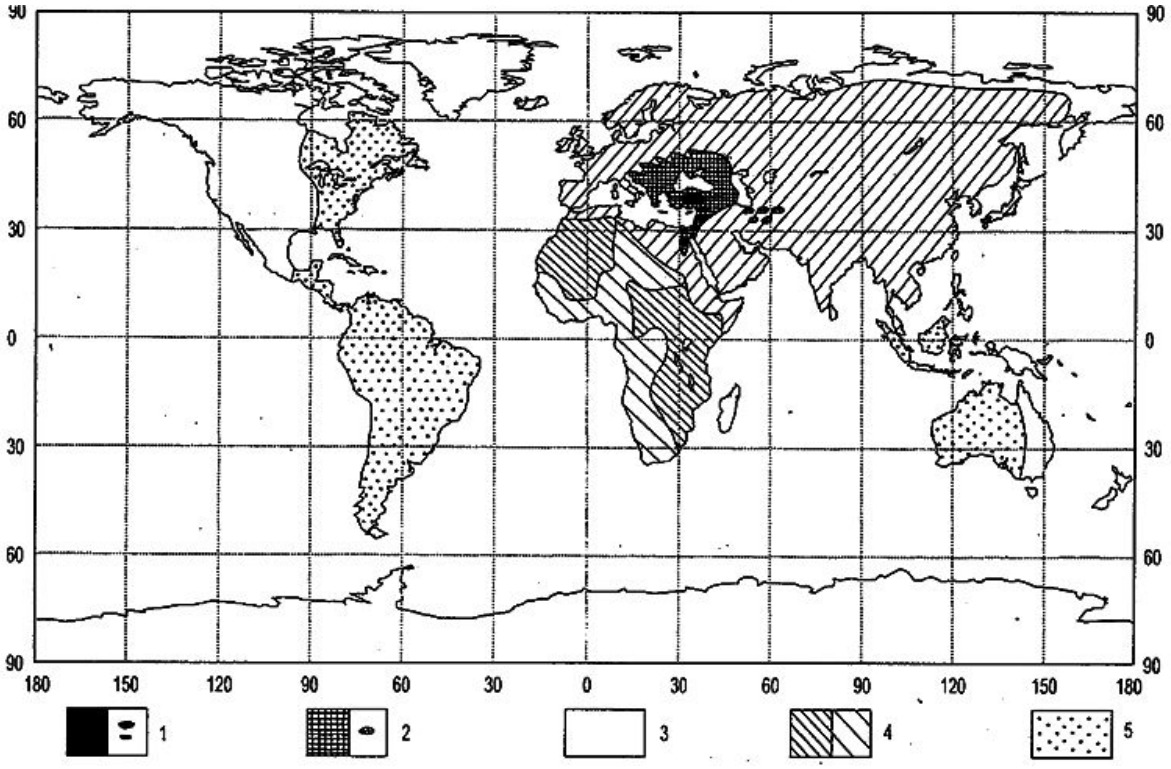


Рис. 31. Этапы использования железных орудий по археологическим данным (по материалам Е. Н. Черных).

1-2 - ограниченные серии изделий: эпоха бронзы – от 2.5 до 1.5 тыс. лет до н. э. (1), от 1.5 до 0.9/0.8 тыс. лет до н. э. (2), 3-5 - массовые серии изделий: эпоха железа – от 0.9/0.8 тыс. лет до н. э. (3), от начала н.э. приблизительно до 1500 г. (4), после 1500–1800 гг. (5).

Рис. 32. Одно из древнейших изображений горняка, добывающего в подземной выработке руду. Изображение на коринфской керамической табличке. 5-4 вв. до н. э.

Рис. 33. Один из наиболее распространённых в раннем средневековье способов выплавления меди и железа с использованием дров в специальных ямах. На рисунке изображены: A – яма с уложенными под ней дровами; B – передний горн; C – черпак (ковш); D – железная изложница (форма); E – куски выплавленного металла; F - порожняя яма, выложенная каменными плитами; G – лотки; H – сборные ямы; I – хворост для разжигания дров; K – ветер. Гравюра из книги Агриколы «О горном деле».

Железный век (XIV в. до н.э. – 100 л. н.э.) начался с изобретением сыродутного способа получения железа (рис. 31-33). Полученный металл имел ювелирную ценность. Гомер пишет, что в кладовой Одиссея, где хранились драгоценности, были «золото, медь и железная утварь чудесной работы». Масштабное производство началось лишь в IX в. до н.э. в Причерноморье и Средиземноморье, затем на обширных пространствах Евразии. В северных районах добывали железо из озерных и болотных руд, а в южных из зон окисления коренных месторождений. В Африке железные орудия используют от начала новой эры до 1500 г. В Америке и Австралии – после 1500 г. (1500-1800) гг.

Кельты добывали оксидные руды, главным образом гематит и лимонит. Свои поселения они располагали вблизи месторождений. Само плавильное производство – это округлое, в человеческий рост пустотелое сооружение, с отверстием вверху и внизу. На дно помещался древесный уголь, а выше многослойное чередование угля и руды. Затем все поджигалось, а через нижнее отверстие с помощью обычных ножных мехов задувался воздух. После выгорания угля и плавления руды в печи оставался кусок металла, пронизанный шлаком (смесь породы с золой), который называли крицем, размером с большой арбуз, который кузнец молотом оббивал, удаляя шлак, и придавал железу форму будущего изделия.

Древний период (X в. до н.э. - I в. н.э.)

Коренной переломом в укладе жизни. Формируется рабовладельческое общество, возникают первые республики, сначала в Греции, а затем в Риме. Особенно активно развивалось сельское хозяйство. В хозяйственный оборот были вовлечены обширные

земельные угодья. В результате отмечен резкий скачок в увеличении народонаселения, приходившийся на период IX-VIII в. до н.э. Началась интенсивная колонизация примыкающих к Греции народов. Экспансия развивалась в двух направлениях: западном (Италия, Сицилия, Южная Франция, Испания) и С.В.(север Эгейского моря и весь бассейн Черного моря). Этому способствовало создание пентеконтеры - 50-весельного мощного, оснащенного железным снаряжением (пики, стрелы, багры, крюки, секиры, мечи, кольчуги и т.д.) корабля.

В VI в. до н.э. возникает Боспорское государство, созданное греческими колонистами на юге России в Причерноморье. Их привлекли здесь окисленные железные руды Керченского п/о и пригодные для керамического производства глины. Началась эпоха, когда главным металлом, влиявшим на развитие общества, стало железо. Тот, кто мог снабдить своих воинов железным оружием, тот и побеждал. При крупных повелителях создаются специальные кузницы. Целые народы и многие племена специализируются в горнорудном и металлургическом ремесле. В Малой Азии таким народом были жившие на южном побережье Черного моря халибы.

В Европе освоение железорудных месторождений, выплавку металла и изготовление оружия и предметов быта связывают с племенами кельтов, так называемая латенская культура. Кельты держали в трепете даже римлян. В 390 г. до н.э. они разгромили сорокатысячную римскую армию в 40 км севернее Рима, взяли и разграбили город. В течение тысячелетий существования греческой цивилизации важнейшим источником её развития было минеральное сырье. Залежи железной руды имелись во многих районах в зонах окисления первичных месторождений. Наиболее ценными были руды Лаконики. Медными рудниками славился о. Эвбеи – г. Халкида (медный город). Серебряных разработок было мало. Известны рудники о. Фасос, Аттики (Лаврионские горы) и Малая Азия. Кроме того, серебро и золото добывали во Фракии в горах Пангеи (г. Амфиполь). Этого было мало. Постоянно привозили железо из Этрурии и С. Малой Азии. Серебро поступало из Иллирии, Малой Азии и Фракии. Изделия из золота были роскошью, недоступной даже состоятельным людям.

Дамасская сталь

Исторические сведения о производстве очень вязкой (т.е. прочной и гибкой) и упругой стали связаны с дамасскими оружейниками (Беккерт М., 1988; Дорогами тысячелей,1991; Дюмезиль Ж., 1978). Способы её изготовления окутаны ореолом легенд и удивительных историй. Поэтому не случайно в легендах кочевых народов постоянно присутствует мифологический образ меча-бога, которому поклонялись и приносили разнообразные дары. Вот один из обрядов, описанный Геродотом и относящийся к ритуалам Скифского царства: «Старинный железный меч, олицетворяющий бога Ареса, установлен в каждом округе на огромной площадке, устроенной из вязанок хвороста, периодически обновляемых из-за непогоды, и этому кумиру ежегодно перед площадкой приносятся в жертву не только скот и лошади, но и люди, один пленник от каждой сотни, кровь которых, собранная в сосуды, проносится над площадкой и выливается на меч».

Древним металлургам время от времени удавалось выплавлять наряду с обычным ковким железом прочную сталь. Из неё делали главным образом боевые мечи, которые в силу своих редких качеств служили символами могущества и богатства. В эпоху античности у северных и северо-восточных границ Римской империи время от времени появлялись и исчезали кочевые народы. Волны их нашествий прокатывались через Европу; они оседали в римских провинциях и даже несколько раз штурмом брали Рим. Особо ценилось у кочевых племён вооружение воина - мечи, секиры, копья, стрелы, шлемы и доспехи.

По данным немецкого проф. Манфреда Беккерта, клинки из такой стали впервые появились в Европе в III-IV вв. Они поступали из кузниц, построенных в городе Дамаске (Сирия) римским императором Диоклетианом. Во времена крестовых походов рыцари привозили в качестве трофеев мечи, кинжалы и ножи из дамасской стали, которые очень ценились и передавались из поколения в поколение как фамильные реликвии. Дамаск пережил бурную историю. Им владели египтяне, римляне, турки. Но в течение многих веков дамасские мастера свято хранили тайну получения уникальной стали. В середине XVII в. турецкий султан, которому тогда принадлежал город, карал смертной казнью всякого, кто пытался вывезти секрет стали за пределы империи. Технология получения любой стали состоит из двух операций - изготовления слитков металла и закалки готовых изделий. Слитки поступали в Дамаск из Индии, а здесь, в мастерских, из них ковали оружие и закаляли его. Попытки многих стран добыть секрет дамасской стали путём шпионажа не увенчались успехом.

В конце XVIII в. мировая промышленность стала особенно остро нуждаться в качественной стали. Поэтому поиск секретов дамасской стали был одним из направлений получения новых сверхпрочных и вязких сплавов. Сотни изобретателей во всём мире бились над разрешением этой проблемы. Французу Гюитану де Морво удалось получить сталь, близкую по качеству к индийской, сплавляя мягкое ковкое железо с алмазом. Такой дорогостоящий способ был совершенно неприемлем даже для лабораторных опытов. Но путь был намечен верно. Стало ясно, что необходимы легирующие добавки различных элементов в расплавы сталей. Особенно интенсивно ставились опыты во второй половине XIX в. Англичанин Роберт Мюшет получил сложно легированную инструментальную сталь. В качестве добавок служили вольфрам, марганец, немного хрома и кремния. Позднее им же была создана титановая сталь.

Попытки получить сплав, обладающий высокими режущими свойствами, предпринимал и знаменитый первооткрыватель электромагнитной индукции Майкл Фарадей. Он легировал сталь платиной, родием, золотом, серебром, медью, оловом, хромом, иридием, осмием и палладием. В 1883 г. ещё один англичанин, Роберт Гадфильд, запатентовал своё изобретение - износостойкую марганцевую сталь, так называемую сталь Гадфильда, идеальный материал для сейфов и деталей машин. Возникла потребность в большой группе легирующих металлов. Стали интенсивно разрабатываться вольфрам-молибденовые, хромитовые, никелевые и марганцевые месторождения. Секрет дамасской стали был разгадан только в середине XIX в. В составе исходного слитка помимо железа должно быть до 1% глинозёма (AI_2O_3), кремнезёма (SiO_2) и углерода.

Уникален и способ закалки. Дамасские кузнецы охлаждали раскалённые изделия из индийской стали в струе холодного воздуха. Для этих целей в горном ущелье вблизи Дамаска была построена специальная система перегородок. Внутри складывались изделия, и холодный северный ветер их обдувал. В результате возникала необычная узорчатая поверхность стали, напоминающая древние письмена, а сталь приобретала особо высокую прочность и вязкость. В России, Средней Азии и Иране за дамасской сталью закрепилось название «булатная сталь» (от перс, «пулад» - «сталь»). Ещё её называли «табан» и «хорасан». Впервые в Европе булатная сталь, сходная с лучшими дамасскими сталями, была получена мастером П.П. Аносовым на уральском Златоустовском заводе в 1841 г. Таким образом, путь к современным технологиям – получения сверхпрочных сплавов начинался еще в раннем средневековье с появлением дамасских сталей.

Экспансия Греции преследовала цель получения золота и серебра, олова, меди и железа, а также продовольствия и рабов. Походы на восток за «золотым руном» сопровождались освоением Черноморского бассейна, созданием укрепленных поселений (типа Херсонеса), организаций добычи золота из речных песков бассейна реки Рион и

железных руд Керченского полуострова. Введение в хозяйственный оборот железных изделий, активное совершенствование технологии получения бронзы, обилие золота и серебра ускорило социальное, политическое и культурное развитие общества. Создаются мощные центры мировой цивилизации. Наиболее грандиозным по масштабам и последствиям с началом железного века стал формироваться Западно-Европейский центр (Голштадская культурно-историческая общность) (рис. 34). В течение первого тысячелетия до н.э. здесь возникали, расцветали и рушились десятки эфемерных государств. На их базе выкристаллизовалась одна из высочайших культур человечества - античная.

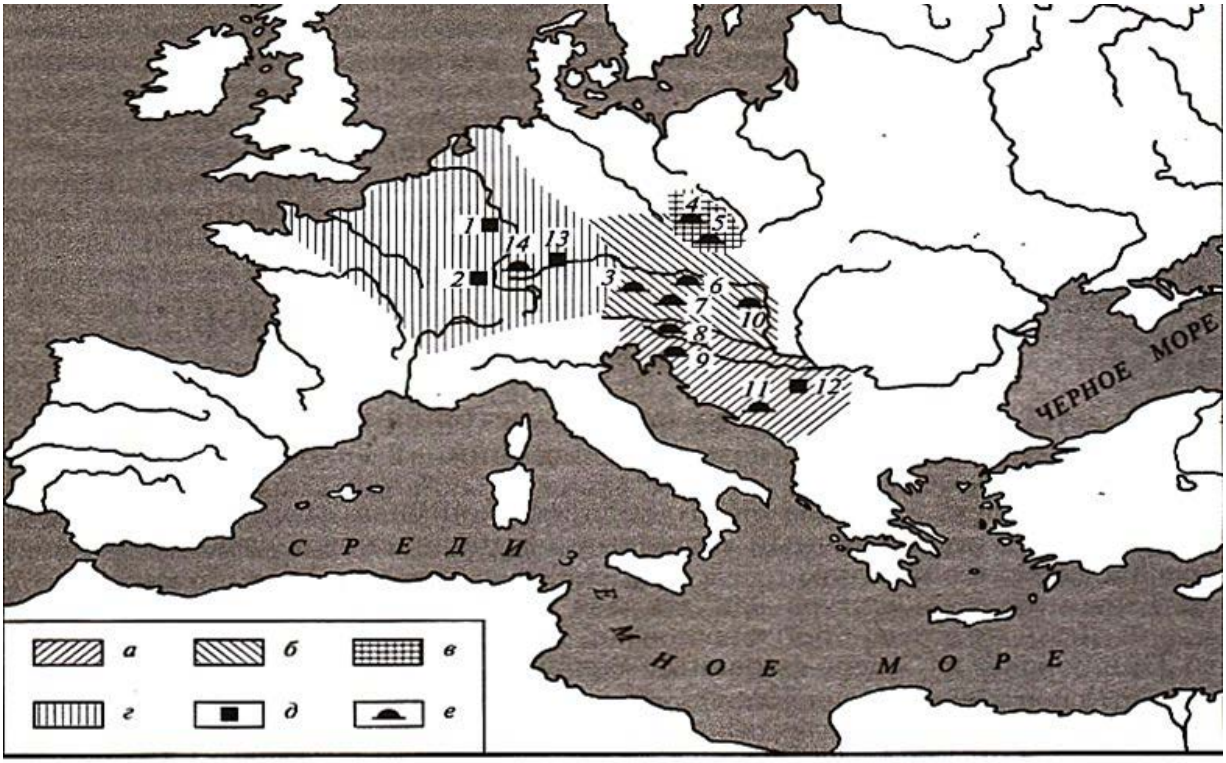


Рис. 34. Гольштатская культурно-историческая общность: а, б, в – восточная зона, г – западная зона, д – поселения, е – погребения; 1 – Нейхейзель, 2 – Камп-де-Шато, 3 – Гальштат, 4 – Платеницы, 5 – Бычья Скала, 6 – Гемейнлебаран, 7 - Штретвег, 8 – Санта-Лючия, 9 – Вач, 10 – Эденбург, 11 – Глазинац 12 – Донья Долина, 13 – Гейнебург, 14 – Гохмихеле. Иллирийцы на востоке и кельты на западе. Зарождение Центрально-Европейского горно-рудного центра (Археология. Ред. В.Л.Янина, 2006).

Минеральные краски

Одним из чудес древнего периода является изобретение минеральных красителей. Сохранившиеся до наших дней античные фрески и декоративные предметы быта неизменно поражают яркостью и разнообразием красок. Секрет устойчивости древних красок в том, что все они имели природную минеральную основу. Наиболее ценной из них была пурпурная краска. Одежду из окрашенных ею тканей носили исключительно императоры. Главным компонентом этой краски был сульфид ртути (HgS); его древнеиндийское название - киноварь. В качестве добавок использовали обыкновенный мел и окислы железа.

Синюю краску изготавливали из минерала лазурита; зелёную - из малахита, жёлтую - из смеси ярко-кирпично-красного свинцового сурика (Pb_3O_4) с лимонно-жёлтой висмутовой охрой (Bi_2O_3 $3H_2O$) и оранжево-красного реальгара (As_4S_4); белую - из самых разнообразных компонентов: мела, гипса, извести, белой глины, свинцовых белил ($Pb_2(CO_3)$). Наличие в красителях As, Hg и Pb подрывало здоровье художников. Всё многообразие оттенков, тонов и полутонов получали, смешивая в различной пропорции основные составные части минеральных красок.

Заключение

В рамках античной культуры развивались основы естествознания, в том числе и учения о полезных ископаемых. Первые сведения о минеральных богатствах мы находим в поэмах Гомера и Лукреция и в трудах Аристотеля, Геофаста, Плиния Старшего и других. В них приведены объективные сведения о 670 минеральных веществах. Среди представлений о происхождении мира, в том числе и минерального, преобладали два направления. Одно придавало определяющее значение воде, как созидающему и преобразующему мир началу (философ Фалес), а другое - особой субстанции, космическому огню, заполняющему весь мир (философ Гераклит, Анаксагор). Именно от древнегреческих философов ведут начало обе генеральные линии в развитии наук о Земле, борьба которых и предопределила успехи в создании научной картины мира. По имени бога морей Нептуна первое направление получило название "нептунизм", а в честь бога подземного огня Плутона второе направление называют "плутонизмом".

Горное дело требовало все возрастающего количества древесного угля. В связи с этим в районах разработки месторождений интенсивно вырубались леса, и после их исчезновения рудный промысел прекращался. Подобная ситуация регулярно складывалась на медных рудниках о. Кипр, где примерно дважды в каждом столетии полностью уничтожался лес, жизнь замирала, ремесленники и горняки разъезжались по другим странам и возвращались когда леса снова восстанавливались. На острове Эльба леса быстро были сведены и железную руду возили для плавки металла в Италию.

К началу новой эры человечество освоило получение золота, серебра, меди, бронзы, свинца, железа; знало и пользовалось широким набором цветных драгоценных и полудрагоценных камней (агатами, топазами, горным хрусталем, бирюзой, малахитом и многими др.).

Глава 4. Средневековый период (до XIX в.)

Средневековый период охватывает промежуток времени, в течение которого были заложены основы рудной геологии и создана горнорудная промышленность. Он отчетливо разделяется на два этапа: раннее средневековье (I-XV века) и эпоху Возрождения (XV-середина XVIII в.).

Раннее средневековье (I-XV века)

Раннее средневековье характеризуется спадом в темпах эволюции общества, застоем в развитии горнорудной деятельности. В течение почти 150 лет не было кардинально новых изобретений; масштабы разработки известных месторождений существенно не менялись. Отмечается только некоторый прирост продукции за счет вовлечения в производство новых рудных объектов на севере в Скандинавии, на Кавказе, в Средней Азии и на Урале (Аристов В.В., Роков А.Н., Русецкая Г.Г., 2000; Археология.2006; Исламов О.И., 1977; Массон М.Е.,1953; Прокин В.А., Душин, 2010.). Как мы уже отмечали, в древний период и почти в течение всего раннего средневековья использовалась одностадийная прямая технология получения из руды железа, так называемой крицы. Следующим крупным шагом в развитии материального производства, приходившемся на XIV-XV века, явилось получение литейного чугуна, литейной бронзы. При последующем переплавлении чугуна в присутствии воздуха стали производить сталь. Все эти новшества способствовали замене каменных ядер на чугунные, изготовлению литейных пушек и массы литых изделий для быта. В арсеналах английского короля Генриха VIII в Тауэре находилось 64 бронзовых и 351 чугунных пушек, а также другого вооружения, достаточного для оснащения огромной по тем временам армии из 44500 человек.

Границы древнего и средневекового периода существенно различаются для крупнейших региональных центров мировой цивилизации. В Китае в Гуаньчжунской долине - одной из колыбелей китайской нации, а также в провинции Хубей начало средневековья несколько смещается в первые века н.э. Обнаруженные остатки древних рудников Тонглишон, разрабатывавшиеся протяженный период XI в. до н.э. - II в.н.э., указывают на исключительно высокую для древних рудокопов технику геологоразведочных работ (рис. 35). Они создали систему откачки подземных вод и углублялись горными выработками до глубины 60 м.

Отсутствие в заметных количествах железных предметов быта и производства, а также преобладание оружия, изготовленного из бронзы, указывают на то, что железный век здесь существенно совпал с ранним средневековьем и приходится на начало нашей эры.

Раннее новое время. Эпоха Возрождения (XIV – конец XVIII в.в.)

Британский историк Гельмут Кенигсбергер и ряд его последователей в истории Европы выделяют отрезок - 1500 – 1789 гг. (Кёнигсбергер Гельмут, 2006). в качестве раннего нового времени, когда формировались научные, экономические , культурные и социальные основы современного мира. Совершились великие географические открытия, успешно развивалась математика и науки о природе, астрономия (Г.Галилей, Н.Коперник, Дж.Кассини, И.Кеплер), механика (И.Ньютон, Х.Гюйгенс), физика, химия (Б.Паскаль, У.Гильберт, Р.Бойль, Р.Декарт). Интеллектуальный прогресс выразился в процветании школ живописи во всех странах и в оригинальной национальной литературе. Имена Микеланджело, Рафаэля, Леонардо да Винчи, Мурильо, Веласкеза, Тенье-

ра, Рубенса, Рембрандта, Шекспира, Корнеля, Расина, Мольера свидетельствуют, что мрак средних веков преодолен. Создаются новые и расширяются старые города, возникают известные архитектурные стили - ренессанс и барокко, мощное развитие получает кузница Европы в Рудных горах (Саксонские Альпы), снабжавшие все страны этого региона серебром, свинцом, оловом, железом, медью и разнообразными красками.

Крупным ученым эпохи Возрождения был французский философ и математик Рене Декарт (1596-1650 гг.). Он считал, что Земля - это остывшая звезда с раскаленным ядром. В результате вихревого движения материальных частиц рудные минералы извлекаются из ядра и отлагаются в трещинах остывших пород вблизи поверхности. Он одним из первых нарушил твердое правило того времени (глобализация) печатать научные труды только на латинском языке и издал их и на родном французском.

В XIV и XV столетиях были введены во всеобщее употребление ряд изобретений: порох, компас, живопись масляными красками, гравирование, бумага и книгопечатание (немец Гутенберг); великие мореплаватели открыли Новый свет (генуэзец Христофор Колумб, - Америку) и новый путь морем в восточные страны Старого света. В XV в. португальские мореплаватели продвигаясь вдоль западных берегов Африки открыли остров Мадеру, Канарские острова и берега Гвинейского залива. В 1484 году достигли мыса Доброй Надежды. В 1497 Васко де Гама обогнул его и вышел в Индийский океан; плывя вдоль восточного берега Африки, он достиг Индии. Португальцы устроили фактории на берегах Африки и Индии. Под знаком захвата несметных богатств протекало в конце XV в. - XVI в. завоевание Америки — конкиста. Ярким её эпизодом было покорение империи ацтеков. Ранним утром 4 марта 1519 г. 11 испанских каравелл под командованием безрассудного игрока и азартного искателя приключений Эрнана Кортеса бросили якоря в Мексиканском заливе.

Рис. 35. Остатки древних рудников Тонглишон (Китай).

Самая жестокая страница конкисты началась с порабощения ацтеков, разграбления их столицы Теночтитлана и убийства императора Монтесумы. Ацтеки создали отлично организованное государство, но на уровне каменного и бронзового веков. Конкистадорам нужно было только золото. Ювелирные шедевры переплавлялись в слитки металла. С открытием Америки в Европу хлынул поток золота и серебра, которые добывались на богатых месторождениях с помощью дешёвого рабского труда. Христофор Колумб в своём письме с Ямайки в 1503 г. писал: «Золото - удивительная вещь! Кто обладает им, тот господин всего, чего он захочет. Золото может даже душам открыть дорогу в рай».

Драгоценные камни, бывшие до того времени редкостью в Испании, появились в ней в изобилии; золото и серебро, вывозимые из Перу и Мексики, временно обогатили Испанию. Однако это не привело страну к расцвету. Религиозный фанатизм привел к изгнанию мавров, прекрасных земледельцев, а затем евреев, способных коммерсантов. Короли Карл Пятый (1519–1556) и Филипп II (1556–1598) довели страну до упадка. Монастыри присвоили себе огромные земли. Число монахов и дворян - идальго возрастало. Идальго – стало нарицательным понятием – никчемного человека. Большая часть сокровищ Америки пошла на содержание армии и на покрытие издержек, вызванных войнами.

На судьбу Англии положительно повлияли морские открытия (История Великобритании, 2008). Из земледельческой в средние века она превращается в XVI в. в индустриальное – производит больше всех в мире железа из своих рудников и строит корабли. Новая, как её называют в это время «Чёрная Англия» в дыму фабрик и рудников созидается медленно, и вместе с нею растёт богатая буржуазия. В конце XVIII века Англия сделалась самой крупной морской и колониальной державой в Европе.

В России эпоха Возрождения выразилась в подъёме материальной культуры и накоплении сведений о минеральных сокровищах недр (Дворниченко А.Ю., 2010). Наиболее значительные события происходили во время Петра I (1672 - 1725 гг.) и деятельности первого русского ученого М.В.Ломоносова (1711-1765 гг.). Начиная с правления Ивана Грозного, развивалась система горнорудного производства. Ей руководил Приказ каменных дел (1584 г.), затем - Приказ рудокопных дел (1700 г.) и Бергколлегия (1717 г.). Основная задача - поиски руд. Значительные из них:1) 1491 г. - отряд Андрея Петрова и Василия Болотина за серебром на Печору; 2) 1617 г. - экспедиция И.Бертеньева на Урал, обнаружившая медные руды; 3) 1640 г. - экспедиция боярина Стрешнева на золото в Пермь; 4)1677 г. - Яков и Венедикт Хитровых поиски серебра в Сибири.

Поиски руд регламентированы в серии законов «Горной привилегии». Активно осваивались богатства Урала. Здесь в период (1623 -1699) гг. работало 106 отрядов. На крупных заводах (Кунгурском, Уктусском и Алапаевском) были открыты первые горнозаводские школы. Первой крупной сводкой о минеральных ресурсах служит написанная В.Н.Татищевым (1686-1750) многотомная «История Российская...». Подробные сведения о 25 уральских и сибирских горных заводах имеются в трудах В.И.Геннина (1676-1750) - генерал-лейтенанта, обрусевшего голландца, более 20 лет руководившего горными заводами Олонецкого края и Урала.

Несомненно, одной из самых ярких звезд мировой науки на заре ее формирования был М.В.Ломоносов. Его энциклопедический ум позволил заложить основы методики научного анализа нашего века. Многочисленные успехи в решении конкретных задач геологии, минералогии, горного дела, полезных ископаемых, физики, химии и других наук интересны для истории естествознания. Но гений М.В.Ломоносова, как это отметил В.И.Вернадский, заключается, прежде всего, в том, что он в отличие от натуралистов своего времени резко порвал со схоластикой, господствовавшей в естество-

знании вплоть до первой половины XVIII в. М.В.Ломоносов был одним из немногих, кто анализировал точные факты, вел натурные наблюдения и эксперименты. А.С.Пушкин в «Мыслях на дороге» пишет: «Ломоносов был великий человек. Между Петром I и Екатериной II он один является самобытным сподвижником просвещения. Он, лучше сказать, сам был первым нашим университетом».

М.В.Ломоносов получил великолепное для горняка и геолога образование в Германии в университете Марбурга и на Фрайбергских рудниках. Шахтерская жизнь того времени была полна опасностей. Мистическое отношение к подземному миру и частые катастрофы вырабатывали особое горняцкое братство с многочисленными ритуалами, цеховыми символами, в частности, отличительным знаком - двумя скрещенными кирками и феерическими праздниками с ночными факельными шествиями. М.В.Ломоносов, как никакая другая личность в истории нашего отечества, олицетворял образ героя, богатыря, если хотите, супермена. Высокий, стройный, сильный, выносливый, настоящий древнегреческий стоик, он сочетал в себе физическое и интеллектуальное совершенство. В молодости он без гроша в кармане бродил по Саксонии и Пруссии и, будучи случайно завербованным в прусскую армию, подвергаясь смертельной опасности, бежал из средневековой крепости. Он любил шумные молодежные застолья. Михаил Васильевич - идеальный символ гения, необычное сочетание научных озарений, невероятное упорство и трудолюбие в достижении цели и органический синтез теоретических и прикладных аспектов в развитии естествознания.

Крупные ученые (В.И.Вернадский, К.Маркс, Ф.Энгельс) придавали большое значение горнорудному производству в средние века. В это время впервые появились не только гильдии ремесленников-горняков, но и вольные города, в которых формировался новый класс рабочих, сыгравший главную роль в грядущем периоде - «новом времени». Мелкие поселения горняков разрастались и становились городами. Местные правители маленьких княжеств чеканили свои монеты (например, германские курфюрсты) и издавали свое горное законодательство. Так, в Чехии король Вацлав I разработал «Горное право», согласно которому «нашедший руду получал поле размером 9100 $м^2$, на котором должен заложить 3 шахты. Хозяин - король или князь взимал 10% добытых металлов».

Мощный импульс горное дело получило с открытием богатых серебряных руд Фрайберга в 1168г. и др. месторождений района. Здесь добывалось до 20 т. Ag в год. Из него изготавливали монеты - иохимталлеры или просто таллеры, которые распространились по разным странам. В Америке таллер был переименован в доллар, а России его называли ефимок и рубили на части и назвали рублем. На основе месторождений сформировались многие города Европы: Раммельсберг, Мансфельд и Фрайберг в Германии; Пшибрам, Кутна Гора, Банска Штьявница и др. в Чехии и Словакии и др.

Артели горняков с помощью первых драг (гердов) добывали золото из аллювия рек Европы (рис. 36, рис. цв. 37).

Аналогичная ситуация характерна и для других центров цивилизации – Среднеазиатского, Синайского, Китайского, Кавказского и Уральского. В Средней Азии на территории Карамазарской полиметаллической провинции существовал султанат со столицей Бинкет (современная Бухара) с развитой системой серебряных рудников (17 городов). Особенно бурно они развивались с приходом арабских завоевателей с VIII в. до XII в. О высоком уровне рудокопов свидетельствуют остатки небольших карьеров и системы подземных выработок.

Появляются первые научные идеи о рудообразовании (Массон М.Е., 1953) . Одному из основателей химии Джабир ибн Хайану (VIII в.), известному в Европе как Гебер, принадлежит гипотеза, согласно которой металлы состоят из серы и ртути. В связи с этим при обжигании сульфидных руд и плавке они теряли серу. Существенный вклад

в минералогию внес бухарец Ибн Сина (Авиценна), написавший в 1023г. труд «Книга исцеления», где разделил минералы на 4 группы: камни, руды, горючие вещества и соли.

Драгоценным камням и металлам посвящена книга ученого Аль Бируни «Собрание сведений для познания драгоценностей» (1048г.). Он описал металлы: золото, серебро, медь, железо, олово, свинец, мышьяк. В книге есть сведения о х месторождениях, их составе и строении: золотые Шикинана (истоки Амударьи); Зарубана (южный Афганистан); комплексные полиметаллические рудника Нав-и Нау и ряд др.

В средние века протекала деятельность крупнейшего геолога-рудника, создателя учения о рудных месторождениях и металлургии Георгия Бауэра (Агриколы) (1494-1555 гг.). Врач по образованию, обучался в университетах Лейпцига (в Саксонии) и Болоньи (в Италии), а начиная с 1526 г. и до конца жизни работал в Иохимстале и Хемнице (Рудные горы) городским врачом. Он увлекался изучением геологии, минералогии и металлургии месторождений серебра, свинца, олова и меди и создал серию фундаментальных произведений.

Знаменитой среди них является работа «О горном деле и металлургии» в 12 книгах, изданная после его смерти в 1556 г. В течение нескольких столетий она служила справочником по горнорудному делу. Он считал, что руды – это результат загустения текущих по трещинам горячих металлоносных растворов - «соков земли». В раннем Средневековье существенное влияние на товаро-денежные отношения Восточного Причерноморья влияло серебро Арабского Халифата, поступавшее и в Киевскую Русь в форме монет – дирхем, поскольку после распада Римской империи в 476г. приток статеров и динариев прекратился. Серебро для последних добывалось на месторождении Картахена (юго-восток Испании).

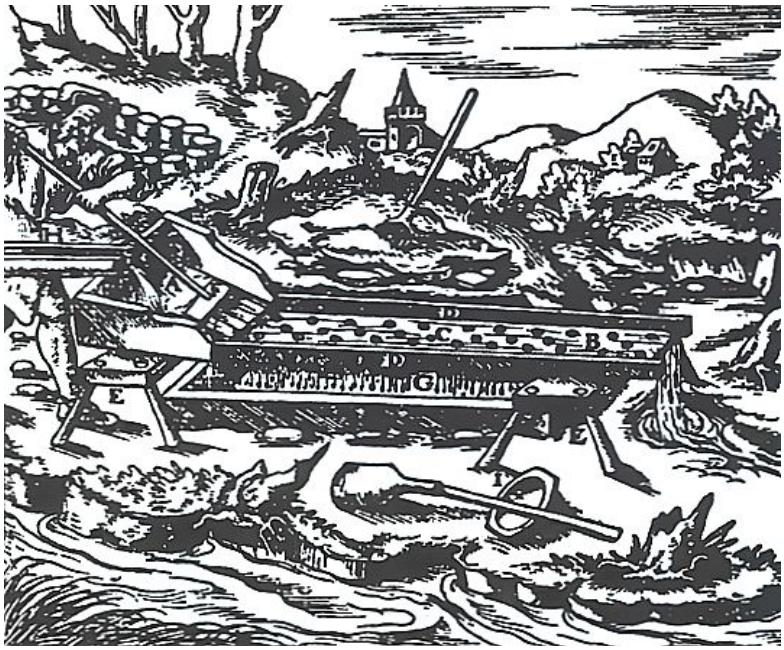


Рис. 36. Специальное устройство для промывки речных песков – герд, широко используемый старателями средневековой Европы для добычи золота. Составные элементы герда: A – верхний ящик; B – удлиннёное плоское корыто; C – отверстие в дне корыта; D – борозды для задержки золота; E – козлы для создания наклона; F – гребок; G – бак для улавливания мелких частиц пород, обычно обагощенных металлом; H – желобок для подвода струи воды из соседнего ручья; I – лоток (чаша) и лопата для переноски рыхлого материала. Гравюра из книги Агриколы «О гором деле».

Крупные пещерные монастыри

В средние века в горах настоящими крепостями были крупные пещерные монастыри. Они защищали страны от вторжения врагов. В горных районах монастыри обычно располагались на подходах к плодородным и густонаселённым долинам.

В Закавказье возник пещерный комплекс Вардзиа, заложенный в ущелье реки Куры в 70 км к югу от города Боржоми (рис. цв. 38). Это крупное по тем временам строительство происходило в годы царствования Георгия III и его дочери - известной и мудрой правительницы царицы Тамары. Пещерный комплекс Вардзиа - это около 500 жилых, культовых, военных, складских и других хозяйственных помещений, высеченных в отвесной скале из вулканического туфа. Помещения располагаются в 5-6 ярусов и напоминают ласточкины гнёзда. Нижний ярус возвышается над Курой на 90 м, а самый верхний — на 135 м. Размеры подземных помещений зависели от их назначения. Монастырь был настолько велик, что мог вместить около 20 тыс. человек, т.е. всех жителей окрестных деревень. Стены главного храма, расположенного на двух ярусах, покрыты росписью с портретами Георгия III и царицы Тамары. Другой комплекс монастырей Закавказья — Давид Гареджа — в 60 км к ЮВ от г. Тбилиси простирается почти на 25 км и состоит из сотен выдолбленных в скалах помещений.

Самые старые монастыри основаны в первой половине VI в., наиболее поздние - в X-XIII вв. На стенах многих церквей и трапезных сохранились фрески VII—XIV вв. с портретами исторических лиц. В массиве вулканического туфа в верховьях реки Азат в Армении сооружён монастырь Гехард. Подземные средневековые города Турции сооружали также в вулканическом туфе. В узких и глубоких долинах удавалось располагать подземные помещения на восьми-десяти «этажах». Строительство не ограничивалось прочными породами. Строили и в лессовых отложениях.

Алхимия

С золотом тесно связана алхимия. В первых веках нашей эры она зародилась на Ближнем востоке и в Китае, а затем активно развивалась в Египте и Греции. В Китае в период с I в. до н.э. по VII в. н.э. алхимия захватила умы не только учёных, но поэтов. Древнеегипетский философ александрийской школы Аммоний Саккас считал основной задачей алхимии поиски «праматерии» и «философского камня», с помощью которых можно превращать обычные металлы в золото. Подлинный расцвет алхимии в Западной Европе приходится на IX-XVI вв. Алхимики часто пользовались уважением и бывали обласканы при дворах монархов. Несмотря на нелепость многих положений этого учения, данная страница становления естествознания была совсем не бесплодной. В процессе экспериментов были открыты сурьма, цинк, висмут и мышьяк, исследованы свойства многих соединений. Но гигантский труд учёных в основном расходовался впустую и даже стоил жизни. Постоянная работа с серой и ртутью подрывала здоровье.

Идеи превращения металлов в золото, - более двух тысячелетий, вплоть до XIX в., потрясали научные сообщества и здравый смысл. И только в XX в. открытия Нильса Бора, Фредерика Жолио-Кюри и других учёных в области физики позволили теоретически и экспериментально осуществить призрачную мечту алхимиков — получить из ряда металлов самое настоящее золото. И какова же его цена? Синтезированный элемент в сотни тысяч раз дороже природного!

Архитектура, строительство и монументальное искусство в эпоху возрождения

Особая роль в развитии цивилизации принадлежит карбонатным породам - известнякам и их метаморфизованным аналогам - мраморам, слагающим до 15 % объёма земной коры (Бек Кристиан, 2002; Золотая книга. Флоренция, 2004; , Иванов К., Пури-

щев И., 1986; Посконина Ольга, 2005; Соловки. 2006; Старая Москва, 1990). Известняк легко распиливается на строительные блоки. На нём резчики по камню создавали великолепные ажурные декоративные узоры. Конечно, строительные известняки не поддаются качественной полировке, но зато их светло-серый цвет, рисунок, природная шероховатость создают удивительно приятное сочетание.

Огромные монументальные сооружения как бы парят в воздухе. Не случайно наши далёкие, да и более близкие предки вдохновенно создавали из известняка каменную летопись сменяющихся эпох. Европа богата карбонатными породами. Очень эффектны белые известковые скалы побережья Адриатического моря в Будве, Дубровнике (Хорватия) или Триесте (Италия). Они неотделимы от знойных пейзажей Прованса (Южная Франция), запёчатлённых на прекрасных полотнах Ван-Гога. В окрестностях крупнейших городов Европы возникли многочисленные карьеры, из которых добывали белый камень (рис. цв. 39). Наиболее фантастические истории этих разработок связаны с Парижем. Сначала они находились в пригородах, но по мере разрастания города карьеры попали в черту городских застроек. Так, 18-й район Парижа называется Холмом Монмартра. Здесь располагались Большие карьеры, где добывался известняк, из которого на вершине холма и был построен изумительный по красоте собор Сакре-Кёр (рис. цв. 40). Много строительного известняка добывалось из подземных галерей. Позже, в XVIII в., на месте старых шахт возникли самые знаменитые кварталы Парижа - Латинский и Монпарнас. Под ними располагаются одни из загадочных катакомб мира - многоярусные подземные кладбища, с которыми связано немало легенд и литературных историй. Многие французские писатели, в том числе Александр Дюма, описывали парижские катакомбы в своих произведениях.

Во Франции из известняков, добывавшихся в местных карьерах, были созданы шедевры архитектуры. К ним относится каскад замков на берегах Луары: Блуа (1636-1660 гг.), Шавиньи (середина XVII в.), Шамбор, Шенонсо и десятки других (рис. цв. 41-45). На юге страны вдоль побережья Средиземного моря тянется пояс замков, дорог, мостов, арен для гладиаторских боёв и целых городов, построенных из известняковых плит. Среди них средневековые города - Каркассон, Эйгеморт, римский стадион в Арле и многие другие.

К шедеврам мировой культуры, материалом для создания которых также послужил известняк, относятся соборы Шартра и Реймса, дворцовые ансамбли Парижа: Версаль, Фонтенбло, Лувр, собор Парижской Богоматери, Пантеон, Дом инвалидов, церковь Сорбонны и ряд других.

Островное средиземноморское государство Мальту можно отнести к уникальному строительно-архитектурному памятнику. С момента своего зарождения в древнейшем и древнем периодах, испытав все превратности исторического существования на активных путях перемещения народов, цивилизаций, оно не только сохранила священные руины прошлого, но и в настоящее время продолжает строить, как и тысячи лет назад, все свои сооружения (архитектурные ансамбли, жилые кварталы, дороги и акведуки, портовые сооружения и так далее) из белого с желтоватыми оттенками мезозойского известняка. Самая процветающая отрасль на острове – добыча известняковых блоков для строительных целей (рис. цв. 45-46). На этом острове все создано на известняковой основе.

Известняк в древнерусском зодчестве

Известняк органически связан с культурой, бытом и самой историей России. Широко известны и всем понятны выражения «белокаменная Москва», «белокаменная архитектура», «белокаменная летопись». Всё это связано с небольшим пластом известняков толщиной всего (10-40) м, названным по имени села Мячково (в Московской об-

ласти) «мячковским горизонтом». В окрестностях Рязани, Коломны, Звенигорода, Волоколамска известняки либо выходят на поверхность, либо расположены на небольшой глубине (десятки метров). Необычные свойства этого камня заметили ещё древнерусские строители. Он податлив под резцом мастера, легко пилится обычной пилой и вообще отлично обрабатывается. В то же время известняк достаточно прочен. В условиях климата средней полосы России построенные из него здания стоят, не разрушаясь, в течение многих столетий.

К наиболее ранним сохранившимся постройкам из известняка в Северо-Восточной Руси относятся памятники, как церковь Бориса и Глеба в Кидекше под Суздалем (1152 г.), Спасский собор в Переславле-Залесском (1152-1157 гг.), величественные соборы Владимира-на-Клязьме (вторая половина XII - начало XIII вв.) и церковь Покрова на Нерли (1165 г.) - около впадения реки Нерль в Клязьму. На протяжении XIV-XV вв. возведены из известняковых блоков: Грановитая палата и Успенский собор в Московском Кремле, Спасский собор Андроникова монастыря в Москве, Троицкий и Успенский соборы Троице-Сергиевой лавры. Гатчинский дворец (Павел1) в Петербурге. При строительстве городских укреплений, церквей и монастырских комплексов «белый камень» добывали из открытых карьеров и подземных каменоломен в районе деревень Киселиха, Камкино и в др. местах, расположенных на высоком правом берегу реки Пахры. При Дмитрии Донском деревянные стены Кремля были заменены белокаменными. С XII в. развивалось тонкое искусство резьбы по известняку - белокаменное «кружево», состоящее из своеобразных поясков с множеством тонких колонок орнамента, фигур зверей, птиц и сказочных чудовищ.

Известняк сыграл важную роль в формировании архитектурного облика средневековых городов С.В. Руси. И лишь в XVI в. из строительных работ его начал вытеснять кирпич. В последний раз мячковские известняки были использованы при облицовке станций метрополитена - «Белорусской», «Октябрьской», «Парка культуры» и некоторых др. В 1961 г. их разработка прекратилась. Теперь известняк поступает из Мангышлакских карьеров. Им облицован 1-й Гуманитарный корпус МГУ на Воробьёвых горах. Постоянно привозится пилёный камень из Бодракского карьера (близ Симферополя).

В одну и ту же эпоху XIV - XVII века в Западной Европе появился готический архитектурный стиль соборов и монастырей и одновременно на Руси возник типично славянский шатровый церковный стиль. Появление обоих стилей объясняют архитектурными веяниями эпохи. Но в данном случае причина может быть более простая. С появлением христианства церковные строители всегда стремились строить как можно более крупные и величественные храмы, но строительные материалы средневековья существенно ограничивали их масштабы. Только с вовлечением в этот процесс известняков и мраморов открылись новые возможности. Шатровый стиль продержался до середины XVII в. и был запрещен патриархом Никоном. Шатровые церкви: Вознесения в Коломенском (1532 г.) – в честь рождения Ивана IV и Преображенская в с. Остров (конец XVI в.) (рис. цв. 47-50).

Минеральные краски. Мрамор в декоративном искусстве и скульптуре

Мрамор отлично поддаётся обработке и идеально полируется. Он достаточно вязок и прочен, а потому при ударах сразу не раскалывается. Это лучший материал для внутренней отделки зданий, а его белые, слегка просвечивающие сорта - излюбленный материал скульпторов. Наиболее качественным является мрамор из Каррарских карьеров Италии (рис. цв. 51, рис. 52). Из него изготовлено большинство статуй и памятников всех эпох - от античной до современной включительно. География изделий из этого мрамора широка. Они есть даже в Северной и Южной Америке и Австралии.

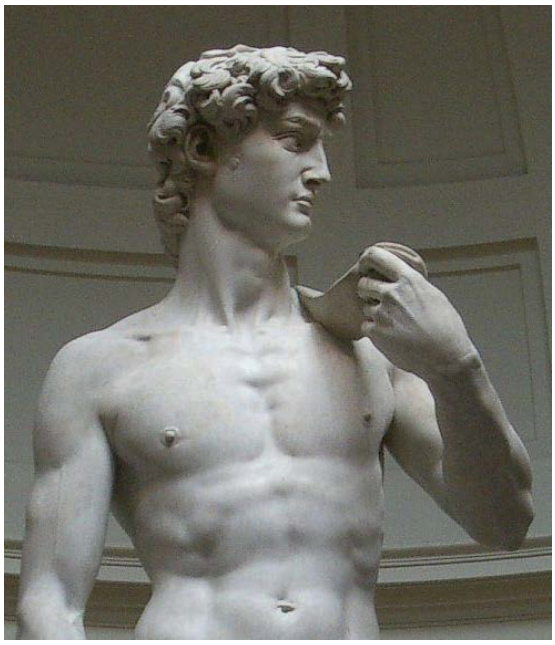


Рис. 52. Давид Микеланжелло.

В России из каррарского мрамора созданы сотни скульптур, которые украшают дворцы Санкт-Петербурга (например, Зимний дворец, Эрмитаж) и его пригородов - Петергофа, Павловска, а также родовых дворянских усадеб Подмосковья, например, Архангельского.

Надгробье Улугбека - средневекового эмира, математика и астронома - сделано из мраморного оникса (Самарканд, усыпальница Тимуридов) (рис. цв. 53). В Москве можно увидеть этот замечательный камень в отделке станции метро «Белорусская-радиальная». Здесь использован мраморный оникс из армянского месторождения Агамзалу. Травертины - породы, образовавшиеся при осаждении карбоната кальция из подземных источников. Они образуются и в настоящее время в вулканически активных областях: в Долине Гейзеров в Йеллоустонском национальном парке (США), на Камчатке и в др. районах. Наиболее декоративные сорта травертина буровато-жёлтых цветов и с полосчатым рисунком называют мраморным ониксом. Он красив, но хрупок. Из такого оникса сделаны некоторые сосуды, находившиеся в гробнице египетского фараона Тутанхамона.

Мало распространённые в качестве строительных и декоративных материалов горные породы

Эти материалы использовались в средневековье и в новое время. Это мелкозернистые серые и красные граниты. За ними следуют магматические породы лабрадориты, коричневые и чёрные с красивыми синими и зелёными отсветами и перламутровым блеском; плотные тёмно-серые мелкозернистые диориты, а также кварциты, песчаники, сланцы.

Грандиозное впечатление производят архитектурные детали сооружений, выполненные из гранита. Великолепны красноватые колонны Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге, изготовленные из карельских гранитов. Исключительно величественны устремлённые ввысь на 15-20 м пилоны (квадратные в сечении) из розового гранита в каменной симфонии изящного аббатства на острове Сен-Мишель во Франции (рис. цв. 54).

Из выборгских гранитов «рапакиви» изготовлен пьедестал «Медного всадника» в Санкт-Петербурге, а из гранита острова Тулолон-Саари в Финском заливе Балтийского моря - фигуры атлантов при входе в Эрмитаж. Гранит используется чаще в монументальной скульптуре и архитектуре. Это очень стойкий и долговечный, но трудно обрабатываемый материал. Он хорошо полируется и в любом климате долго сохраняется.

На долю всех остальных материалов (лабрадорита, габбро, базальта и т.д.) приходится всего (3-4%) мирового производства декоративных и поделочных камней. Особо следует отметить архитектурный облик Скандинавских стран, созданный метаморфическими породами. Кстати, щелочные габброиды Норвежского грабена – лаврикиты (рис. цв. 55) – национальный камень Норвегии. Завершая этот раздел, отметим общее соображение - времена строительства зданий из каменных блоков канули в Лету.

В южной, центральной и юго-восточной. Азии (горах Тибета и Непала, в пустынях Средней Азии) в эпоху средневековья возникло выдающееся строительное и архитектурное искусство. Мечети и медресе, построенные из местной глины, пережили века и многочисленные землетрясения. Сегодня они поражают нас своей удивительной пластичной формой, огромными, но лёгкими, как бы парящими конструкциями, сливающимися в единой гармонии с горными хребтами и безоблачным знойным небом пустынь. Несколько примеров: пагоды Сваяамбхунатха (Сваяамбху) в Катманду, столице Непала, родины Будды - полное имя его Гаутам Будда Сакия (варианты: Сакья, Шакия, Шакья). Этой пагоде 1550 лет. Такая архитектура затем распространилась на север (до Якутии), восток (Китай. Корея) и юго-восток (Бирма, Вьетнам и т.д.). Это самая крупная и главная пагода буддистов, Медресе Шер-Дор в Самарканде (рис. цв. 56).

Однако эра природного камня не только не кончилась, но даже приобрела особый, более общественный характер. С каждым годом всё шире и шире камень используется в качестве облицовочного материала. При строительстве всех более или менее значительных общественных сооружений - комплекса зданий МГУ, высотных домов Москвы, станций метрополитена, театров, выставочных павильонов и т.д. - для внутренней и внешней отделки широко используют декоративные плитки из мрамора, известняка, гранита, лабрадорита. Научно-технический прогресс создал множество дешёвых и достаточно прочных строительных материалов — бетон, шлакобетон, железобетон, разнообразные типы кирпичей. Но природный камень всегда останется излюбленным красивым, экологичным и комфортным для человека материалом.

Глава 5. Новый период – XIX в. – наши дни

Новый период условно можно считать с начала XIX в. до наших дней. Несмотря на небольшой срок, в это время темп исторических событий был весьма высоким. Особенно бурно развивалось естествознание, горнорудное производство и промышленность. Новое время характеризуется становлением науки как одной из важнейших сфер человеческой деятельности, созданием разветвленной государственной и частной структуры горнорудного дела и лавинного ускорения научно-технического прогресса. С XIX веком совпадает смена в ведущих странах мира феодальной системы капиталистической. Весьма условно период нового времени можно разделить на три этапа: начальный, великих открытий и современный.

Начальный этап (от 1820-1830 гг. до 1900-1910 гг.)

Начальный этап охватывает промежуток времени от 1820-1830 гг. до 1900-1910 гг. В это время была освоена технология отливки чугуна, и он молниеносно занял лидирующие позиции во всех видах строительных работ, в архитектуре, декоративном искусстве, военном деле и в бытовых изделиях. XIX век не случайно называют веком чугуна. Этот металл во все возрастающих количествах идет на изготовление рельс в железнодорожном деле. Из него создаются удивительные по изяществу и красоте ажурные решетки в садово-парковых ансамблях, балконах, изгородях и т.д. Создаются огромные металлические арочные мосты и состоящие из отдельных конструкций уникальные сооружения. К последним относятся построенные из железа специально к открытию Всемирной выставки в Париже в 1889 г. Дворец машин и Эйфелева башня.

Начальный этап приходится на время раннего капитализма - энергичного освоения минеральных ресурсов. Создаются гигантские промышленные центры, объединяющие угольные и железорудные бассейны: Лотарингский, Минас Жераис в Бразилии, Английский, Донбасский, Уральский, Рудногорский в Центральной Европе и другие. Река чугуна и стали неиссякаемым потоком устремилась в промышленное производство. На базе железа и его сплавов создается мировая сеть железных дорог, многократно увеличивается мощь артиллерии, создаются первые крупные морские военные исполины - крейсеры и линкоры. Железные изделия пронизывают все сферы человеческой жизни - от мельчайших иголок до плуга, чугунного горшка, сковородки и котла.

Разрабатываются сотни месторождений железных руд на Урале, в Кривом Роге, в Лотарингии, в Рудных Горах Центральной Европы, в районе озера Верхнего на границе США и Канады и во многих других регионах мира. С начальным этапом связано создание теоретических основ современной геологии и прежде всего учения о полезных ископаемых. Была разработана теория происхождения месторождений из магматических расплавов. Ее активно развивали профессор Лионского университета Ж.Фурне (1835 г.), английский натуралист Т.Бельт (1861 г.). На базе нептунических представлений Вернера выкристаллизовалось инфильтрационное направление в объяснении происхождения руд. Его сторонники связывали отложение рудного вещества с циркулирующими по трещинам поверхностными водами. В это время в области рудной геологии работали выдающиеся ученые - французы Л.Де Лоне, впервые предложивший в 1897 г. термин «гидротермальные месторождения», и Эли де Бомон (1847 г.), фундаментальные исследователи А. Гумбольт и Р.Мурчисон (1842 г.). Наиболее значительный вклад в теорию рудообразования внес американский геолог В.Лингрен (1906 г.), классификацией месторождений которого, пользуются и по сей день.

Новый период характеризуется становлением науки, созданием разветвленной структуры горнорудного дела и лавинного ускорения научно-технического прогресса.

Именно в это время совершились три грандиозные научно-технические революции, коренным образом изменившие ход мировой истории и позволившие выделить соответствующие этапы: начальный (железо-угольный), великих открытий и современный. В каждом этапе намечается последовательность событий: 1. Фунтаментальные открытия и научно-технические разработки; 2. Обеспечение возникших отраслей науки и техники минерально-сырьевой базой (заказ геологической службе); 3. Массовое производство (ранжирование государств по уровню развития).

Первая в Новом периоде научно-техническая революция (1820-1900 гг.)

Англичанин Генри Корт создал специальную печь. В ней для плавления чугуна использовался каменный уголь. Продолжил Генри Бессемер, разработавший технологию получения стали из жидкого чугуна. На базе железа и его сплавов создается мировая сеть железных дорог, многократно увеличивается мощь артиллерии, создаются первые крупные морские военные исполины - крейсеры и линкоры. Железные изделия пронизывают все сферы человеческой жизни - от иголок до плуга, чугунного горшка, сковородки и котла. Железо и его производные заняли лидирующие позиции в строительстве, архитектуре, декоративном искусстве, военном деле и в бытовых изделиях.

Роль основного источника получения энергии прочно закрепилась за углем. Создаются гигантские промышленные центры, объединяющие угольные и железорудные бассейны: Лотарингский, Минас Жераис в Бразилии, Английский, Донбасский, Уральский, Рудногорский в Центральной Европе и другие. Река чугуна и стали неиссякаемым потоком устремилась в промышленное производство. Разгораются войны и конфликты между государствами за обладание этими минеральными ресурсами. Тот, кто владел технологией переработки и ресурсами железных руд, тот и контролировал мировую экономику. В начале XIX века только Англия обладала подобным могуществом.

Золотые лихорадки

Следующими яркими событиями XIX были золотые лихорадки, похожие на мировые эпидемии. Они охватывали обширные территории и имели собственные названия - Калифорнийская, Аляскинская, Сибирская, Австралийская.

В Калифорнии золото было обнаружено случайно в 1849 г. На ночь оставили открытым шлюз мельницы и утром обнаружили на водосливе самородки золота. Так началась золотая лихорадка, продолжавшаяся около 50 лет. Тысячи старателей со всего Нового Света и из Европы устремились на поиски счастья. Более 70% золота получали, промывая речные россыпи, а остальные 30% извлекали из кварцевых жил.

Вторая американская золотая лихорадка охватила Аляску и Северо-Западную Канаду. Всю Америку всколыхнула новость о находке в 1896 г. золота на реке Клондайк. Так была открыта одна из самых жестоких страниц в истории С. Америки. Массы обездоленных людей, авантюристов, романтиков и мелких бизнесменов хлынули в эти безлюдные суровые края. Клондайкская эпопея осталась в памяти потомков ещё и потому, что в рядах золотоискателей находился 20-летний Джек Лондон. Он оставил нам сильные и яркие картины быта золотоискателей. Золотые прииски Клондайка останутся в памяти поколений как место, где человек испытывался на прочность, где выковывались его воля, стойкость, человечность, чувство товарищества, способность к самопожертвованию. Золото, добываемое из россыпей Аляски, быстро иссякло, крупных коренных месторождений открыто не было, и этот регион после бурных событий начала XX в. потихоньку превратился в провинциальный малонаселённый штат рыбаков и охотников.

Сибирская золотая лихорадка

Сибирская золотая лихорадка началась в первой половине XIX в. Ей предшествовали огромные и продолжительные усилия русских царей найти собственное «домашнее» золото. Становление Российского государства было немыслимо без укрепления денежной системы. Попытки найти собственные источники получения золота с помощью европейских специалистов предпринимались ещё Иваном III в 1488 г.

Поистине титанические усилия в этом направлении предпринял Пётр I, и они увенчались успехом. Несколько пудов первого русского золота было добыто на Нерчинских рудниках в Забайкалье в 1714-1721 гг. Из этого золота изготовили монеты - червонцы; ими награждали воинов в честь подписания Нештатского мира, которым завершилась Северная война. Больше его ни на что не хватило. Но золота, добываемого в Нерчинске, было мало - всего несколько десятков кг в год. Не спасли положение даже Алтайские месторождения, где позже на Демидовских Змеиногорских рудниках ежегодно получали 100-200 кг золота. Собственно золоторудная промышленность России стала развиваться лишь в середине XVIII в. на Урале, на Березовском месторождении, где к концу века добывалось 2,4 т чистого золота в год.

Удивляет тот факт, что мировая практика старательского дела до сих пор обходила Россию стороной. В Европе, Америке, Африке и Азии – везде орды золотоискателей, пользуясь лопатой и кайлом, промывали в лотках золотоносные пески. В России россыпное золото долго не давалось в руки. Возможно, одной из причин этого была малочисленность ее населения, возможно – отсутствие свободных ремесленников и традиций горнорудного производства. Первые россыпи в России были открыты на Урале горным инженером (штейгером) Л.И. Брусницыным в 1814 г. в долине реки Пышма. К 1823 г. там действовало уже более 200 приисков и на них получали около 2,5 т металла в год.

Всё это была только прелюдия. Подлинная золотая лихорадка в России началась в 1830-1860 гг. и охватила всю Сибирь (Золото России, 2002). Началось быстрое продвижение поисковых отрядов на восток и северо-восток: 1830 г. - открыли золотые россыпи в Тобольской губернии и Красноярском округе; 1833 - 1836 гг. - в Енисейской губернии; 1838 г. - на притоках Верхней Тунгуски; 1843 г. - в бассейне реки Лены. Поначалу в Сибири, как и во всём мире, большинство старателей не имели даже элементарных знаний. Из заметок В.Д. Скрябина следует, что все известные россыпи Восточной Сибири открыты купцами Мошаровым, Ивановым, Шмаевым, Фамильцевым и др. (рис. цв. 57, 58, 59, табл. 3). Никто из них не читал ни одной книги по горному делу, за исключением горного устава. В поисковые партии, состоящие из 8-13 человек, подбирались крепкие, выносливые мужчины (рис. 60). С первыми погожими весенними днями они либо пешком, либо на лошадях отправлялись на несколько месяцев в суровые таёжные края - в царство вечной мерзлоты, комаров, болотистых равнин и стремительных горных потоков.

На участках, где июньское солнце не успело растопить верхний слой мёрзлой земли, раскладывали большие костры, благо кругом были таёжные дебри, и после оттаивания копали шурфы - колодцы глубиной несколько метров для того, чтобы определить содержание золота в песках. Стремясь найти богатую (десятки граммов золота на 1 т песка) россыпь, старательские отряды вели зимнюю шурфовку, часто бросали бедные пески и устремлялись на новые территории в поисках «золотого» счастья. Силы поисковиков распылялись, а многие россыпи оставались неправильно оценёнными. На смену старателям-непрофессионалам приходили крупные артели. Так уж повелось на Руси, что большинство рабочих сибирской золотопромышленности были ссыльно-поселенцами, потому что труд этот был поистине каторжным. В 1834 г. они составляли

82% всех занятых на золотых приисках, в 1850-1854 гг. - 50,5%. Остальная часть приходилась на долю крестьян центральных губерний России.

Таблица 3. Количество действовавших приисков и объем добычи золота на территории Зейского золотоносного района.

Группа (система) россыпей	Кол-во приисков	Период эксплуатации	Отработано прииско-лет	Добыто золота, кг
Притоки Зеи между Гилюем и Брянтой	21	1876 – 1899	125	8194,5
Из них:				
по Б. и М. Моготу	5	1880 – 1899	38	4421,7
по Дамбукам и Кудаче	4	1889 – 1899	26	1375,4
Нижнего течения Унахи	25	1889 – 1899	119	5015,8
Из них:				
по Б., Ср. и М. Ульдегитам	16	1889 – 1899	89	4685,9
по собственно Унахе	4	1891 – 1899	16	1207,0
Бассейна Иликана	44	1883 – 1899	207	45047,0
Из них:				
по Джалте	10	1883 – 1899	54	22903,4
по Джалону	16	1884 – 1899	64	18608,1
по Б. и М. Сигулену	3	1893 – 1899	11	2024,7
Бассейна Гилюя	31	1882 – 1899	128	5528,1
Из них:				
по Хугдеру	9	1882 – 1899	71	3996,3
ниже р. Тынды	9	1893 – 1899	27	1229,5
Бассейнов Ср. и В. Унахи и Брянты	5	1892 – 1899	20	197,2
Верховьев Зеи	7	1895 – 1899	21	2849,6
Из них:				
по руч. Сугджары	1	1895 – 1899	5	1967,6
Итого	133	-	620	66833,2

Рис. 60. Артель «вольных старателей» в сибирской тайге – дележ намытого золота (начало 20 в.) (Золото России, 2002).

С открытием сибирского золота Россия быстро обогнала все другие страны по его производству. В 1845 г. на её долю приходилось уже 47% мировой добычи, а в 1841-1850 гг. - в среднем 39,3%. Только после открытия россыпей Калифорнии и Австралии удельный вес России стал снижаться и составил в 1852-1860 гг. 9-13%, что соответствовало 200-290 т ежегодно. Таким образом, освоение россыпей позволяет быстро, но на недолгий срок изменить экономическую ситуацию в мире.

Коренные месторождения были наиболее надёжным источником золота в прошлом, остаются в настоящем и сохранятся в будущем. Если до 30-х гг. XX в. в США из коренных месторождений получали 40-50% золота, а из россыпей – 35-50%, то в 70-80 гг. доминирующая роль стала принадлежать коренным - 60%. При этом совсем исчезли в США золотоносные россыпи. В других странах происходит то же самое - разработка россыпей сокращается. Их последними «бастионами» остались Восточная Сибирь, некоторые районы верховьев реки Амазонки и Гвианское нагорье в Южной Америке, Индокитай, Южная и Западная Африка, а также Австралия.

Австралийская золотая лихорадка

В Австралии произошло две золотые лихорадки: россыпного золота (1851-1860гг.) в восточной герцинской части и коренного жильного (1888-1910гг.) в западной докембрийской (рис. цв. 61) (Марфунин, 1987).

Находка Au россыпей в 1851г. в ЮВ Австралии – коренной рубеж в истории страны. Уже в 1852г. здесь добыто 46% мирового золота. За 1851-1860гг. получено 829т., в том числе 10 самородков весом > 30кг. За этот период население континента утроилось, а штата Виктория с 70 тыс. достигло полумиллиона. С именем моряка, трактирщика Эдварда Харгривса связано открытие первой россыпи, названной Офир, в Новом Южном Уэльсе. Главные события разворачивались в штате Виктория с открытием грандиозных россыпей У.Кэмбеллом – поле Клунс, Т.Хисноком – Балларат, Ч.Френчменом - Бендиго и Калсмейн.

И здесь яркие впечатления оставил нам Марк Твен в книге путешествий « По экватору»: «….город Балларат…безлюдные лесистые земли…Весть о находке…с быстротой молнии облетела весь земной шар… В течение одного месяца в Мельбурне высадилось сто тыс. человек, прибывших из Англии и др. стран…Пришельцы успевали разбогатеть, пока разгружалось и вновь грузилось их судно.». Многие месторождения Виктории разрабатывались по 30-40 лет, но Бендиго дает золото уже 100 лет.

Открытия продолжались в северном направлении в шт. Квинсленд: Гимпи - 1868г., Чартерс - Тауэрс - 1872г., Маунтин - Морган - 1882г. Кстати, на золото последнего была открыта нефть Ближнего Востока. Три брата Морганы, пытаясь обнаружить глубинное золото, заложили у подножия горы штольню, в ошибочном предположении, что рудные жилы, разрабатываемые на вершине горы, падают вертикально. Не встретив золота, они поспешили продать акции. Их в 1886 г. скупил В.Д. Арси, который через три года стал самым богатым на континенте. Вернувшись в Лондон, он вложил это золото в поиски нефти в Иране, которые в 1908г. привели к открытию первых месторождений в этом регионе. Его затраты многократно окупились.

Западная малонаселенная гористая, сложенная древними (2,8-3,5 млрд.л.) породами, часть страны, подверглась экспансии золотоискателей после открытия уникальных, разрабатываемых до настоящего времени, коренных месторождений: Каргурли (1893г). Ныне в этом городе в центре стоит бронзовая статуя первооткрывателя Падди Ханнана. В 1892г. открыто месторождение Норсмен, в 1896г. Леонора и Уилуна. Тысячи искателей собирали видимое золото в поверхностных рыхлых отложений. Но эпоха легкого металла прошла. Чтобы взять коренное золото, нужна была тяжелая горная

техника, профессиональные проспекторы и крупные компании и корпорации. Время удачливых одиночек прошло.

Как эхо далекой эпохи вспомним одну историю, связанную с золотой лихорадкой. В Западной Австралии едва ли найдётся геолог или горный инженер, который не знал бы о человеке по прозвищу Русский Джек. Предполагают, что его настоящее имя - Иван Фредерике. Родился он около 1851 г. в Архангельске. Джек приехал в Австралию в 1886 г. В эти бескрайние безводные земли его, как и тысячи других старателей, привела жажда золота. Первоначально он отправился в район Холс-Крик с одноколёсной тачкой, загруженной скромной поклажей. В пути он встретил двух истощённых старателей и, несмотря на то что перед ним было ещё около 60 км пути по безводной пустыне, погрузил их снаряжение на свою тачку и помог им добраться до конечной цели. Позднее Джек спас ещё одного старателя по имени Холидей, которого свалила тифозная лихорадка. Он подобрал его близ Фицрой-Кроссинг и довёз на своей тачке в Холс-Крик. Известно также, что однажды Джек спас жизнь своему товарищу, сломавшему ногу.

Джек донёс его до посёлка, где никто долго не мог поверить, что он прошёл столь длинный путь с таким тяжёлым грузом. После нескольких лет старательской работы Русский Джек обосновался в рудничном посёлке Пик-Хилл, где одно время содержал трактир. Он славился своим отменным аппетитом и страстью к крепким напиткам. Из-за этого у него даже бывали столкновения с полицией. Его неоднократно арестовывали и приковывали цепью к толстому бревну, которое, казалось, невозможно было сдвинуть с места. К нему могло быть приковано одновременно 3-4 арестованных. А Русский Джек легко поднимал это бревно и шёл с ним в ближайший трактир, откуда через некоторое время возвращался на прежнее место.

О силе этого могучего человека свидетельствует ещё один случай из его жизни: работая на овцеводческой ферме, он однажды согнул о колено восьмигранный лом. Последние годы жизни Русский Джек провёл во Фримантле (морской порт близ Перта). Он умер 17 апреля 1904 г., став легендой эпохи западноавстралийской золотой лихорадки благодаря своей редкой силе, необычайной доброте, чувству товарищества, столь ценимому в такие времена. Близ административного здания округа Холс-Крик ему был поставлен памятник, увековечивший память о нашем соотечественнике в месте, отдалённом от России на многие тысячи километров.

Чугунное искусство

Серый чугун прочен, долговечен и дёшев. Лучшие архитекторы мира по достоинству оценили новый материал. К мировым шедеврам относятся построенные из железа специально к открытию Всемирной выставки в Париже в 1889 г. Дворец машин и Эйфелева башня. Из него легко отливаются изделия со сложными формами и орнаментом, самых разных размеров - от тонкого лепестка розы до гигантской пушки весом в 2700 пудов, изготовленной в середине XIX в. на Пермском чугунно-пушечном заводе. Но подлинный расцвет чугунно-литейного искусства наступил с возникновением дворцовых и садово-парковых ансамблей. Начался он с изготовления ажурных решёток и элементов декоративного оформления дворцов - ворот, полов, балконов (рис. цв. 62). Высоко художественные изделия из чугуна стали неотъемлемой частью облика многих городов (Наряд московских фасадов, 1987).

Это фонарные столбы, мосты, ограды, скульптуры и бесчисленное множество самых разнообразных решёток, лестниц, памятных знаков и т.д. Особый размах чугунное искусство получило на Урале. На многочисленных металлургических заводах здесь выросла и трудилась целая плеяда талантливых архитекторов и литейщиков. Всемирную славу приобрели мастера Кушвинского и особенно Каслинского заводов. Только за

последние 30 лет XIX века каслинские отливки 12 раз удостаивались самых высоких наград на всероссийских и международных выставках. Вершиной творческого вдохновения уральских мастеров можно считать каслинский чугунный павильон на Всемирной выставке в Париже в 1900 г. (рис. цв. 63, 64). Он спроектирован архитектором Е. Баумгартеном и изготовлен знаменитыми мастерами: Н. Тепляковым, А. Мочалиным, В. Тимофеевым и К. Тарасовым. Огромный (около 5 м высотой) павильон был сплетён из литых чугунных кружев разнообразной и удивительно гармоничной вязи.

Среди этого волшебного орнамента располагались рельефы, изображающие фантастические существа (птиц или рыб) в сочетании с ладьями, плывущими под парусами. В ансамбле павильона множество литых чугунных деталей, каждая из которых представляет собой законченное художественное произведение. Этот подлинный шедевр чугунного искусства произвёл ошеломляющее впечатление на посетителей выставки и специалистов «Ажурным чудом» называли его в многочисленных рецензиях, опубликованных в мировой печати.

Мощная металлургическая промышленность, созданная на базе уральских и карельских железорудных месторождений, предоставила в распоряжение строителей и архитекторов большое количество дешёвого чугуна, великолепно сочетающегося с поделочными камнями, особенно серым гранитом. Так родилась новая область архитектуры и прикладного искусства. Садово-парковые ансамбли, возникшие в Западной Европе в XVI-XVII вв., в России вошли в моду в конце XVII в., а в следующем столетии достигли мирового уровня и стали важным элементом национальной культуры.

Большой знаток искусства литья профессор А.М. Петриченко особо выделяет знаменитый комплекс фонтанов Петродворца. Уникален сам комплекс, а входящие в его структуру статуи относятся к сокровищнице русской скульптуры и литья, используемого для изготовления статуй. Из них наиболее известна статуя фонтана «Самсон» работы скульптора М.М. Козловского. В 1978 г. Каслинский завод отнесен ЮНЕСКО к шедеврам мировой культуры Традиции художественного литья хранятся и развиваются в наше время (рис. цв. 65, 66). Чугунные отливки широко применялись при оформлении станций метрополитена Москвы, Санкт-Петербурга и Тбилиси. Широко известны изящные решётки мостовых ограждений Санкт-Петербурга (общая длина этих решёток 11 км), набережной водоотливного канала, Парка культуры и отдыха в Москве; ограда и ворота, восстановленные в 1819г. Д.И.Жиляром и А.Г.Григорьевым (Здание МГУ на Моховой, М.Ф.Казаков 1786-1793гг.) (рис. 67) и бесчисленное множество чугунных сооружений в больших и малых городах России.

19 Век можно отнести к железному ренессансу. Тот, кто владел технологией переработки и ресурсами железных руд и угля, тот и контролировал мировую экономику. В начале XIX века только Англия обладала подобным могуществом. Согласно данным М.Беккерта, с 1800 до 1870 г. ежегодная выплавка чугуна в Англии возросла со 100 тыс. т до 2 млн. т, а в последующее десятилетие утроилась, составляя 6 млн.т. В этой стране выплавлялось значительно больше чугуна и стали, чем во всем остальном мире. Активно разрабатывались железорудные и угольные месторождения, которыми богато это островное государство. Ведущие страны мира почти в геометрической прогрессии наращивали мощность в черной металлургии. Чугун, сталь и сплавы на основе железа произвели переворот во всех сферах человеческой деятельности. Именно в первой половине XIX в. были заложены основные тенденции развития мирового общества в новое время.

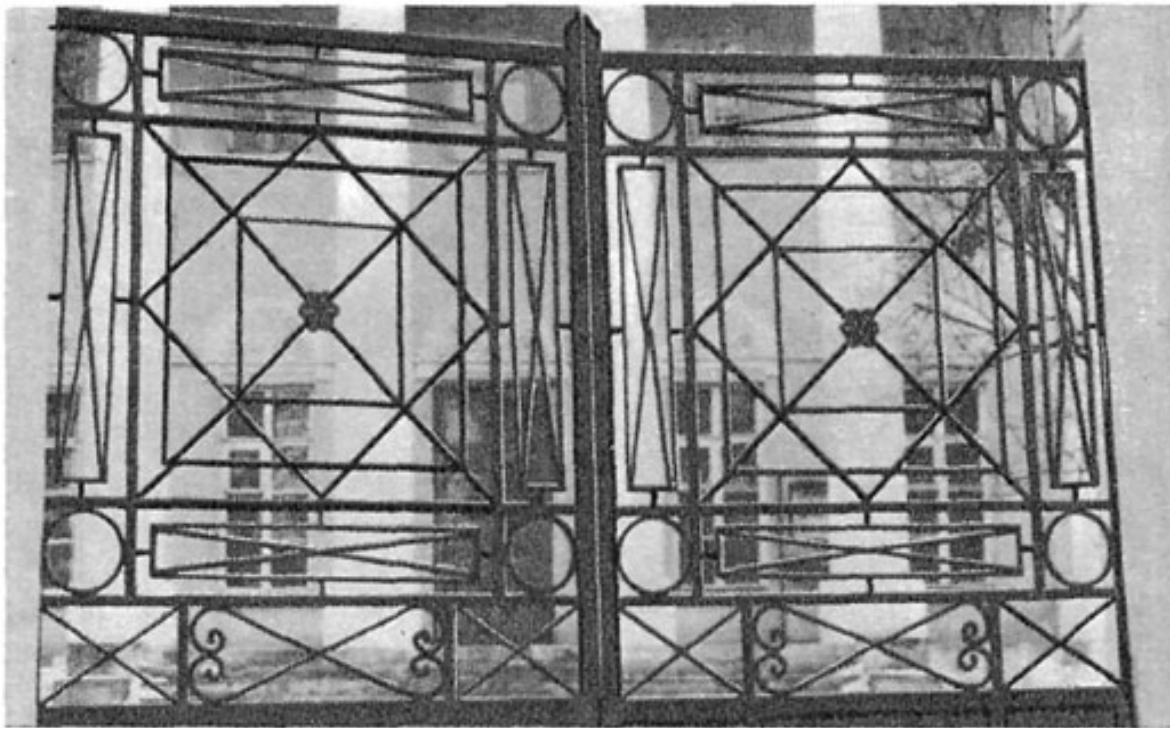


Рис. 67. Здание МГУ на Моховой. М.Ф.Казаков 1786-1793 гг. Ограда и ворота, восстановленные в 1819 г. Д.И.Жиляром и А.Г.Григорьевым.

Начиная с середины XIX в. в ведущих странах мира создаются геологические службы или геологические комитеты: Англия - 1832 г., Австралия - 1849 г., Канада - 1853 г., Франция - 1855 г., Швеция - 1858 г., Италия - 1868 г., Венгрия - 1872 г., Германия - 1873 г. и Россия - 1882 г. Основной задачей этих организаций было систематическое изучение геологического строения и полезных ископаемых соответствующих стран. С 1825 г. стал издаваться горный журнал. Важными центрами подготовки исследователей месторождений становятся Петербургский и Московский университеты, в которых читали лекции такие ученые как Д.И.Соколов и Г.Е.Щуровский, заложившие основы русской школы геологов-рудников. В России с целью подготовки нужных для страны специалистов в 1773 г. было открыто Санкт-Петербургское горное училище, в 1834 г. ставшее Горным кадетским корпусом, который в 1834 г. переименовали в Институт корпуса горных инженеров, после революции - Ленинградский горный институт, а в 1992 г. - Санкт-Петербургский государственный горный институт.

С начальным этапом связано создание теоретических основ современной геологии и прежде всего учения о полезных ископаемых. Была разработана теория происхождения месторождений из магматических расплавов. Ее активно развивали профессор Лионского университета Ж.Фурне (1835 г.), английский натуралист Т.Бельт (1861 г.). На базе нептунических представлений Вернера возникло инфильтрационное направление в объяснении происхождения руд. Его сторонники связывали отложение рудного вещества с текущими по трещинам поверхностными водами. В это время в области рудной геологии работали выдающиеся ученые - французы Л.Де Лоне, впервые предложивший в 1897 г. термин «гидротермальные месторождения», и Эли де Бомон (1847 г.), фундаментальные исследователи А. Гумбольт и Р.Мурчисон (1842 г.). Наиболее значительный вклад в теорию рудообразования внес американский геолог В.Линдгрен (1906 г.), классификацией месторождений которого исследователи пользуются и по сей день.

Глава 6. Агрономическое минеральное сырьё

Одним из выдающихся достижений 19 века явилась создание одной из крайне важных для выживания человечества отрасли «Агрономическое минеральное сырьё» (agronomic ores, fertilising ores; н. agronomische Erze; ф. minerais agronomiques; и. fertilizantes minerales) (Бок И.И., 1955; Y.N. Yakovenchuk, G.Yu Ivanyuk, Ya.A. Pakhomovsky and Yu. P. Men'shikov, 2005; Кудряшов А.И., 2001). Это природные минеральные образования, являющиеся сырьём для производства минеральных удобрений или используемые для улучшения почвы в агрономических целях. Термин "агрономические руды" предложен советским учёным Я. В. Самойловым в 1921г. К ним относятся калийные соли и фосфатные и апатитовые руды (рис. цв. 68). В качестве азотного минерального удобрения в прошлом широко применяли природную натриевую селитру. В 20 в., после освоения синтеза аммиака из азота воздуха, сырьём для получения азотных удобрений служит атмосферный азот.

Грандиозное Лейпцигское сражение 16-19 октября 1813 г. не случайно было названо «битвой народов» - в нём участвовало свыше 500 тыс. человек различных национальностей. Завершилось оно сокрушительным поражением Наполеона от объединённой армии европейских государств. Судьба Французской империи была решена: Наполеон отрёкся от престола и был сослан на остров Эльба. После битвы, в которой погибло более 140 тыс. человек и много лошадей, англичане тщательно собрали тела убитых, но не для того, чтобы совершить христианский обряд захоронения. Они увезли останки на свой остров, чтобы переработать в костную муку и использовать её в качестве удобрения для почв. Вот какое значение уже в то далёкое время жители Туманного Альбиона придавали фосфору, содержащемуся в костях! Быстрое и неуклонное снижение плодородия почв как дамоклов меч постоянно нависает над судьбой земледельца, где бы и когда бы ни занимался он своей тяжёлой работой. Известно много примеров, когда богатые, тучные земли, которые кормили десятки и сотни тысяч человек, быстро превращаются в бесплодные пустыни. Полчища насекомых уничтожали выращенный урожай. На протяжении тысячелетий земледелец настойчиво борется с этими главными невзгодами - истощением почв и вредителями. Чтобы обеспечить себя пищей, человек издавна использовал особые виды минерального сырья, так называемые агрономические руды. Они применяются как удобрения и минеральные добавки в корм домашнему скоту и птице. Кроме того, руды, содержащие мышьяк, фтор, барий, серу, используют для изготовления ядохимикатов.

Многие виды минеральных удобрений, особенно фосфорных, вырабатываются с применением значительных количеств серной кислоты; сера в том или ином виде (чаще всего в виде сульфат-иона) входит в состав удобрений и вносится с ними в почву, оказывая на неё благоприятное для растений агрохимическое воздействие. В связи с этим серу, серный колчедан и другие виды сырья, используемые для получения серной кислоты, идущей на производство минеральных удобрений, Я.В. Самойлов также отнёс к агрономическим рудам. Кроме азота, фосфора и калия, для жизнедеятельности растений важны также бор, медь, марганец, молибден и другие элементы, получившие в агрохимии название микроэлементов, а вещества, их содержащие и специально вносимые в почву, микроудобрений.

Другая важная группа агроруд - минеральные образования, которые вносятся в почву в природном виде без технологической переработки (кроме размола). К ней относятся фосфориты, размалываемые в фосфоритную муку, сырые калийные соли, различные карбонатные породы, идущие для известкования почв, и гипс для их гипсования. Для получения фосфоритной муки пригодны только некоторые типы фосфоритов

(желваковые, зернистые, коры выветривания), отличающиеся повышенным содержанием карбоната в составе трёхкальциевого фосфата (фторкарбонат-апатиты - курскиты). Содержание P_2O_5 в фосфоритной муке изменяется по сортам от 19 до 30%. Известкование применяется на кислых почвах с pH 6,0-5,5 и ниже; такими являются почвы дерново-подзолистые, краснозёмы и др. В качестве известковых удобрений используют по возможности тонко измельчённую (70% частиц менее 0,25 мм) известняковую муку, получаемую при размоле известняка, мела, содержащих не менее 85% $CaCO_3$, мергеля, доломита, а также природные рыхлые известковые породы (известковый туф, озёрная известь и др.). Известкование поддерживает слабокислую реакцию почвы в течение 10-12 лет. Гипсование производится на сильносолонцеватых почвах и солонцах, характеризующихся щелочной реакцией. Внесением гипса поглощённый почвой натрий заменяется кальцием и устраняется щелочная реакция, улучшаются физико-химические и биологические свойства почвы. Для гипсования используют тонкоразмолотый гипс, а также рыхлый глиногипс. Влияние гипсования проявляется в течение 8-10 лет.

Крупнейшим источником получения апатита являются Хибинские месторождения на Кольском полуострове. Фосфоритовые месторождения пластового типа известны в Казахстане (хребет Каратау), а желвакового типа - в Европейской части СССР (Егорьевское, Вятско-Камское, Щигровское и др.). Калийные руды добываются на месторождениях солей, среди которых крупнейшими являются Верхнекамское (Пермская область), Старобинское (Белоруссия) и Стебниковское (Прикарпатье). Азот входит в состав натриевой и калиевой селитр, встречающихся среди природных минеральных образований значительно реже.

В 1980-1990гг только для нужд сельского хозяйства добывалось несколько миллиардов тонн различных руд. В начале XXI столетия их потребление удвоилось. Расходы на перевозку руд огромны. Поэтому геологи пытаются найти месторождения как можно ближе к потребителям, т.к. перевозка именно этого сырья, как никакого другого, увеличивает его стоимость. Уже первые земледельцы удобряли свои поля навозом, птичьим помётом (гуано), костной мукой, золой. В древности и средние века крестьянам часто приходилось покидать обжитые земли из-за их истощения и осваивать новые, целинные территории. Для этого выжигали большие участки лесов, на которых непродолжительное время получали более богатые урожаи. Однако земли истощались. Сельское хозяйство могло так развиваться до тех пор, пока планета была мало населена, и пригодных для земледелия территорий хватало всем.

Но население росло, сокращались неосвоенные площади, над человечеством нависала реальная угроза голода. Появились гипотезы, предвещавшие гибель всего населения из-за нехватки продуктов питания. Хорошо известна, например, концепция английского экономиста Томаса Роберта Мальтуса (1766-1834), согласно которой народонаселение увеличивается в геометрической прогрессии, а продовольствие - в арифметической. Немецкий биолог Оскар Гертвиг вывел закон убывающего плодородия почвы. Он утверждал следующее: обрабатываемые почвы постепенно теряют своё плодородие. Поэтому количество продовольствия в мире год от года уменьшается, и человечеству в ближайшем будущем грозит неминуемый голод.

К началу XIX в. в мире сложилась поистине драматическая ситуация. Волны голода прокатывались каждые 3-5 лет почти по всем континентам. Несмотря на частые в то время засухи, наводнения и похолодания, главной причиной невысоких урожаев было всё-таки истощение почв и вредители сельского хозяйства. Это положение вряд ли смогла бы изменить какая-либо общественно-политическая система, будь то феодальная, капиталистическая или социалистическая. Подобная задача не могла решиться без геологической науки. Именно геологам предстояло открыть источники жизненно важных для человечества минеральных ресурсов. С середины XIX в. началось производст-

во первых удобрений из фосфоритовых руд. В учебных центрах мира (в Англии, Германии, Франции) стали создаваться специальные научные направления по использованию минерального сырья для агрономических целей. В 1804 г. в университетах Москвы, Казани и Харькова были открыты кафедры минералогии и сельского хозяйства, позднее преобразованные в кафедры земледелия или грунтоведения. Становлению агрохимической науки способствовали теоретические работы таких учёных, как Василий Михайлович Севергин (1765-1826), Яков Владимирович Самойлов (1870-1925), Александр Николаевич Энгельгардт (1832-1893), Дмитрий Иванович Менделеев (1834-1907), Николай Семёнович Курнаков (1860-1941), Владимир Иванович Вернадский (1863-1945), Дмитрий Николаевич Прянишников (1865-1948), Александр Евгеньевич Ферсман (1883-1945). Среди многообразия потребляемых растениями элементов особенно велика роль трёх: фосфора, калия и азота, называемых классической триадой жизни. Именно необходимое их количество обеспечивает устойчивые высокие урожаи любых видов выращиваемых культур. Так, средние содержания в породах земной коры, почвах и золе растений соответственно составляют (в %): фосфора - 0,08; 0,08; 7,0; калия - 2,6; 1,36; 3,0; азота - 0,003; 0,003; 0,1-2,0.

Фосфатное сырье

Путешественников, проезжающих по величайшей в мире Трансамериканской автомагистрали, протянувшейся от Аляски до Огненной Земли, на участках дороги близ побережья Тихого океана в Перу и Северном Чили ждёт «сюрприз». Им на некоторое время придётся погрузиться в зону удушающего запаха, который исходит от многочисленных небольших рыбоперерабатывающих заводов. Там маленькие сардины-анчоусы превращают в костную муку, используемую в качестве фосфатного удобрения. Вот уже более 300 лет Перу лидирует по улову морской рыбы, добывая ежегодно 8-11 млн. т (1/5 всей вылавливаемой в мире рыбы). И почти вся рыба перерабатывается в костную муку (1,8-2,0 млн. т), которая экспортируется во многие страны мира. Подобным промыслом занимаются и некоторые другие прибрежные рыбодобывающие страны. Но получаемая из рыбы костная мука — это «капля в море» тех потребностей в фосфатных удобрениях, которые испытывают поля и плантации всех государств мира. Дело в том, что фосфор потребляется растениями в гораздо большем количестве, чем он может восстановиться в почвах естественным способом. Вместе с каждым урожаем зерновых культур, корнеплодов и каждым скашиванием травы из почвы выводится большое количество фосфора, которое переходит в зёрна, семена, орехи, клубни и стебли.

Если сжечь пшеницу, то оставшаяся зола будет состоять на 47,9% из оксида фосфора (P_2O_5). Примерно такое же количество его в золе зёрен кукурузы, льна, ржи, овса и некоторых других сельскохозяйственных культур. До 12-17% оксида фосфора содержится в золе картофеля, свёклы, репы и других корнеплодов. Несложные расчёты показывают, что каждый собранный урожай пшеницы выносит с 1 га пашни до 90 кг оксида фосфора, почти столько же содержится и в твёрдых частях др. растений. В 60-е гг. XX в. только из почв бывшего СССР, таким образом, ежегодно изымалось более 2,0 млн. т P_2O_5. Для увеличения урожайности полей вдвое в почвы нужно ежегодно вносить 5,0 млн. т этого вещества. Решить такую грандиозную задачу можно, только привлекая новые источники фосфатных удобрений. И они были найдены геологами. Это крупные месторождения фосфоритов и апатитов, а также богатые фосфором железные и марганцевые руды, торф. Фосфориты – сложные комплексные соединения, главной составной частью которых является апатит: $3Ca_3P_2O_8Ca$ $[F_2(F,CO_3C_{12},(OH)_2)]$. Грандиозные месторождения, в которых сосредоточено более 80% мировых запасов фосфатных руд, образовались на прибрежных мелководьях древних морей 286-248 млн. лет

назад. Они находились на месте предгорий Скалистых гор в Северной Америке. Кроме того, 72-49 млн. лет назад возник фосфоритовый пояс вдоль южного побережья Средиземного моря от Марокко до Израиля и далее на восток до Турции, Ирана, Саудовской Аравии, Ирака. На месте древнего океана Тетис находятся залежи фосфоритов, заключённые в толщах известняков, глин и песков.

Для ресурсов Марокко приводят [Laznicka, 2006, fig. 13.34, p. 588] такие данные: 60 млрд т, или, в пересчете на концентрат, в 36 млрд т. Концентрат содержит 80 г/т U, что отвечает общему содержанию элемента 2,9 млн. т. На XVIII форуме производителей удобрений в Шарм-аш-Шейхе (февраль 2012 г., Египет) сообщено о резервах фосфатов Марокко 5,7 млрд т и ресурсах 170-340 млрд т (рис. цв. 69, 70). Важным источником фосфоритов являются возникшие в далёком прошлом на дне мелких (10-200 м) морей в условиях жаркого климата обогащенные фосфатами остатки организмов (скелеты, раковины) и поступавшие в моря насыщенные фосфором речные и подземные воды. На дне образовывались округлые камешки-стяжения диаметром 1-3 см (конкреции). Они покрывали обширные пространства. Желваки на 40-60% состоят из фосфатного вещества, остальное - кварцевые песчинки и глина. Проблема возникновения огромных подводных кладбищ фосфороносных организмов уже более столетия волнует умы геологов мира. Палеонтолог А.П. Павлов считал, что подобное массовое вымирание живых существ происходило из-за резкой смены климата или из-за вспышек вулканической деятельности. В.И. Вернадский доказал, что эволюция органического мира в благоприятных условиях обилия пищи, света и тепла приводит к «взрывам жизни» — быстрому, размножению организмов. Он установил, что в такой среде распространение биохимической энергии жизни низшими организмами было близко к скорости звука. Вслед за подобными «взрывами жизни» при изменении условий в худшую сторону наступала массовая гибель, и возникали поля смерти.

Вероятно, многие фосфоритовые месторождения древних озёр и мелководных морей, и есть «кладбища» организмов. Во время бурного размножения они поглощали и скапливали фосфор, калий и азот в своих скелетах. После того как в воде оказывались исчерпанными главные минеральные компоненты, наступало массовое вымирание. В дальнейшем костные остатки могли переотлагаться, формируя руды. На Восточно-Европейской равнине от Балтийского моря до Уральского хребта разбросано много мелких месторождений такого рода. Они расположены в Эстонии и Ленинградской области (Азери, Маарду, Кингисеппское), в Московской (Егорьевское), Пермской (Вятско-Камское), Брянской (Полпинское) и др. областях России. На них впервые обратил внимание в начале XIX в. В.М Севергин, опубликовавший в 1805-1809 гг. работы об улучшающих почву фосфатных камнях из окрестностей Самары и Екатеринбурга. С тех пор этот незаменимый камень плодородия добывают для нужд российского земледелия. Из фосфоритов и апатитов производят следующие виды минеральных удобрений: муку (размолотый фосфорит); простой и двойной суперфосфаты, имеющие состав: $Ca(H_2PO_4)_2 + CaSO_4$ и различающиеся концентрацией P_2O_5, в простом его содержится 14—20%, а в двойном – 40-50%. Соединения фосфора используют также в керамической и химической промышленности (спички, лекарства, препаратов для борьбы с вредителями сельского хозяйства), металлургии и др. производствах. В мире ежегодно производят 140-150 млн. т концентратов фосфорных руд, что соответствует 40-50 млн. т P_2O_5. Из них около 90% расходуется на удобрения.

Более половины мировой добычи фосфорных руд приходится на долю США (34-40 млн. т) и России (34-35 млн. т). В меньшем масштабе это относится к странам Северной Африки (Марокко, Тунис, Алжир, Египет), Ирака, Ирана и островов Тихого океана (Науру, Ошен, Рождества). В странах с устойчивыми высокими урожаями на 1 га посевной площади фосфатные удобрения вносят в следующем количестве: в Швеции

-100 кг, Голландии - 50 кг, Германии - 45 кг; в странах СНГ — в 5-10 раз меньше. Установлено, что 60—90 кг/га P_2O_5 дают прибавку с каждого гектара зерновых культур 4-5 ц, сена многолетних трав – 10-15 ц, картофеля – 30-40 ц, сахарной свёклы – 40-50 ц.

Ещё одним источником фосфора и его соединений служат апатитовые руды магматического происхождения. Их уникальные и единственные в мире по масштабам Хибинские месторождения обнаружены в 1926 г. А. Е. Ферсманом на Кольском полуостров (рис. 71, рис. цв. 72-73). Добываемые руды на 60% обеспечивают производство фосфатных удобрений в странах, входивших в состав СССР, а также в больших количествах экспортируется в зарубежные государства. В Китае добыли 68 млн. т фосфатов в 2010 г. и 70 млн. т в 2011 г. при резервах 3,7 млрд т. В 2011 г. США произвели 28,4 млн. т руды при резервах 1,3 млрд т. Россия в 2010 и 2011 гг. получала по 11 млн. т руд фосфатов при резервах 1,3 млрд т [Phosphate rock…, 2012].

Рис. 71. А.Е.Ферсман с коллегами на полевых работах в Хибинах (30 июня 1930г.) (по В.Н.Яковенчуку и др.,2005г).

Помимо фосфоритных и апатитовых руд для приготовления удобрений широко используют шлаки (отходы) металлургической переработки фосфористых железных и марганцевых руд. На поля Западной Европы ежегодно вносится 7-9 млн. т. таких шлаков. Мировые цены за 1 т в портах погрузки составляют (в долларах) для руд – 8-10, концентратов (34,2% P_2O_5) – 32-40, фосфорной кислоты 350-400.

Западная Европа, Англия, Канада, Япония, Австралия и Индия практически лишены этого вида минерального сырья и импортируют его во всё возрастающих объёмах. Добыча и потребление фосфатов —наиболее динамично развивающаяся отрасль мирового хозяйства. Общий объём получаемых концентратов удваивается через каж-

дые 10-15 лет; всего же с 1937 г. отмечено увеличение добычи фосфатного сырья в 8 раз.

Калийные соли

Следующий элемент триады жизни, - калий. Главным и источником его получения являются калийные соли. Содержание калия в породах земной коры составляет 2,6%, но чаще всего он связан очень прочными химическими связями в твёрдых минералах, не поддающихся разложению в почвенных условиях. В растениях он расходуется на рост, а также защищает от заболеваний, засух и морозов. Наибольшая потребность у корнеплодов. Так, в золе картофеля K_2O содержится 60%, в сахарной свёкле - 53,1%, турнепсе - 45,4% и т.д. Каждый урожай выносит из почвы 30-78 кг K_2O с 1 га. 1 т K_2O, внесённая в почву в виде удобрений, увеличивает урожай картофеля на 60 т, сахарной свёклы - на 40 т (можно получить 6 т сахара), озимой пшеницы на 4 т, хлопка-сырца - на 2 т, льна на 1,5 т. В настоящее время потребление калийных удобрений на 1 га посевов в пересчёте на 1 кг K_2O следующее: в Бельгии — 97, Германии — 77, Нидерландах - 65, Дании - 61, Норвегии - 53, Англии - 36, США – 30-40. В странах СНГ - в 3-4 раза меньше, чем в США.

Издавна калийным удобрением была зола, остающаяся после сжигания различных растений, торфа, горючих сланцев. Но она не могла восполнить потери почвенного калия. Нужно было найти новый источник. Оказывается, он всегда был рядом. Это воды морей и океанов, а также подземные воды. Они обладают поистине неисчерпаемыми запасами калийных солей. Однако нужно было научиться извлекать соли калия из вод. Гениальное решение задачи предложил нидерландский учёный Якоб Хендрик Вант-Гофф в 1896 г. Он установил порядок выпадения солей из рассолов. Его идеи воплотила в жизнь плеяда выдающихся учёных XX в., создав технологические системы. Среди учёных и наши соотечественники - Н. С.Курнаков и М.Г. Валяшко. Эти работы позволили открыть «солнечный» путь кристаллизации солей из морской воды. В результате мир получил большое количество таких жизненно важных веществ, как хлориды и сульфаты натрия, калия, магния, кальция, карбонаты натрия, а также соединения йода и брома. Были построены крупные предприятия в заливе Кара-Богаз-Гол Каспийского моря (Казахстан) и Мёртвом море (Израиль, Иордания). Теоретические разработки химиков и геологов вдохнули новую жизнь в поиски подземных месторождений так необходимых калийных солей.

Блестящий прогноз Н.С. Курнакова привёл к открытию в 1925 г. крупнейших в мире скоплений калийных солей (площадь 3,5 тыс. км^2, запасы >219 млрд т) в пределах известного гигантского (>8 тыс. км^2) Верхнекамского соленосного бассейна, возникшего >260 млн. лет назад (рис. 74) (Кудряшов А.И., 2001). Трудность заключалась в том, что калийные соли хорошо растворимы и уносятся водой. Поэтому в самосадных соляных озёрах они встречаются крайне редко. На уже открытых месторождениях каменных солей калийные соли тоже непросто распознать. Обычно они занимают ограниченные участки по центру соленосных площадей, где обволакиваются сверху и снизу мощными слоями обычной каменной соли (NaCl). Без специальных знаний обнаружить калийные соли сложно.

Интересна судьба и другого соляного гиганта мира – Западно-Германской группы месторождений общей площадью более 150 тыс.км^2. Они образовались в древнем (258-248 млн. лет) морском бассейне, простиравшемся от Англии через Северное море до Дании, Германии и Польши. Люди издавна здесь добывали пищевую соль, а встречающиеся в её толщах красно-оранжевые и жёлтые пласты минералов калия- сильвина, карналлита и кизерита - считали пустыми породами, мешающими разработке месторождений. Но времена меняются. В середине XIX в., когда начались поиски источников

для калийных удобрений, исследователи обратили внимание на эти породы. И с 1860 г. началась новая жизнь старых соляных рудников, которые переключились на добычу дефицитного сырья. В настоящее время на долю этого региона приходится 1/5 мировой добычи K_2O. На первом месте находятся районы Саскачеван и Нью-Брансуик в Канаде, где в 60-70-х гг. XX в. открыты грандиозные месторождения калийных и каменных солей, образовавшихся в древнем морском бассейне >380 млн. лет назад.

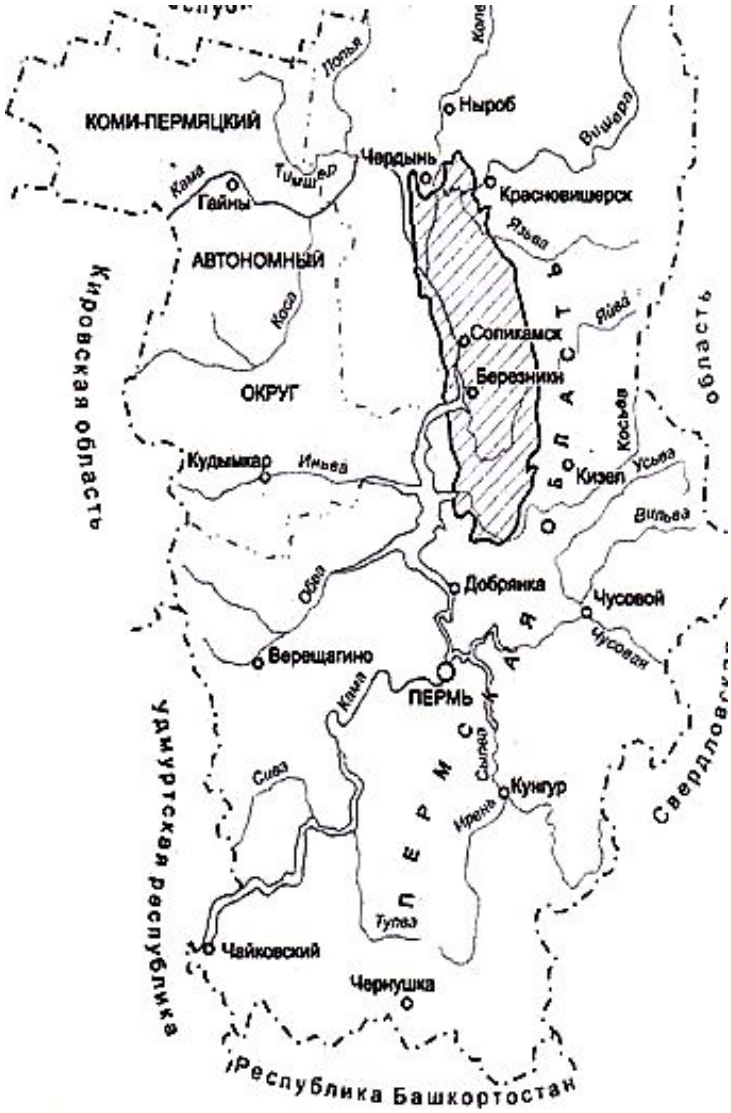


Рис. 74. Географическое положение Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМС). Штриховкой отмечена площадь развития соляной залежи (Кудряшов А.И., 2001).

Таким образом, в XX в. геологи совершили могучий рывок в поисках столь необходимой калийной соли. Лидерство прочно захватили пять стран: Канада, Германия, Россия, Франция и США. Сегодня на их долю приходится 85% мирового производства, составляющее с начала XXI в. 17-20 млн. тK_2O. Из них 90-95% идёт на изготовление удобрений. О росте добычи можно судить по данным о мировом производстве K_2O (в млн. т): 1913 г. - 1,3; 1940 г. - 3,0; 1950 г. - 4,3; 1960 г. - 8,0; 1970 г. - 15,1; 1990 г. - 18,2. Помимо удобрений соединения калия используются в медицине, при производстве моющих средств, стекла, химических реактивов, для дубления кож, при переработке

золотых и серебряных руд и в других отраслях промышленности. Освоение неисчерпаемых подземных кладовых надёжно обеспечило сельское хозяйство развитых стран мира совершенно необходимым минеральным сырьём. И не случайно именно в странах Западной Европы и Северной Америки вот уже более четверти века получают устойчивые и высокие урожаи. Начиная с конца 80-х гг. XX в. рынок калийных удобрений в этих странах практически насытился, что привело к стабилизации спроса и постепенному сокращению производства на 2-4% ежегодно. В странах Южной и Восточной Азии, Южной Америки, наоборот, ощущается острый дефицит калиевых удобрений, хотя они закупают около половины добываемого в мире калиевого сырья. Особо ценятся сульфатные руды, удобрения из которых легко усваиваются растениями. За 1 т K_2SO_4 платят 204-210 долларов. Более распространённое хлоридное сырьё (KCL) стоит дешевле – 110-140 долларов.

Азотное сырье

«Азот более драгоценен с общебиологической точки зрения, чем самые редкие из благородных металлов» - так писал об этом элементе известный микробиолог Василий Леонидович Омелянский. Азот идёт на построение всех белков, хлорофилла и некоторых частей клетки. По разным оценкам в земной коре азота содержится (в %) 0,02—0,04; в живом веществе - 0,3; атмосфере - 75,5; вулканических газах - 0,68-37,84 (среднее 7,93); морской воде - $5 \cdot 10^{-4}$; организме человека - 5,14; в различных растениях - 1,5-12,4. В почвах азот пополняется тремя путями: азот воздуха связывается почвенными бактериями и бобовыми растениями; его вносят в виде минералов, добытых в земных недрах; он попадает в почву в виде соединений, изготовленных промышленным способом (аммиак, сульфат аммония и др.). Азот исключительно подвижный химический элемент. В почвах он образует два типа соединений -нитратные и аммонийные. Нитраты легко растворяются и выносятся водой, а аммиак просто испаряется в атмосферу. Поэтому можно сказать, что азота в почве всегда не хватает. Основная масса азотных удобрений получается синтетическим способом из азота воздуха. С бактериями и растениями в почву его поступает меньше, до 400 млн. т в год. И только на третьем месте находится минеральное сырьё.

К сожалению, природа не наделила недра Земли достаточным количеством азотных полезных ископаемых. Они представлены селитрами, гуано, торфом и мочевиной. Наибольшее значение имеют залежи селитры в Ю. Америке, С. Чили и Ю. Перу (в пустынях Сечура и Атакама). Именно отсюда поступает на мировой рынок чилийская селитра (рис. цв. 75). Но есть ещё бесчисленное множество мелких и мельчайших скоплений селитры, расположенных в других пустынях и полупустынях на нашей планете. Однако роль этих минеральных карликов в жизни земледельцев исключительно велика. Прежде всего, на протяжении тысячелетий они служили важным источником удобрений для местных садов и виноградников, бахчевых и овощных культур. Существует много местных названий, которые дали различные народы селитренникам. Так, в Чили и Перу наиболее богатые руды называют «каличе». В Средней Азии в названиях проявлений есть слова «кара» (город, поселение), «тюбе», «тобе», «тепе», «добо» (холм). Из известных разработок можно назвать Караултепе, Мунтюбе и др. Происхождение селитренников загадочно.

Наиболее обоснованная теория предполагает, что они образуются в результате циркуляции растворов, обогащенных нитратами окислившегося органического вещества. В пустынях рассолы поднимаются вверх по капиллярам в глинистых породах. На холмах и других возвышенных участках испарение воды усиливается, и из растворов выпадают нитраты последними. При новом поступлении влаги они опять растворяются и продолжают движение. Поэтому селитренники восстанавливаются. Собранные корки,

выцветы и налёты быстро восполняются. Активно этот процесс происходит при смене влажной погоды на сухую, ветреную и жаркую. В настоящее время для рационального ведения сельского хозяйства необходимо ежегодно вносить в почвы до 80-100 кг азота на 1 га. Производимых ежегодно в мире около 80 млн. т азотных удобрений не достаточно. Из них на долю минерального сырья, поступающего на мировой рынок, приходится 15-20 млн. т, добываемых в Чили, Перу и др. странах. Цена селитры колеблется в пределах 100-150 долларов.

Магнезиальное сырьё

Магний необходим для развития культурных растений. Он входит в состав хлорофилла и участвует в фотосинтезе. В семенах масличных растений (подсолнечник, хлопок, рапс), а также кукурузы, клевера, льна и фасоли содержание MgO составляет 7-20%. С 1 га пахотных земель каждый урожай зерновых уносит 10-15 кг окиси магния, а урожай картофеля, свёклы и ржи – 30-70 кг. Если говорить о минеральных источниках магния, то следует выделить калийно-магнезиальные соли (минералы - лангбейнит, полигалит, каинит, кизерит и эпсомит); доломиты-карбонаты магния и кальция, (содержание в них MgO – 19-22%) и глубинные магматические породы - дуниты и серпентиниты. В них содержание MgO достигает 48%. Молотый серпентинит повышает урожайность и качество сахарной свёклы, табака, цикория и др. культур. Он широко применяется во многих странах мира, в частности в Новой Зеландии. Высокий эффект достигается при смешивании молотого дунита или серпентинита с суперфосфатом.

Сера

Сера была известна человеку с глубокой древности. Её лимонно-жёлтые кристаллы и натёки выглядят как яркие пятна на склонах гор и в жерлах вулканов, пещерах и пустотах, толщах известняков. В древности её использовали для приготовления пороха, а также в медицине и косметике. В средние века сера шла на приготовление серной кислоты, а часть её использовалась в сельском хозяйстве: серным порошком опыляли виноградники и хлопчатники, чтобы уничтожить вредителей. Потребление серы резко возросло в середине XX столетия. Было установлено, что она тоже важна для роста растений. В золе семян кукурузы, клевера, фасоли, клубнях картофеля и корнеплодах свёклы содержание серного ангидрида составляет 1-6,5%. Поэтому необходимо ежегодно вносить от 20 до 120 кг серы на 1 га пашни. Важна и серная кислота для переработки фосфоритов в суперфосфат -ключевой продукт удобрений. В начале XX в. мировая добыча серы составляла всего несколько миллионов тонн, но уже в 1960 г. дВ настоящее время серу получают из трёх источников: из самородной серы, пиритовых ($FeS2$) руд и попутным извлечением из нефти, газа, отходов металлургического производства. В течение первой половины XX в. наибольшее значение имели месторождения самородной серы. Мировым лидером были США. Начиная с 1960 г. из пластов серы, залегающих на глубинах 500-700 м на побережье и в акватории Мексиканского залива, ежегодно добывают более 7,0 млн. т серы. В СССР до 1925 г. не существовало собственной сырьевой базы. И только в 30-х гг. открыли месторождения в Прикарпатье (Украина), Гаурдакское в Туркмении и Водинское в Среднем Поволжье, которые стали сырьевой базой для химической промышленности страны. Первое месторождение в СССР было открыто в Центральных Каракумах в трудных условиях.

Экспедиции А.Е. Ферсмана и Д.И. Щербакова в 1925-1926 гг. пересекли безжизненную знойную пустыню на верблюдах и среди моря песчаных холмов обнаружили необычные бугры Чеммерли, представлявшие собой пласты песков, сцементированные серой. Там был построен серный завод, а готовую продукцию караванами вывозили в Ашхабад. С этими месторождениями связан первый в мире автопробег через Централь-

ные Каракумы весной 1929 г. на двух автомобилях. Другим источником серы вот уже более ста лет служат колчеданные руды, на 90% состоящие из прочного золотисто-жёлтого минерала пирита (FeS_2). Он широко распространён в природе и раньше, во времена золотых лихорадок, часто вводил в заблуждение старателей, путавших его с настоящим золотом. На протяжении столетий пирит не представлял никакой экономической ценности. От него всячески стремились избавиться. Огромные отвалы серного колчедана отравляли окружающую среду. Острая потребность в серной кислоте заставила вспомнить об этих рудах, и их начали энергично использовать.

Главными производителями пирита были Испания, добывающая вот уже сто лет по 2,5-3,0 млн. т. концентратов в год, и Япония, начавшая разработку колчеданных месторождений в 30-х гг. XX в. и получающая ежегодно 3,0-3,5 млн. т руды. С начала 50-х гг. возникло новое производство - извлечение серы из нефти и природного газа. Дополнительный продукт быстро окупил затраты на его производство и стал приносить высокую прибыль. Следующим шагом было создание технологий по улавливанию серы из газов металлургических заводов, выбрасываемых в атмосферу. Соотношение трёх источников серы постоянно меняется.

Если в 1975 г. было получено (в млн. т) 34,1 (из них самородной серы - 10,0, серы из пирита 8,1 и восстановленной серы - 24,0), то в 1993 г. произведено 53,9 млн. т (из них самородной серы-6,1, серы из пирита - 8,0 и восстановленной серы - 39,1). В бывшем СССР с 1988 по 1993 г, производство серы сократилось (в млн. т) с 7,7 до 5,0, а серной кислоты - с 29,2 до 19,5. В настоящее время в мире производят около 100 млн. т серной кислоты. Цены на серу снизились со 150 долларов за 1 т в 1985 г. до 70-80 долларов в 2000 г.

Какую роль сыграли агрономические руды в жизни общества? Мы можем смело утверждать, что они в XX в. в буквальном смысле спасли человечество от угрозы неминуемого голода. Представьте, что эти руды вдруг исчезли с нашей планеты. В ближайшие десять лет урожаи сельскохозяйственных культур сократятся ре на 30 - 40%. И тогда голодать будет не только население в странах Центральной Африки и Южной Азии, но и в ныне процветающих странах Европы и Северной Америки. Количество вносимых в почву удобрений сказывается на урожайности полей. Например, в Южно-Африканской Республике в 1992 г. потребление удобрений сократилось на 15% и одновременно производство сельскохозяйственной продукции уменьшилось на 17%.

Бывает, конечно, и наоборот. В некоторых хозяйствах вносят слишком много удобрений без учёта биологических возможностей растений. В результате в них накапливаются некоторые вредные для здоровья человека вещества в слишком высоких концентрациях. В быту появились понятия «нитратные овощи» (т.е. овощи, в которых накопилось много нитратов - азотных удобрений) и «экологически чистая продукция» (т.е. овощи и фрукты, выращиваемые без подкормки удобрениями и без обработки химическими веществами). Однако глобальное решение этой проблемы — не в отказе от удобрений. Для человечества это самоубийственный путь, который неминуемо заведёт в тупик. Продовольственную проблему можно решить, развивая минерально-сырьевую базу агрохимии и научно обоснованно применяя удобрения. Промышленно развитые страны мира постоянно увеличивают производство удобрений.

Например, в США в течение пяти лет (1971-1976 гг.) валовой национальный продукт увеличился в 1,5 раза, в то время как добыча руд, в том числе и для производства удобрений, возросла более чем в 2 раза. Отдельные виды минерального сырья, жизненно важные для благосостояния и обороны, относят к категории стратегических, и добыча их строго контролируется правительством. Так, в России, 1 июня 1993 г. президент страны издал специальный указ, согласно которому минеральные удобрения теперь находятся в списке стратегически важных сырьевых материалов.

Глава 7. Время великих открытий. Аэрокосмический и радио-электронный этап. XX в. Стратегические ресурсы – алюминий, уран, полиметаллы, редкие и редкоземельные элементы

Время великих открытий (Вторая научно-техническая революция Нового времени) - первая половина XX века. В этот этап были созданы новые отрасли науки и производства - ядерная, электротехническая, автомобильная, радиоэлектронная. Увеличились объемы добычи железных, медных, марганцевых, фосфорных, никелевых, кобальтовых, ртутных, сурьмяных и др. типов руд. Появились новые виды полезных ископаемых - урановые, пьезооптические, диэлектрические; расширился список добываемых легких, цветных, редких и малых элементов, агрономических типов сырья и строительных материалов (Живов В.Л., Бойцов А.В., Шумилин М.В., 2012; Архангельская В.В., 2006; Старостин В.И., Сорохтин О.Г., Сакия Д.Р, 2010).

Непосредственную угрозу для человечества представляют огромные отвалы - горы пустых (лишенных руд) пород. Вода растворяет содержащиеся в них соединения тяжёлых, цветных и радиоактивных металлов (железа, меди, свинца, урана и др.). Они попадают в водоёмы, отравляют окружающую растительность, а через продукты питания и организм человека. Это глобальная экологическая проблема.

Современное оборудование позволяет только частично решить эту экологическую проблему, но из-за дороговизны его применяют далеко не во всех странах. Пик добычи руд черных металлов уже прошёл. Для выплавки металла сегодня делается ставка на использование металлического лома. В промышленности всё шире применяются металлосберегающие технологии. Чтобы сохранить природу, сокращают добычу в открытых карьерах и увеличивают подземные разработки. В группу важнейших для современной промышленности металлов, востребованных XX в. входят легкие элементы: алюминий (2,7 г/см^3), магний (1,74 г/см^3) и бериллий (1,85 г/см^3). Все они широко применяются для получения лёгких и прочных сплавов, используемых в авиапромышленности, космонавтике, судостроении и атомной энергетике. Особо следует выделить алюминий, ибо никакой другой металл не оказал такого огромного влияния на образ жизни современного человека.

Алюминий

Лёгкий, прочный, устойчивый к окислению, хороший проводник электричества, алюминий стал символом технологий второй половины XX в.Главными областями использования алюминия являются транспорт (27 % общего количества потребления металла), строительство (21 %), изготовление различной тары (19 %), производство разнообразных бытовых предметов (10 %), электропромышленность (9%), машиностроение (8 %). В настоящее время в мире ежегодно добывается 45 млн. т бокситов, из которых получают до 20 млн. т алюминия. Добыча и производство алюминия организованы в 70 странах мира. Этот металл прочно вошёл в нашу жизнь и даже стал показателем её уровня. Прогнозирование дальнейшего развития алюминиевой промышленности базируется на данных о росте национального дохода той или иной страны. Годовое потребление алюминия на душу населения в мире с 1974 по 1994 г. возросло с 4,2 до 4,6 кг. По странам эти цифры крайне неравномерны (в кг/чел.): США-31,3, Япония -31,6, Италия и Германия -24,0, Англия -13, Россия - 7, Бразилия - 4,1, Индия – 0,6. В последние годы мировое душевое потребление колеблется около 4 кг/чел. Острая потребность в этом лёгком металле привела к активным поискам руд алюминия. Как на заре алюми-

ниевого бума, так и сейчас основным источником остаются бокситы. Более 80 % мировых запасов образовалось в тропическом поясе Земли сравнительно недавно - в течение последних (25-30) млн. лет (вся история планеты 4,5 млрд лет). Остальные месторождения возникли (280-380) млн. лет назад в эпоху первого и мощного всплеска бокситообразования. Именно тогда образовались бокситы на территории России - на Урале, в Карелии, Архангельской области и др. регионах.

Постоянный и всё возрастающий спрос на алюминий уже не могут удовлетворить только бокситы. В 1934 г. в мире было произведено 0,2 млн. т. алюминия. Однако в последующие годы резко изменилась ситуация. Вплоть до 60-х гг. ежегодный мировой рост потребления алюминия составлял (10-15) %. Пик приходится на начало 1980 г. - добыто (60-65) млн. т бокситов. Лидерами стали тропические страны - Австралия, Гвинея, Камерун, Ямайка, Индия и Китай (рис. цв. 76). Цены на алюминий постоянно растут.

До Второй мировой войны 1 т металла можно было купить за (300-400) долларов, а в настоящее время то же количество стоит 1800-2600 долларов. Временные падения курсов на биржах связаны с текущими событиями - распадом социалистического лагеря в целом, отдельных стран (СССР, Югославия), а также с экономическим кризисом. По прогнозам учёных, к середине XXI столетия бокситовый источник начнёт иссякать. Необходимо найти другие виды сырья. С этой проблемой столкнулся в своё время и СССР, не имеющий больших запасов бокситов. Впервые в мировой практике именно в СССР стали получать глинозём (окись алюминия - AI_2O_3) из алунита - белых или серовато-жёлтых квасцов (гидросульфатов калия и алюминия, содержащих до 37 % AI_2O_3). Для этих целей использовались алуниты Загликского месторождения в Азербайджане.

Другим алюминиевым сырьём стали нефелины. Эти магматические породы широко распространены на Кольском полуострове, в Сибири, Закавказье и других регионах. Много нефелина попутно получают при добыче апатита в Хибинах и из редкоземельных руд Кия-Шалтырского месторождения в Кузнецком Алатау. Есть и не совсем традиционные источники алюминия. Так, в России разработан способ получения окиси алюминия из некоторых сланцев, содержащих 63 % AI_2O_3. В Польше пытаются извлекать алюминий из каолинов - серых глин, богатых этим элементом, в Бразилии - из глин отработанных рудников, во Франции и США - из отходов угольного производства, а в Германии - из красных илов со дна Северного моря. Однако у всех этих видов руд есть большой недостаток - их переработка более энергоёмка и дорога по сравнению с переработкой бокситов.

Полиметаллы (медь, свинец, цинк)

Полиметаллы (медь, свинец, цинк) - фундамент современной промышленности. Медь, свинец и цинк являются главными металлами в рудах полиметаллических месторождений, а из рассеянных – Cd, Ag, Au, Se, Te, Ge, Tl, Ga и In. Выделяются несколько типов промышленных руд: медно-цинковые, свинцово-цинковые, медно-цинк-свинцовые и серебро-свинцовые. Медь в форме сульфидов накапливается в месторождениях в связи с базальтоидным и гранитоидным магматизмом. В экзогенных условиях в зоне окисления выносится и отлагается ниже уровня грунтовых вод. Свинец и цинк образуют промышленные залежи в комплексных месторождениях, поэтому они рассматриваются в группе совместно. Их извлекают в основном из комплексных руд, содержащих также Cu, Au, Ag и другие металлы. Производство меди уже около ста лет служит показателем мирового промышленного развития. До начала XX в. её основная масса использовалась для получения латуни (сплава меди с оловом, серебром и свинцом), из которой изготавливали домашнюю утварь и оружие. Необходимое количество

металла добывали из руд с содержанием меди (10-15) %. Богатейшие месторождения располагались на Урале, Кипре, в Ц. Китае, Испании, США и других регионах.

Настоящий медный бум начался с созданием электротехнической промышленности. Медь обладает высокой электропроводностью, благодаря чему является идеальным материалом для изготовления электрических проводов и ответственных деталей электроприборов. Спрос на неё настолько возрос, что стали разрабатывать руды с очень низким содержанием металла - (0,3-0,5%).

Урал является одним из крупнейших рудных поясов в мире (> 1,8 млрд. т) медных и медно-цинковых руд (60 млн. цветных металлов) (рис. 77). Месторождения локализуются в кислых частях вулканических построек, сложенных девонскими базальт-риолитовыми сериями. Приурочены к нескольким стратиграфическим уровням, соответствующим границе между основными вулканитами и перекрывающими их кислыми эффузивно-пирокластическими и осадочными породами.

Рис. 77. Схематическая карта расположения колчеданных месторождений Урала (Викентьев, 2004 г.).

Медно-молибден-порфировые месторождения. Их извлечение и переработка сопровождались строительством гигантских карьеров площадью более 10 км^2 и глубиной более 150 м, достаточной, чтобы спрятать высотный дом. Возникли крупнейшие транснациональные мededобывающие корпорации, финансовые обороты которых намного превосходят бюджеты многих государств, также занимающихся добычей меди, таких, как Чили, Перу, Заир и др.

Роль мededобывающей отрасли стала чрезвычайно важной в политике в период с 1940 по 1980 г. Стремясь контролировать мировой рынок меди, международные промышленные компании финансировали многие государственные перевороты. Наиболее известные из них произошли после того, как в главных мededобывающих странах - Бельгийском Конго (ныне Заир) и Чили - были национализированы рудники, в совокупности дававшие более 50 % мирового производства меди. В 1960 г. в Республике Конго был свергнут и убит премьер-министр Патрис Лумумба, и власть захватил генерал Мобуту. В Чили в 1973 г. во время Военного переворота был убит законный президент Сальвадор Альенде, а власть перешла к военным во главе с генералом Пиночетом. Это только два события, в значительной степени связанные с борьбой за важнейший источник дефицитного сырья - медь.

Свинец – атомная энергетика, автомобилестроение и аккумуляторы. Свинец был хорошо знаком народам Малой Азии более чем за 6 тыс. лет до н.э. Из него изготавливали одну из разновидностей бронзы - сплав с медью. Такие качества свинца, как способность поглощать рентгеновское и радиоактивное излучение, кислотоустойчивость, ковкость, позволили широко применять его в современной промышленности для производства аккумуляторов, различных сплавов, защитных экранов в рентгенотехнике и атомной энергетике, а также в типографском деле. В Римской империи свинец, добываемый из месторождений Альп и Пиренеев, шёл на изготовление водопроводных труб. Римские патриции даже не имели представления о вредных свойствах свинца и том пагубном воздействии, которое оказывали на их здоровье знаменитые бани и бассейны.

Большим спросом свинец стал пользоваться с началом эры автомобилестроения. Еще больше промышленность стала нуждаться в свинце с освоением ядерной энергии: он использовался при изготовлении контейнеров, экранов и боксов. Цены на этот металл неуклонно росли вплоть до 1985 г., достигнув почти 1000 долларов за 1 т. На месторождениях, из которых получают около 90 % свинца и цинка, главной ценностью был свинец. Но вот наступили 90-е гг. XX столетия. Экологические кризисы изменили отношение человека к свинцу. В ведущих странах мира в целях охраны окружающей среды запретили или ограничили использование этого металла в качестве добавок в бензин. Мировые цены покатились вниз; закрылись многие свинцовые рудники. Даже богатые свинцово-цинковые слоистые руды месторождения Маунт-Айза (Австралия), образовавшиеся на дне древнего протерозойского моря, также перестали отрабатываться. В настоящее время опять подъём в добыче руд ежегодно на (1-3) %. В настоящее время цена уже достигла 2142дол./т. Это связано с широким и все возрастающим масштабом производства свинцовых аккумуляторов и истощением ранее открытых месторождений.

Цинк - наиболее экологичный из металлов элемент. До XX в. применение цинка (цинковые белила, антикоррозийные покрытия, оцинковывание металлических изделий) не было особенно важным для общества. Однако в настоящее время выяснилось, что это один из немногих металлов, оказывающих наименьшее токсичное воздействие на природу и человека. Спрос на него уже почти 10 лет неуклонно растёт. Если в начале 80-х гг. за 1 т цинка платили 780 долларов, то в настоящее время - почти 1910 долларов. На спрос откликнулись геологи. Были открыты грандиозные месторождения в Ир-

ландии, что превратило эту бедную минеральными ресурсами страну в крупнейшего в Европе производителя цинка.

Уран и торий

Атомная энергетика – фундамент развития цивилизации XXI-XXII в. Уран и торий - сравнительно распространенные элементы, они оказались более распространенными, чем давно и широко используемые металлы Au, Ag, Hg, Bi, Sb и др. (рис. 78). **Уран** открыт немецким химиком М.Г. Клапротом в 1789 г., а радиоактивность установлена французским физиком Анри Беккерелем (1896 г.). Супруги Кюри выявили самопроизвольное превращение неустойчивых атомных ядер некоторых элементов в ядра новых элементов, которое сопровождается испусканием особого типа лучей.

Это явление было названо Марией Кюри радиоактивностью (от латинского radio - «испускаю» и activus -«действенный») и явилось одним из величайших открытий человечества, ставшим началом новой эры в техническом прогрессе. Уран – последний 92 элемент таблицы Менделеева в природе. Далее следуют искусственные трансурановые элементы. Его валентность 2+, 4+, 6+. U4+, нерастворим, амфотерен (в кислой среде металл основной, а в щелочной – неметалл); изоморфные примеси в соединениях с Zr, REE, Th, Ti, Ca. U^{6+} образует легко растворимый в кислых и выпадающий в восстановительных средах ион уранила – $(UO_2)_{2+}$со свойствами Me^{2+}.U - состоит из изотопов - 238, 235 и 234 с периодами полураспада:$4{,}5x10^9$-$7x10^8$ - $2{,}44x10^5$ лет.

Торий - 90 элемент с одним изотопом - 232 (период полураспада$1{,}28x10^9$ лет). Конечный продукт распада -^{208}Pb.

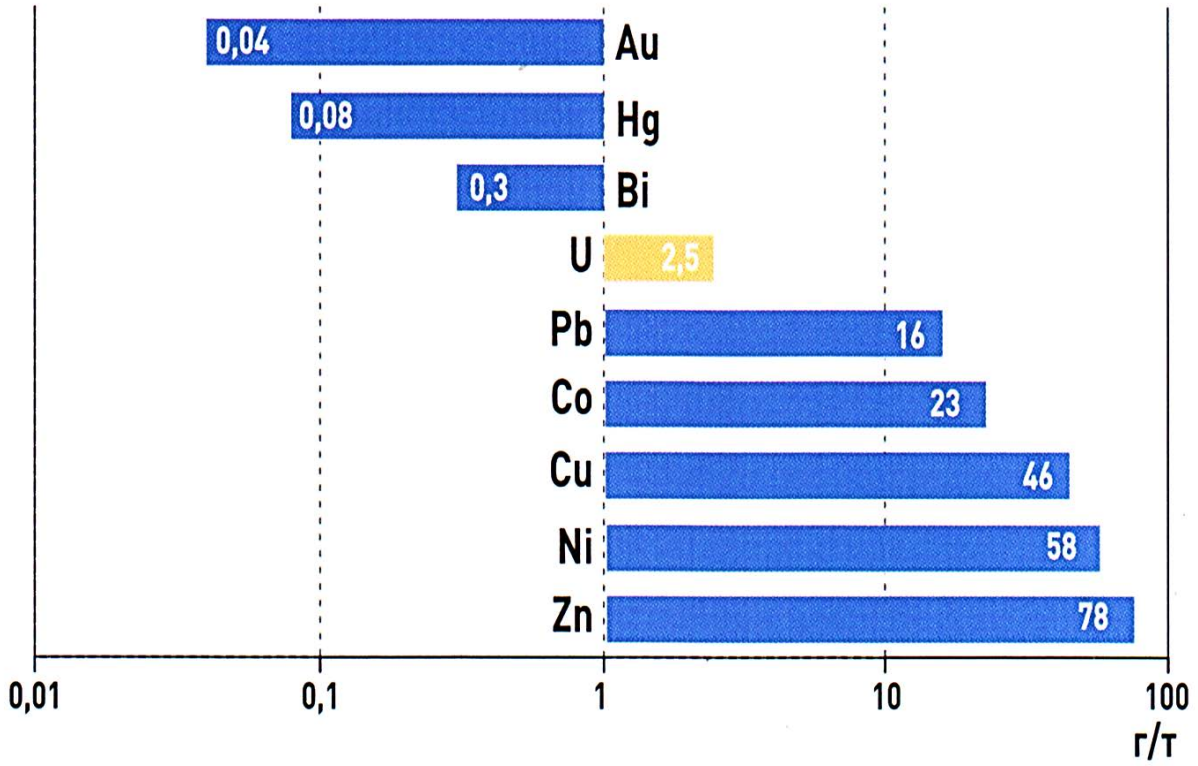


Рис. 78. Кларки некоторых металлов в сравнении с ураном.(Живов В.Л., Бойцов А.В., Шумилин М.В., 2012.).

Минералы уранила встречаются в окислительных условиях; они окрашены в яркие желтые, красные, оранжевые или зеленые тона и слагают окисленные части урановорудных залежей. Наиболее обычные минералы уранила – отенит, тюямунит, торбернит и уранофан. Минералы U^{4+} развиты в восстановительных условиях; они имеют черную или коричневую окраску и находятся в различной степени в метамиктном состоянии. Важнейшие минералы U^{4}- уранинит, урановая смолка (раскристаллизованная и окисленная разновидность уранинита) и коффинит. В эндогенных и экзогенных процессах уран ведет себя по-разному. Максимальные концентрации в щелочных породах (сиениты и луявриты) – (10-80) г/т.

Уран, как и торий, изоморфно входит в состав сложных силикатов и титанатов: эвдиалит, лопарит, ферсманит и др. В породах кислого состава содержание урана (3-4) г/т. Уран накапливается как в виде примесей в акцессорных минералах (циркон, ортит, монацит, сфен, апатит), так и во включениях и в межзерновых швах.

В земной коре под воздействием атмосферы, воды и биологических факторов в окислительной обстановке соединения урана U^{4}- неустойчивы; уран в ионе уранила $(UO_2)_2$- и мигрирует в водных потоках. Интенсивность миграции определяется климатом и кислотно-щелочным (pH) и окислительно-восстановительным потенциалом (Eh) вод. Осаждение его в зоне гипергенеза происходит на барьерах перехода от окислительной к восстановительной обстановке. Уран сорбируется органическим веществом, глинами, углеводородами, фосфатами, глауконитом, гидроксидами железа и др., создавая основу для рудообразования. В процессе пластовой фильтрации на восстановительных барьерах формируются крупные залежи в зонах ластового окисления с окислительно-восстановительной зональностью.

Средние содержания урана в земной коре составляют 2,6 г/т, при этом океаническая кора содержит 0,5 г/т, а континентальная - 3,0 г/т. В океанических водах содержится 1,0 г/т, в пресных - 0,1 г/т; в океанических пелагических осадках содержания колеблются от 1,0 до 3,0 г/т; в свежих базальтах подводных излияний - от 0,02 до 0,08 г/т; в измененных - от 0,1 до 0,2 г/т при максимальном 4,0 г/т.

При метаморфизме отмечается уменьшение содержания урана с увеличением степени метаморфизма. Породы зеленосланцевой фации содержат урана 2,8 г/т, амфиболовой - 1,6 г/т, а гранулитовой (0,4 - 1,0) г/т.

Щелочные и гранитные массивы, обогащенные ураном, размываются. Уран в осадках осаждается в морях и океанах. Далее краевые зоны океанических плит попадают в зону субдукции. Из пород выплавляются кислые и щелочные магмы, обогащенные ураном. В орогенный этап новорожденные граниты выводятся на уровень денудации и выветриваются.

В последние десятилетия прошлого века уникальные по масштабам и качеству руд месторождения были введены в эксплуатацию в Австралии, Канаде, Южной Америке, Африке, Западной Европе и Восточной Азии. В России – Стрельцовское, Карку, Падма (рис. цв. 79).

Итогом стало открытие и освоение новых типов комплексных руд: в «зонах древних несогласий» (рис. цв. 80, рис. 81), в альбититах, в интрузивных массивах кислых и щелочных пород и в фанерозойских палеовулканических областях. По содержанию урана (в %) выделяются пять сортов руд: Очень богатые (> 1); Богатые (1-0,5); Средние (0,5-0,25); Рядовые (0,25-0,1); Бедные (< 0,1). В мировой практике оценка запасов, кроме степени их разведанности, определяется затратами на добычу и получение 1 кг урана. Экономически выгодным считается отработка запасов по категории до 80 долларов/кг. Вторая по рентабельности категория от 80 до 130 долларов/кг (рис. 82).

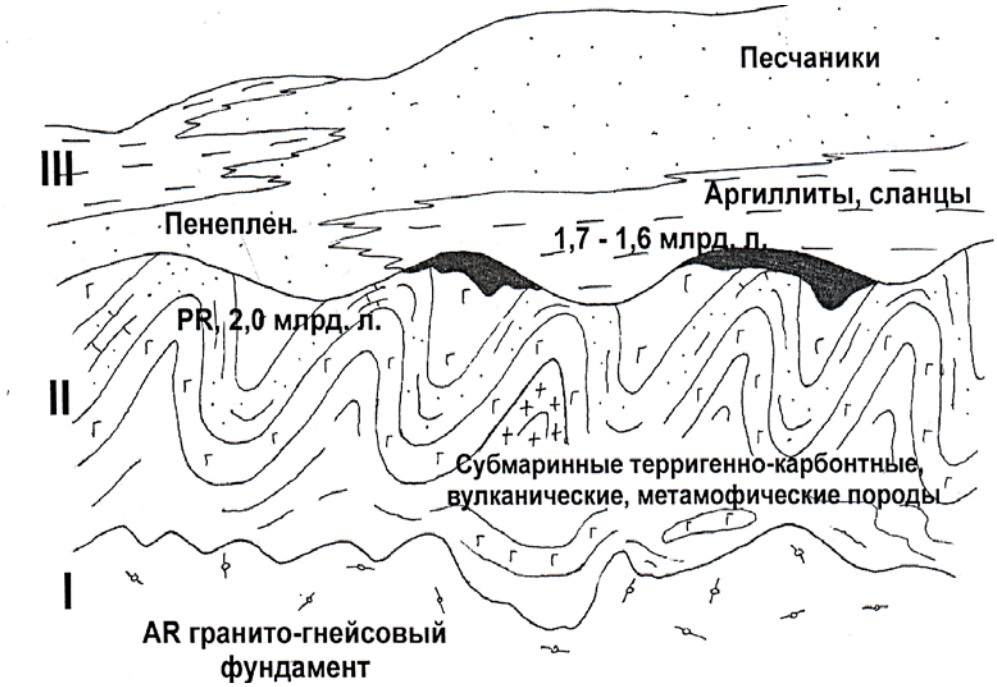


Рис. 81. Схема геологического строения зон стратиграфического несогласия докембрийских кратонов.

	U_3O_8, т	%
Галечные конгломераты	345000	15,54
Вулканические породы	345000	15,54
Интрузивные и метаморфические породы	270000	12,20
Жилообразные месторождения	541000	24,40
Песчаники	635000	28,64
Другие месторождения	82000	3,67

Рис. 82. Динамика мировой добычи урана из месторождений разного генезиса и распределение разведанных запасов урана категории 80 долларов/кг по типам вмещающих пород.

Месторождения Рейнджер и другие U-проявления Северной Австралии располагаются в пределах регионального металлогенического пояса, приуроченного к зонам стратиграфического несогласия в нижнепротерозойских формациях. Они открыты в 1969 г. (эксплуатируется с 1981 года). На его долю приходится 7 % добычи. Образцовое международное горно-рудное предприятие (Япония, ФРГ, Австралия – численность 300 человек). Находится в заповеднике Аллигейтор-Ривер.

Подобные пояса широко распространены также в Канаде, провинция Атабаска. Известно крупное месторождение Сигар-Лейк. Запасы руд 150 тыс.т. с содержанием U_3O_8-15 %.

Природные ядерные реакторы

Согласно материалам П.Куроды, обзора Ю.А.Шуколюкова и статьям французских и канадских геологов, когда образуется урановое месторождение, в нем имеются три главных компонента будущей цепной реакции: 1) горючее - уран-235; 2) замедлители нейтронов - вода, графит, окислы кремния и металлов (сталкиваясь с молекулами этих веществ, нейтроны из быстрых превращаются в медленные); 3) поглотители нейтронов, среди которых - осколочные элементы и уран.

Преобладающий изотоп - уран-238 может делиться быстрыми нейтронами, но нейтроны средней энергии (более энергичные, чем медленные, и более медленные, чем быстрые) захватывают его ядра и при этом не распадаются, не делятся. При каждом делении ядра урана-235, вызванном столкновением с медленным нейтроном, рождается два-три новых нейтрона. Но новорожденные нейтроны - быстрые. Чтобы вызвать новое деление урана-235, они должны стать медленными. Вот здесь-то и подстерегают их две опасности. Замедляясь, они должны проскочить интервал энергий, при которых с нейтронами очень охотно реагирует уран-238. Не всем это удается - часть нейтронов выбывает из игры. Уцелевшие медленные нейтроны становятся жертвами атомных ядер редкоземельных элементов.

Мало того, что они - элементы рассеянные, они вездесущи. Они к тому же образуются при делении ядер урана - вынужденном и спонтанном. А некоторые осколочные элементы, например гадолиний и самарий, относятся к числу самых сильных поглотителей тепловых нейтронов. В итоге, на цепную реакцию в уране, как правило, нейтронов остается мало.

Коэффициент размножения $K\infty$ - отношение остатка нейтронов к их первоначальному числу: а) $K\infty=1$, протекает цепная реакция; б) $K\infty > 1$, месторождение рассеивается или взрывается; в) $K\infty < 1$, цепная реакция не пойдет.

Чтобы в месторождении заработал ядерный реактор, нужно, чтобы одновременно соблюдались следующие обязательных условия: 1. Месторождение должно быть древним. 2. Урана в руде должно быть > 10-20%. 3. Присутствие здесь же воды в больших количествах. 4. Размеры залежей должны составлять минимум несколько кубометров. 5. Реактор не мог работать в присутствии большого количества элементов, сильно поглощающих нейтроны (Li, B и многие редкоземельные элементы). Их концентрация была мала вначале цепной реакции. 6. Минимальное содержание U-235, необходимое для работы природного реактора, составляет 1%.

В открытом карьере уранового рудника Окло (Oklo), расположенного в ЮВ части Габона на экваториальном берегу Западной Африки, найдены остатки природного ядерного реактора внутри урановорудной жилы. Месторождение Окло приурочено к бассейну среднедокембрийских осадочных пород, граничит с раннедокембрийским (2,5 млрд. л.) гранитным массивом и относится к урановым образованиям типа «несогласия». Здесь, в слоях, насыщенных органическим веществом, были условия для восстановления шестивалентного урана в четырехвалентный, который и выпадал в осадок. Постепенно много тысяч тонн урана осело в виде рудных «линз» размером в десятки метров. Содержание урана в руде достигло 30, 40, 50% и продолжало расти. Наступил момент, когда оказались соблюденными все условия, необходимых для начала цепной реакции.

Такой реактор мог функционировать до начала фанерозоя. На месторождении Окло, U-235 было около 4%. Возникли новые атомы. Деление урана-235 – это образование осколков разнообразных атомных ядер с массовыми числами от 70 до 170. - от цинка до лютеция. В зоне цепной реакции появляются элементы с искаженным изотопным составом. У рутения из Окло втрое больше, чем в природном рутении, ядер с массовым числом 99. В цирконии в пять раз вырастает содержание изотопа ^{96}Zr. ^{149}Sm пре-

вратился в ^{150}Sm, и его в одной из проб оказалось в 1300 раз больше, чем должно было быть. Таким же путем в 100 раз возросла концентрация изотопов ^{152}Gd и ^{154}Gd.

Процесс типа Окло мог быть очень распространенным в докембрийское время, когда формировались месторождения типа «несогласия». С увеличением концентрации кислорода в атмосфере, восстановленный уран в рассеянных месторождениях мог стать мобильным и переотлагаться в иных богатых рудных залежах с восстановительной обстановкой.

Влияние ядерной энергетики на экономику

ВВП - совокупная добавленная стоимость, производимая в стране. Рассчитывают валовый и душевой ВВП. Размер ВВП на кВт·ч зависит от климатической зоны: для субарктической 2,4 кВт·ч , умеренной (4,5-6) S/кВт·ч) и тропической (7-10) S/кВт·ч.Темпы прироста мощностей АЭС были высокими до Чернобыльской аварии, затем период стагнации, сейчас «ядерный ренессанс». Причины – экология, нефтяной кризис и общая нехватка электроэнергии. Концентрация АЭС в мире – Восток США, Зап. Европа, Япония - Ю.Корея и Индия. Только уран может решить энергетический вопрос для Китая, Индии ЮАР и Бразилии. До 2030 г. эти страны планируют увеличить атомную энергетику в 2-3 раза. Всего в мире открыто более 1000 месторождений.

Ядерная эпоха началась в 50-е годы 20 века. Все страны лихорадочно ускорили поиск месторождений радиоактивных руд. Тысячи геологов устремились в полевые экспедиции, которые протекали в обстановке строжайшей секретности: руководство ими осуществлялось оборонными ведомствами. За короткий срок были открыты крупные месторождения в Европе, Средней Азии, на Кавказе, в Сибири, Африке, Южной и Северной Америке, Канаде (рис. цв. 83, 84), Австралии. Одновременно с «воинской службой» атом осваивает мирные профессии. В начале 60-х гг. возникла ядерная энергетика, роль которой неуклонно росла вплоть до середины 80-х гг., когда в мире действовало уже 417 атомных электростанций. Во Франции, обладающей богатыми месторождениями, получают до 70 % электроэнергии; в США - 18 %; России - (7-8) %.

Только для поддержания современного уровня атомной энергетики необходимо ежегодно производить 40-50 тыс. т урана. Цены на урановое сырьё (гексафторид урана)в последние годы неуклонно растут (112-123) долларов за 1 кг.

Процесс поисков, разведки и разработки сложный, трудоёмкий и длительный, но мировая урановая индустрия накопила богатый опыт организации и проведения подобных работ (рис. 85, 86).

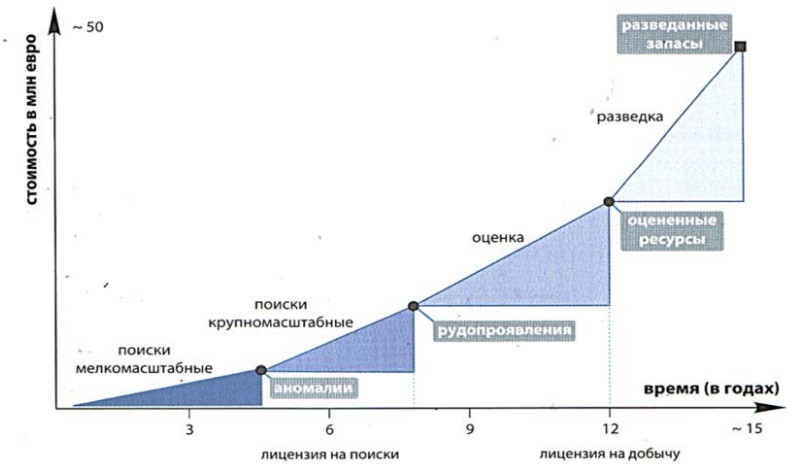


Рис. 85. Схема процесса геологоразведочных работ по стадиям с оценкой материальных и временных затрат компании AREVA (по Живову и др, 2012).

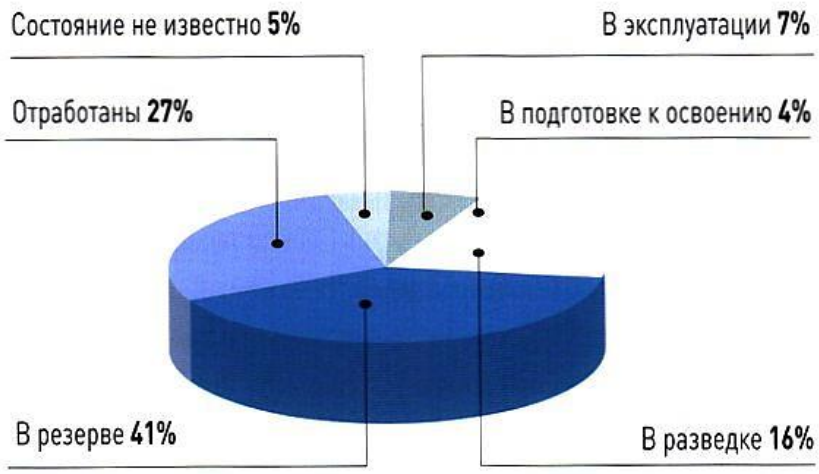


Рис. 86. Распределение месторождений урана по состоянию изученности и освоенности (по Живову и др, 2012).

Заключение. Поскольку более эффективного источника получения энергии, кроме ядерной, в ближайшее столетие не предвидится, то и развитие ураново-ториевой атомной энергетики необходимо существенно усилить. На повестке дня создание реакторов с длительными (столетие и больше) сроками эксплуатации и их миниатюризация. Альтернативы ядерной энергетике в XXI-XXII веках нет. Производство сырья и строительство новых атомных электростанций будет неуклонно возрастать.

Создание термоядерного реактора ИТЭР (международного термоядерного экспериментального реактора) произойдёт вероятнее всего к концу этого столетия, а реальные нужды будут решаться уже в XXIII и последующих веках.

Стратегические ресурсы – редкие и редкоземельные элементы

Современный этап начался после Второй мировой войны с середины 50-х годов. Для него характерно завершение формирования мировой горнорудной инфраструктуры, создание серии могучих транснациональных концернов, корпораций и трестов, выдвижение рудной геологии и связанных с ней отраслей в разряд важнейших с жёстким государственным контролем. Возникли новые фундаментальные направления: стратегические виды минерального сырья; редкоземельные элементы; атомная энергетика; минеральные ресурсы Мирового океана; глобализация и минеральное сырье. Смена ориентиров. Неразрешимые экологические проблемы. Все большую роль в эстетической жизни современного общества приобрели горные породы, минералы и руды (искусство суйсеки – коллекции образцов, природная камнеграфия, ювелирное дело, талисманы и амулеты.)

Редкие металлы

К редким металлам в настоящее время относятся 35 элементов (Li, Rb, Cs, Be, редкоземельные элементы (TR или REE), Re, Cd, Ga, In, Ta, Ge, Se, Te, Sc, V и др.), мало распространенные в природе (кларк ниже 0,03%). При этом распространенность не является ключевым признаком, низкий кларк также у целого ряда металлов, широко используемых в течение многих веков (Pb, Zn, Cu, Sn, W, Mo). Sn, W и Mo до 80-х годов прошлого века относились также к редким металлам, но теперь их относят к цветным или малым металлам. Радиоактивные и благородные металлы не рассматриваются в этой группе. Так что термин «редкие металлы» относится к мало распространенным в земной коре и новым по использованию в науке и технике металлам. Этот термин име-

ет не столько геохимическое, сколько историко-экономическое значение. Названы они так были за свойство образовывать нерастворимые оксиды, которые назывались «земли», а также за то, что с трудом определялись в химических лабораториях и мало отличались друг от друга.

Редкоземельные элементы (РЗЭ) разделяются на две группы:1) цериевую (легкие лантаноиды), в которой выделяют подгруппы: лантановую (La, Ce, Pr); неодимовую (Nd, Sm, Eu, Gd); и иттриевую (тяжёлые лантаноиды) с подгруппами: диспрозиевую (Tb, Dy, Y, Ho); иттербиевоую (Er, Tu, Yb, Lu).

Характерная особенность РЗЭ – изоморфизм, обусловленный близостью их ионных радиусов (0.99–1.22 А). В свободном состоянии это типичные металлы, они легко окисляются на воздухе (особенно La, Ce, Pr) с образованием стойких оксидов, разлагают воду с образованием гидроксидов, растворяются в минеральных кислотах, взаимодействуют с водой с выделением водорода и образованием оксидов, могут поглощать водород.

Главные редкоземельные минералы:

<u>Фосфаты:</u>

- ксенотим – YPO_4
- монацит – $CePO_4$
- рабдофанит – (Ce, Y) $PO_4 \cdot H_2O$
- черчит – (Y, Ce) $PO_4 \cdot 2H_2O$

<u>Карбонаты:</u>

- бастнезит – Ce $[CO_3] \cdot F$
- паризит – $Ce_2Ca\ (CO_3)_3 \cdot F_2$

<u>Оксиды:</u>

- браннерит– $(U, Ca, Fe, Y, Th)_3 \cdot Ti_5O_{16}$
- кнопит– (Ca, Ce) (Ti, Fe) O_3
- лопарит– (Na, Ce, Ca…) (Nb, Ti) O_3
- пирохлор– (Na, Ca, Ce...) $(Nb, Ti...)_2O_6$ (F,OH)
- приорит– (Y, Er, Ca, Th) $(Ti, Nb)_2\ O_6$

<u>Фториды:</u>

- иттросинхизит– (Ca, Y) (CO_3) F
- иттрофлюорит – (Ca, Y) $\cdot F_{2\text{-}3}$

<u>Силикаты:</u>

- гадолинит – $(Y, Ce)_2\ FeBe_2\ (Si_2O_{10})$
- иттриалит – $(Y, Th)_2\ (Si_2O_7)$
- ортит – (Ca, Ce, Y) $(AlFe)_3\ Si_3O_{12}$ (O, OH)
- тортвейтит – $(Sc, Y)_2\ [Si_2O_7]$
- чевкинит – $Fe_2La_2Ce_2Ti_3O_8\ [Si_2O_7]_2$
- эвдиалит – $(Ce, Y, Ca)_4\ FeZr\ (Si_6O_{18})$ (Cl, OH)

<u>Сульфаты:</u>

- чухровит $(YCa_3)\ Al_2\ (SO_4)\ F_{13} \cdot 10H_2O$

Главные минералы-концентраторы для отдельных редких земель:

- **лантан** – давидит, лампрофиллит, повелит, бастнезит, флюоцерит, чевкинит;
- **церий** – монацит, паризит, черчит, рабдофанит, бастнезит, кнопит, пирохлор, самарскит, церианит, эвксенит, гадолинит, ортит, эвдиалит;
- **празеодим** – эшинит, монацит, ортит, давидит;
- **неодим** – эшинит и цериевые минералы;
- **самарий** – монацит, эшинит, самарскит, эвксенит, микролит, обручевит;
- **европий** – приорит, самарскит, фергюсонит, ибонит, ксенотим, рабдофанит, черчит, эвксенит;
- **гадолиний** – самарскит, фергюсонит, обручевит, эвксенит, гадолинит, таленит, монацит, ортит;
- **тербий** – самарскит, таленит, ксенотим, паризит;
- **диспрозий** – ксенотим, эвксенит, таленит, черчит, гадолинит;
- **гольмий** – ксенотим, эвксенит, таленит, черчит, гадолинит;
- **эрбий** – фергюсонит, эвксенит, ксенотим;
- **тулий** – ксенотим, фергюсонит;
- **иттербий**– фергюсонит, ксенотим, таленит;
- **лютеций** – фергюсонит, ксенотим, спессартин, тортвейтит;
- **иттрий** – ксенотим, черчит, браннерит, приорит, самарскит, фергюсонит, эвксенит, иттросинхизит, иттрофлюорит, гадолинит, иттриалит, ортит, эвдиалит.

Генетические и геолого-промышленные типы месторождений.

1. Эндогенные: карбонатитовые в щелочно-ультраосновных комплексах (Хибины); пегматитовые (Минас-Жерайс в Бразилии, Норвегия, Карелия); пневматолито-гидротермальные; гидротермальные (Галлинас-Маунтин в США).

2. Экзогенные: остаточные - коры выветривания по щелочным породам;

Рассыпные (США, Бразилия, Индонезия, Малайзия, Нигерия); осадочные - фосфориты, рабдофанит-черчитовые пески и песчаники, битуминозные сланцы, ископаемые кости в глинах и мергелях.

3. Метаморфогенные: мигматиты, гнейсы, сланцы с редкоземельной минерализацией; метаморфизованные россыпи (Блайнд-Ривер в Канаде, Витватерсранд в ПАР, Литтл-Биг-Хорн в США); монацитоносные метаморфизованные известняки (Айдахо, США).

Гидротермальные вулканогенные андезитоидные месторождения

Между блоками континентов и окраинными магматическими дугами располагаются изогнутые в сторону континента кулисные андезитовые и риолитовые вулкано-плутонические пояса. Наиболее грандиозные структуры обрамляют Тихий океан. В азиатской его части выделяется Чукотско-Катазиатский планетарный (более 10 тыс. км) пояс с северным Охотско-Чукотским звеном. В восточной части Тихоокеанского кольца к подобным образованиям относят пояса Анд и Кордильер. В их пределах развит андезито-дацитовый вулканизм, завершивший щелочной гранитный магматизм, и широкий спектр пневматолито-гидротермальных медно-молибден-порфировых вулканогенных месторождений. Они приурочены к палеовулканам. Руды в конических, кольцевых, радиальных и трубчатых разрывах; имеют форму жил, труб и штокверков.

Редкие металлы относятся к категории совместимых элементов и в процессе эволюции магматизма ассоциируют с большинством элементов. Отметим, в каких рудах заключены эти невидимки (фантомы).

Рений. Его производство целиком связано с извлечением молибденита, основного концентратора рения (от следов до 0,3 %).

Кадмий. Хотя у него есть собственные минералы, самостоятельного практического значения они не имеют, за исключением своеобразных медно-свинцово-цинково-германиевых руд цумебского типа в Намибии. Основными минералами-носителями кадмия являются сфалерит, халькопирит, тетраэдрит, борнит, бурнонит. Преобладающая часть активных запасов приходится на свинцово-цинковые и медно-цинковые колчеданные месторождения.

Галлий. Основными источниками промышленного получения галлия являются алюминиевые (бокситы) и цинковые руды. Важными концентраторами галлия служат также нефелин и содалит. Наивысшие концентрации галлия (0,5-1,2) % в руде наблюдаются на двух верхнепротерозойских редкометально-полиметаллических месторождениях – Цумеб (Намибия) и Кипуши (Заир), где галлий представлен собственными минералами и значительной примесью в германите, реньерите, бриартите, флейшерите и сфалерите (Соболев, 2005).

Индий. Добывается попутно из руд цинка, свинца, меди и олова. Наиболее богаты им цинковые концентраты, меньше – медные, оловянные и свинцовые. Основные запасы индия в свинцово-цинковых месторождениях.

Таллий. Наибольшей таллиеносностью характеризуются колчеданно-полиметаллические, стратиформные свинцово-цинковые, золото-серебряные руды и океанические железо-марганцевые конкреции.

Германий. Его источниками являют комплексные руды цветных, черныхи полиметаллов, а также коксующиеся и энергетические угли. В течение нескольких десятков лет германий-реньеритовыеPrt_3 месторождения Цумеб, Асис (Намибия) и (Кипуши и др.) служат основными поставщиками германия на мировом рынке. Вместе с тем в Юго-Западной Европе, широко распространены стратиформные свинцово-цинковые месторождения палеозойского возраста (Миесс, Кройт, Райбл, Изердон, Брилон, Аахен), обогащенные германием. Большие запасы германия сосредоточены также в докембрийских железистых кварцитах, где главным минералом-носителем германия является магнетит.

Селен. Источники селена довольно разнообразны – от мезозойских магматических медно-никелевых руд (Норильск) и Mz-Kz медно-порфировых месторождений до гидротермальных уран-селеновых месторождений пятиэлементной формации (например, Prt_3 месторождение Шинколобве в Африке), экзогенных урановых и фосфоритов формации Фосфория в США. Но важнейшим мировым источником являются медно-порфировые месторождения мезо-кайнозойского времени.

Теллур. В природе известно более 100 минералов теллура, но извлекается он только попутно при переработке сульфидных медных, отчасти свинцовых и золото-серебро-теллуровых руд от докембрийского до неогенового возраста.

В целом, разнообразие геохимических свойств и геолого-структурных, магматических и рудно-минералогических привязанностей различных редких металлов порождает и сложность их количественного распределения в разновозрастных геологических образованиях. Создание таких схем осложняется концентрацией львиной доли резервов того или иного металла в единичных гигантских месторождениях. Так, на месторождение Араша в Бразилии приходится более 80 % мировой добычи ниобия, в Китае на месторождение Баюнь-Обо – (70-80) % мировой добычи редких земель, на Спер-Маунтин (США) – около 70% бериллия, и т.д. Так что мировая промышленность давно уже ориентирована на открытую отработку крупно объёмных гигантских месторождений многих металлов.

В 30-х гг. XX в. обнаружили, что добавки многих редкоземельных элементов улучшают свойства стали (сплавы кобальта с церием жаропрочны, поэтому их используют в реактивных двигателях) . После Второй мировой войны РЗЭ начали применять в специальных сплавах для изготовления особых сортов стёкол с уникальными свойствами (для кинескопов цветных телевизоров), для очков типа «хамелеон» с меняющейся в зависимости от освещения окраской. Кристаллы соединений РЗЭ употребляют в роли лазеров и квантовых усилителей; изотопы тулия, европия и церия - как источники излучения. К этому списку можно добавить регулирующие стержни из гадолиния, самария, европия в атомных реакторах и др.

Начиная с 50-х гг. возникла потребность в большом количестве этих металлов и добыча нового вида полезных ископаемых - руд редкоземельных металлов - была поставлена на промышленную основу. Возник огромный спрос на них в небольшой группе промышленно развитых стран - в первую очередь в США, Японии и в меньшей степени в Германии, Англии и Франции. Большая часть добываемых редкоземельных элементов (до 80 %) используется в нефтяной, керамической, стекольной промышленности и в металлургии. Рост затрат на их получение можно увидеть на примере керамической промышленности. Если в 1980 г. в мире было затрачено на данные цели 3 млрд долларов, то в 1990 г. — 15 млрд, а в 2000 г.— 53 млрд долларов. Современный спрос в основном удовлетворяют монополист-месторождение «Бейян Обо» в Китае, обеспечивающее производство до половины потребляемого сырья. Остальная часть РЗЭ поступает из нескольких очень крупных прибрежных морских россыпей Австралии (Энеабба, Капел, Хоршам), Ю.Индии (Траванкор), Ю.Америки (Бразилия, Эспириту-Санту), Ю. Африки (Ричарде Бей).

В России небольшой спрос на РЗЭ пока обеспечивают месторождения Кольского полуострова — Лавозерское, Ковдорское и Хибинское. В XXI в. их, несомненно, потребуется больше. Именно сейчас указом президента создана госкорпорация «Редкоземельная промышленность».

Используются редкоземельные элементы в разных областях промышленности: в качестве легирующих добавок сталей и сплавов, катализаторов при крекинге нефти, для контроля и очищения исходных газов, для изготовления сверхмощных постоянных магнитов, в производстве керамики, огнеупорного и оптического стекла, электродов дуговых ламп, сверхпроводниковых и лазерных материалов, высокопрочной стали, высокотемпературных топливных элементов, сельскохозяйственных удобрений, в ядерной технике, чёрной и цветной металлургии, электротехнике, электронике и радиотехнике, химической и силикатной промышленности, медицине.

РЗЭ из руд извлекают с помощью методов гидрометаллургии, электролиза, металлотермического восстановления, ионообменной хроматографии. Концентраты редкоземельных минералов получают при обогащении руд гравитацией, флотацией, электросепарацией и магнитной сепарацией. Теоретической основой разделения РЗЭ являются различия их свойств в разных химических соединениях. При обработке концентрата серной кислотой осуществляется вскрытие редкоземельных минералов, благодаря чему РЗЭ переходят в растворимую форму. Далее проводится их разделение для получения чистых соединений методами избирательной кристаллизации или осаждением, ионообменными методами, экстракцией органическими растворителями, ректификацией, амальгамацией и др.

Наиболее крупные редкоземельные месторождения расположены в Китае (Баян-Обо, Цзянси), России (Ловозеро, Томтор, Чадобец), США (Маунтин-Пасс), Австралии (Маунт-Вельд, Хоршем), Канаде (Стрейндж-Лейк).Важнейшими мировыми источниками РЗЭ для **цериевых земель** являются бастнезит (Маунтин-Пасс в США; Баян-Обо в Китае), монацит (Норт-Капель, Страдброк-Айленд, Маунт-Вельд в Австралии; Грин-

Кав-Спрингз в США; Нанганг в Китае; россыпи Бразилии); для **иттриевых** – ксенотим (Лахат и Перак в Малайзии; Гвангдонг в Китае); второстепенную роль играют латеритные глины, обладающие адсорбционными свойствами (Хунву и Лонгнан в Китае), а также лопарит, апатит (Селигдарское на Алданском щите, Манвилл в США, Эдегорден в Норвегии), фосфориты, эвдиалит, рабдофанит, чералит и др.

Большая часть ресурсов РЗЭ сосредоточена на бастнезитовых месторождениях КНР и США, монацитовых – Австралии, Бразилии, КНР, Индии, Малайзии, ЮАР, Шри-Ланки, Таиланда и США, остальные связаны с месторождениями ксенотима, ионно-абсорбционных руд, лопарита, фосфоритов, апатитов, вторичного монацита, эвдиалита, чералита и с жидкими отходами производства урана. Мировые запасы и ресурсы РЗЭ оцениваются в 88 и 150 млн. т TR2O3, соответственно.

Таблица 4. Запасы и ресурсы редких земель (TR_2O_3, млн. т):

	2001		2006	
	Запасы	Ресурсы	Запасы	Ресурсы
КНР	43	48	27	89
СНГ	Нет данных	Нет данных	19	Нет данных
США	13	Нет данных	13	14
Австралия	5.2	5.8	5.2	5.8
Индия	1.1	1.3	1.1	1.3
Малайзия	0.03	0.035	0.03	0.035
Др. страны	40.5	42.3	22	23
Всего	100	110	88	150

Китай обладает крупнейшими в мире природными запасами редких земель (80 % мировых): железо-ниобий-редкоземельные месторождения Внутренней Монголии (Баян-Обо), бастнезитовые руды провинций Ганьсу и Сычуань, ионно-абсорбционные Цзянси и Гуандун. Баян-Обо - уникальное комплексное (РЗЭ-Fe-Nb) крупнейшее в мире редкоземельное месторождение с запасами более 40 млн. т TR_2O_3 содержание (3-5.4) %, 1 млн. т Nb_2O_5 и 470 млн. т Fe. Расположено в северном обрамлении Китайско-Корейского кратона, в субширотной мезопротерозойской рифтовой зоне, сложенной кварцитами, сланцами, известняками, доломитами, мраморами, к которым приурочены стратиформные лентовидные рудные тела, сложенные жильными и вкрапленными рудами с массивными и ленточными текстурами. С севера рудный район ограничен разломом Куангу, к северу от которого развиты нерасчленённые протерозойско-палеозойские осадочные породы, нарушенные многочисленными надвигами. Серия Баян-Обо разделяется на 9 литологических единиц: H1 – аркозовые кварциты; H2 – тонко-среднезернистые кварциты; H3 – тёмные известковые сланцы; H4– аркозовые кварциты и сланцы; H5 – сланцы с включениями песчаников и кварцитов; H6 – кварциты; H7 – мраморизованные доломиты, аркозовые кварциты, известковые сланцы; H8 – рудовмещающая толща (240–540 м) – мраморизованные доломиты и известняки с прослоями кварцитов, порфиробластами альбит-биотитовых сланцев; H9 – переслаивание серых и чёрных сланцев, биотитовых сланцев (340–350 м), согласно перекрывающих рудовмещающую толщу H8.

В структуре рудного поля принимают участие дорудные карбонатитовые дайки, пересекающие антиклиналь, сложенную архейскими гранитогнейсами и мигматитами, а также аркозовые кварциты H1–H4. Южнее разлома Куангу серия Баян-Обо развита в виде синклинальной складки (рис. 87), ядро которой сложено толщами H8 и H9, Отмечаются многочисленные шевронные складки, зоны рассланцевания и надвигов субши-

ротного направления, часто рудовмещающие. Возраст редкоземельной минерализации - 555 млн. лет.

В России главный источник получения цериевых земель – лопаритовые руды Ловозерского месторождения (Кольский п-ов). Месторождение приурочено к крупному кольцевому массиву фоидитов, верхняя часть сложена эвдиалитовыми луявритами (площадь 250 км2, мощность 200 м), содержания РЗЭ - 0.31-0.8 %. Ниже располагаются 50 горизонтов (из них 10 – богатых) ювитов, малиньитов, уртитов, полого падающих к центру массива, обогащённых эвдиалитом и лопаритом, содержания РЗЭ - до 1.2 %.Запасы руды практически не ограничены, добыча - до 25–30 тыс. т лопаритового концентрата, содержащего 31–35 % РЗЭ. Среди эвдиалитовых луявритов развиты штоки и пластообразные тела ловозеритовых луявритов мощностью до 100 м с вкрапленностью ловозерита, мурманита, эпистолита и др., с содержаниями (%): РЗЭ (0.22), Ta (0.02), Nb (0.23), Zr (1.94), U (0.03). Известны тела пегматитов с редкоземельной минерализацией.

Месторождение Расвумчорра связано с ультракалиевыми нефелиновыми сиенитами – рисчорритами; представлено гигантской рудной линзой мощностью 100 м, протяжённостью несколько километров, полого (15–20°) падающей к центру массива (с глубиной угол падения увеличивается до 50°) Лежачий блок сложен ийолит-уртитами, над ними располагается зона бедных линзовидно-полосчатых апатит-нефелиновых руд, которые выше сменяются богатыми пятнисто-полосчатыми рудами с линзами апатитовых брекчий, перекрытыми рисчорритами. Содержание апатита в рудах достигает 50 %, кроме него присутствуют нефелин, калишпат, сфен, эвдиалит, эгирин, титаномагнетит. Кроме фосфора, из апатита добывают F, Sr, TR.

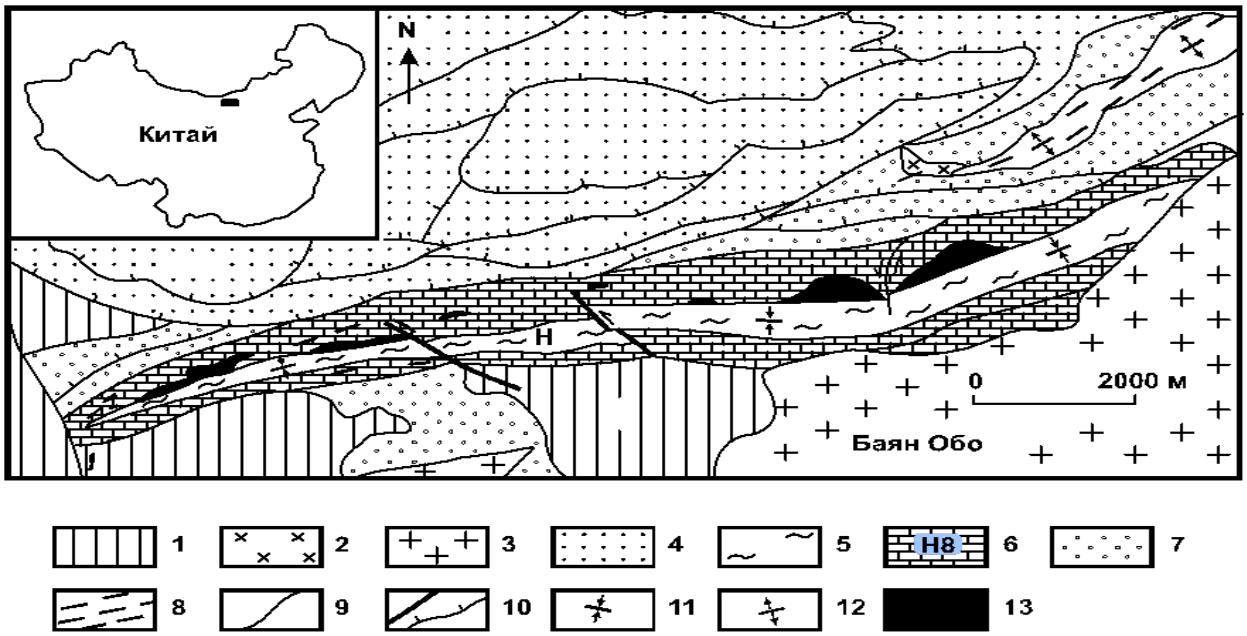


Рис. 87. Схематическая геологическая карта района месторождения Байан-Обо. 1 – четвертичные отложения; 2 – пермские диориты; 3 – пермские граниты; 4 – осадочные породи протерозоя и кембрия; 5 – сланцы H9; 6 – мраморизованные доломиты и известняки H8; 7 – осадочные породы H1-H7; 8 – архейские гнейсы группы Вутаи; 9 – геологические границы; 10 – разломы (а), в том числе надвиги (б); 11 – оси антиклиналей; 12 – оси синклиналей; 13 – рудные тела.

В натровых гидротермалитах висячего блока присутствуют собственные минералы РЗЭ – маккелвит, донеит, тулиокит. Встречаются тела редкоземельных пегматитов с цериевым апатитом, беловитом, делонеитом, фторкафитом. В поздних марганец-анкеритовых фациях карбонатитов известны редкоземельные карбонаты: бербанкит, паризит, хуанхит, карбоцернаит, анкилит.

Ковдорское месторождение – трубообразное крутонаклонное тело поперечником 1000 м апатит-баделеит-магнетитовых, апатит-силикатных, апатит-карбонатных, апатит-штаффелитовых руд в массиве ультраосновно-щелочных пород (пироксениты, ийолиты, фениты) площадью 40 км^2. Главные рудные минералы: магнетит, апатит, оливин, запасы апатит-магнетитовых руд – 500 млн. т, маложелезистых – 160, апатит-штаффелитовых – 40 млн. т. На контакте перидотитов и ийолитов расположена флогопитовая залежь зонального строения с апатит-кальцитовой ядерной частью, промежуточной форстеритовой зоной, флогопит-диопсидовой внешней зоной. Общие запасы P_2O_5 - 2.7 млрд. т. при среднем содержании в рудах 17.5 %.

Месторождение Африканда представлено перовскит-титаномагнетитовыми пироксенитами, слагающими грубоизометричное в плане, трубчатое в разрезе крутопадающее тело площадью около 7.7 км^2 зонального строения. Центральные части выполнены перовскитовыми пироксенитами с ядерной частью, сложенной нефелин-пироксеновыми породами, а внешние – мелкозернистыми пироксенитами с оболочкой фенитизированных пород. Содержание РЗЭ достигает 0.46 %, особенно обогащён ими перовскит (до 2.8 %).

Месторождение Маунтин-Пасс в центральной части рудного района Иванпах в **Калифорнии** открыто в 1949 г., с 1955 по середину 80-х гг. было важнейшим мировым источником TR. Месторождение расположено в СЗ секторе блока докембрийского фундамента в южной части провинции Бассейнов и Хребтов, ограниченного разломами. Вмещающие породы – гнейсы, гранитогнейсы, сланцы, мигматиты, прорванные вытянутыми в СЗ направлении 8 линзовидными телами и 200 дайками шонкинитов и карбонатитов (1.4 млрд лет), образующими две параллельные полосы длиной до 2000 м, падающими на юго-запад (50°).Надвиг Кини-Моллюск-Майн отделяет кембрийский блок Бонанза-Кинг от докембрийского, с севера рудное поле ограничено Северным сбросом. В эндо- и экзоконтактах интрузий развиваются фенитизация и гематитизация. Рудные тела представлены удлинёнными телами и мелкими дайками карбонатитов длиной до 750 м, мощностью до 75 м, минерализованными зонами дробления мощностью до 2 – 3 м, протяжённостью до 1200 м, крупнейшее тело – шток Салфайд-Куин (720 х 210 м). Руды состоят из карбонатов, сульфатов, бастнезита (10 %), кварца, присутствуют монацит и апатит, прожилки и мелкая вкрапленность флюорита, биотита, хлорита, магнетита, гематита, крокидолита, торита, сульфидов. Выделяются три типа руд: монацит-доломитовые (на периферии рудного тела) – монацит, барит, апатит, тёмная слюда, реже магнетит, гематит, бастнезит, паризит и др.; кальцит-барит-бастнезитовые (основной тип) – кальцит (40 %), барит и целестин (25), бастнезит (в среднем 12 %, до 50 %), стронцианит (10), кварц (8 %), встречаются паризит, монацит, ортит, церит, сахамалит; окварцованные карбонатные (в зонах тектонических нарушений) бастнезит, барит, кварц, встречаются кальцит, гематит, гетит, серицит, галенит, пирит. Среднее содержание TR в рудах 5–10 %, они представлены: Ce – 50.0 %, La – 34.0, Nd – 11.0, Pr – 4.0, Sm – 0.5, Gd – 0.2, Eu – 0.1, другие – 0.2 %. Ресурсы месторождения достигали 20 млн. т TR_2O_3 со средним содержанием 5 %, запасы – 3.1 млн. т. (7.78%).

В **Австралии** известны месторождения Маунт-Вельд, Ноланс-Бор, комплексные редкоземельно-редкометальные месторождения Брокмен и Олимпик-Дэм. Месторождение Маунт-Вельд приурочено к штоку карбонатитов диаметром 4 км, ресурсы Tr_2O_3

– 470 тыс. т, TiO_2 – 1.5 млн. т, Nb_2O_5 – 400 тыс. т, Ta_2O_5 – 9, ZrO_2 – 110 тыс. т. Особенно обогащены редкоземельной минерализацией коры выветривания карбонатитов мощностью до 130 м с гидромонацитом, черчитом, цериевым пирохлором. В богатых рудных телах содержание РЗЭ достигает 20–23.6 %. Важнейшие рудные тела расположены на глубине 30–60 м, что обусловливает возможность их отработки карьером.

В **Канаде** известны месторождения Сент-Илер, Кипаве, Стрейндж-Лейк (Квебек), Редвайн (Лабрадор), Тор-Лейк (Северо-Западные территории); Рекспар (Юкон); Сигар-Лейк (Атабаска), Эллиот-Лейк (Онтарио), Хойдес-Лейк (Саскачеван), Эден-Лейк (Манитоба).

Месторождение Тор-Лейк локализуется в граносиенитах в массиве габбро-анортозитов, фоидитов, сиенитов и гранитов палеопротерозоя. Площадь рудной зоны около 1.8 км^2, она имеет зональное строение: краевая часть сложена кварц-полевошпатовым агрегатом с вкрапленностью монацита и колумбита, внутренняя – грейзенами и альбититами с фергюсонитом, самарскитом, ксенотимом, монацитом, пирохлором, бастнезитом и другими минералами. Месторождение Стрейндж-Лейк приурочено к куполообразной линзе пегматитов и аплитов мощностью до 10–20 м, площадью 0.75 км^2 в пределах штока щелочных гранитов с датировками 1271± 30 млн. лет. Рудное тело имеет зональное строение. К красновато-бурым пегматит-аплитам верхнего края купола приурочено богатое редкометально-редкоземельное оруденение, количество редкометальных и редкоземельных минералов достигает 15 % (РЗЭ – гадолинит, заякит, геренит, кайнозит, монацит; Zr – эльпидит, армстронгит, гитинсит; Nb – пирохлор; Th – торит; Be – лейфит), содержание РЗЭ (%) – 1.9, Zr – 3.25, Nb – 0.56, BeO – 0.12. Поздняя фаза оруденения представлена флюоритовой брекчией, развитой вдоль северо-западного контакта массива. Она включает обломки изменённых гранитов и вмещающих пород, сцементированные розовым флюоритом. Запасы Y2O3 месторождения оцениваются в 100, ресурсы – 500 тыс. т. Содержание РЗЭ в рудах составляет в среднем 1.7 %, в кварц-бастнезитовых рудах, развитых на нижних ярусах рудных зон, – выше 10 %. Здесь оконтурен ряд рудных зон, главными из которых являются зоны «Лейк» и «Т» с суммарными запасами руды 65789 тыс. т (Ta2O5 – 19, Nb2O5 – 260, ZrO2 – 2200, BeO – 15.3, TR2O3 – 1531 тыс. т).

В **Гренландии** редкоземельная минерализация связана с нефелиновыми сиенитами Илимауссака; криолит-сидеритовыми рудами Ивигута; пегматитами Нарсарсука; карбонатитами Кагсиарсука, Сарфартока, Гардинера; агпаитовыми нефелиновыми и щелочными сиенитами Трейла и Вернера. Месторождение Илимауссак представлено эвдиалитовыми луявритами (какортокитами) мощностью до 400 м в крупном массиве агпаитовых фельдшпатоидных сиенитов кольцевой формы. Выделяются чёрные разновидности какортокитов с арфедсонитом, красные – с эвдиалитом (около 30 %) и белые – с микроклин-пертитом, слагающие 39 слоистых пачек, в которых низы сложены чёрными разновидностями (мощностью 1.5 м), средние части – красными (1.5 м) и верхние – белыми (10 м). Запасы эвдиалита практически не ограничены. Кроме того, на площади около 1 км^2 здесь развиты стенструпиновые луявриты, обогащённые (%): U – 0.06, РЗЭ – до 1, Nb – 0.6, Ta – 0.02, Zn – 0.7, а также Be, Th, Li, Cs, Tl, Ga, Sn. Известны также маломощные пластовые жилы ультранатриевых пегматитов с эвдиалитом и ринкинитом.

В Центральном **Иране** регион Бафк – важнейший источник железных руд, их запасы оцениваются в 750 млн. т, эксплуатируются два рудника – Чогхарт и Чадор-Малу. Этот район также имеет значительные перспективы как источник апатитовых руд, которые ранее разрабатывались на руднике Эсфорди, известны на действующих железорудных предприятиях, имеется ряд проявлений апатит-магнетитовых руд: таких как Газестан, Чахгаз, Шекараб, Зариган. Месторождение Чогхарт сложено неопротерозой-

скими спилитизированными кератофирами, диабазами, доломитами. Рудные тела – крупные пластовые залежи массивных магнетит-гематитовых и магнетит-апатитовых руд протяжённостью до 600 м, мощностью до 180 м.Месторождение Чадор-Малу локализовано среди зеленокаменных пород с прослоями кератофиров. Рудные тела – пластовые залежами и крутопадающие рудные столбы массивных магнетит-гематитовых руд с редкой вкрапленностью апатита.

Редкоземельная минерализация Центрального Ирана представлена апатит-магнетитовыми рудами месторождений Эсфорди, Чадор-Малу, Чогхарт, проявлениями Газестан и др. Руды месторождений магматическое, вероятно ликвационное, происхождение, что подчеркивается наличием секущих тел во вмещающих основных-ультраосновных породах (Эсфорди).Их можно сопоставить с так называемыми фоскоритами (форстерит-апатит-магнетит-кальцитовыми рудами) карбонатитовых комплексов (Палабора в ЮАР, Ковдор в РФ), апатит-магнетитовыми рудами Кируновара в Швеции, апатитовыми, апатит-магнетитовыми и магнетитовыми рудами комплексов Мушугай-Кудук и Улугей-Хид в Монголии, апатит-магнетитовыми ликвационными слоистыми рудами в вулканитах Чили. Такие апатитовые породы являются новым типом редкоземельной минерализации, (редких земель до 13.5 %) и имеют большое значение как один из важнейших источников РЗЭ.

В центральной части **о. Мадагаскар** расположен рудный район Амбатофинандрахана. Здесь выделяются следующие комплексы: докембрийский цоколь (система Вохибори) – мигматитовые граниты, мигматиты, ортопироксениты и ортоамфиболиты, гнейсы, жилы чарнокитов и амфиболитов; серия метаморфических пород верхнего докембрия – кварциты, сланцы, кальцифиры, с несогласием перекрывающие образования фундамента; интрузивный комплекс Амбатофинандрахана: граниты, субщелочные граниты, габбро, диориты, сиениты (1125 млн. лет);дайки и жилы пегматитов, габбро, сиенитов, гранитов, керсантитов, жилы кварца; аллювиальные отложения и латериты. Проявление Маровоалаво приурочено к штоку щелочных сиенитов, прорывающих граниты и габброиды, прорванные дайками сиенитовых пегматитов с крупными, хорошо огранёнными кристаллами ортита, перекрытые латеритами. Оруденение приурочено к зоне СЗ простирания протяжённостью до 3000 м, шириной 200–500 м, насыщенной минерализованными прожилками с вкрапленностью бастнезита, с которой совпадает радиометрическая аномалия интенсивностью свыше 100 мкР/ч. Коренное оруденение представлено рудным штокверком в сиенитах диаметром около 100 м, содержание бастнезита – 2 %, TR – 2.76 %.

Рудное тело в латеритах имеет плащевидную форму, длину 1000, мощность 10, ширину 150 м, содержание бастнезита – 2 % (до 50 %), TR – 2.76 %. В составе редких земель преобладают Ce, La, присутствуют Nd, Pr, Sm, в незначительных количествах – Eu, Gd, Dy, Er, очень незначительных – Ho, Er, Tm, Yb, Lu. Общие прогнозные ресурсы проявления достигают 5 млн. т руды, 100 тыс. т бастнезита, 138 тыс. т TR2O3

Украина имеет значительные ресурсы РЗЭ, хотя и не добывает их. Главные типы месторождений: 1. связаны с карбонатитами (Новополтавское) и мариуполитами (Октябрьское); 2. богатые циркониевые и редкоземельно-циркониевые руды безнефелиновых сиенитов (Азовское и Яструбецкое); 3. богатые руды цериевой группы (Петрово-Гнутовский)

Главные типы минерализации: цирконий-торий-редкоземельная в гранитах, сиенитах и пегматитах (Николаевское и Сабаровское месторождения Приднепровья, Яструбецкое – Полесья, Успенское проявление – Приазовья); иттрий-редкоземельно-циркониевая и церий-лантановая в щелочных сиенитах (Азовское, Анадольское, Петрово-Гнутовское месторождения Приазовья); уран-торий-иттрий-редкоземельная в ка-

лиевых и натриевых метасоматитах (Лозоватское, Калиновское, Южное месторождения Кировоградского УРР, Балка Корабельная).

Использование РЗЭ в разных областях промышленности стало одной из неотъемлемых составляющих экономического потенциала промышленно развитых стран. В этой связи наблюдается стойкий рост их производства – с 56 тыс. т в 1992 г. до 123 тыс. т в 2006 г., хотя за это же время резко сократилось количество стран, добывающих редкие земли. В настоящее время добыча редких земель сосредоточена главным образом в Китае (месторождения бастнезита Баян-Обо, монацита и ксенотима Гвангдонг, латеритов Хунву и Лонгнан и др.), Индии, странах СНГ и Малайзии, в то время как остальные страны, особенно США, обладающие значительными запасами редких земель (месторождения бастнезита Маунтин-Пасс, монацита Грин-Кав-Спрингз), прекратили их добычу. Помимо указанных стран, РЗЭ ранее добывались в Шри-Ланке, Бразилии, Австралии, Таиланде, Канаде, ЮАР, Заире, Норвегии, Конго и др.Существуют значительные перспективы расширения МСБ редких земель, увеличения производства РЗЭ, ожидается ежегодное увеличение спроса на РЗЭ от 5 до 10 %.

Потребление РЗЭ будет особенно возрастать в производстве: катализаторов: в ближайшие пять лет ожидается удвоение, особенно для очистки нефти и автомобильной промышленности; РЗ-магнитов: ожидается рост на уровне 10–16 % в год, особенно учитывая постоянное расширение производства ветровых генераторов и электромобилей; аккумуляторных батарей: по прогнозам – удвоение в последующие пять лет (особенно для электромобилей, ноутбуков, сотовых телефонов, цифровых камер, DVD-плейеров и пр.);полирующих порошков: ожидается удвоение в ближайшие пять лет (особенно учитывая расширение производства компьютеров и широкоформатных телевизоров); РЗ-люминофоров рост на уровне 6 % в год (с учётом расширения производства осветительных приборов, плоскопараллельных экранов, катодно-лучевых трубок, флюоресцентных ламп и др.);топливных элементов, в частности на основе оксидов циркония и иттрия, которые повышают КПД тепловых электростанций с 35 до 60 %;а также для изготовления керамики, волоконной оптики, лазеров, томографов и другой аппаратуры, высокотехнологических материалов народного хозяйства

Анализ мировой МСБ редкоземельных руд показывает, что существует огромный потенциал её развития, что связано с уникальными свойствами РЗЭ (включая Sc), сфера применения которых в будущем будет значительно расширяться, хотя они уже и сейчас активно используются в ядерной технике, чёрной и цветной металлургии, электротехнике, электронике и радиотехнике, химической и силикатной промышленности, медицине, авиации, ракетостроении и других областях. Известно около 70 собственных минералов РЗЭ и более 280 минералов, где они присутствуют в виде примесей: бастнезит, монацит, ксенотим, паризит, черчит, рабдофанит, эвксенит, лопарит, бритолит и др., для Sc – тортвейтит. В силу своих геохимических особенностей концентрации РЗЭ и Sc приурочены к поздне- и постмагматическим процессам, месторождения связаны с пегматитами, карбонатитами, гидротермально-метасоматическими образованиями, корами выветривания. Наиболее крупные редкоземельные месторождения расположены в Китае (Баян-Обо, Цзянси), России (Ловозеро, Томтор, Чадобец), США (Маунтин-Пасс), Австралии (Маунт-Вельд, Хоршем), Канаде (Стрейндж-Лейк).

Глава 8. Руды океана. Мировые и российские приоритетные направления работ в морях и океанах Земли

Мировые и российские приоритетные направления работ в морях и океанах Земли

1. Сульфидные руды в пределах рифовых зон срединно-океанических хребтов («чёрные курильщики»), прежде всего северный сегмент Срединно-Атлантического хребта.

2. Кобальтоносные железомарганцевые корки (КМК) на подводных горах (гайотах) в северо-западной части Тихого океана (Магеллановы горы).

3. Полиметальные оксидные руды железомарганцевых конкреций (ЖМК) в пределах выделенного России района в провинции Кларион-Клиппертон (Тихий океан).

4. Россыпные месторождения золота, олова, алмазов, других типов полезных компонентов в шельфовых областях.

Кафедра геологии, геохимии и экономики полезных ископаемых геологического факультета МГУ во всех этих направлениях может решать вопросы: исследования минерального состава рудных образований; разработки методологии и конкретных методик прогноза, поисков, разведки и подсчета запасов полезных ископаемых. В настоящее время намечается три этапа разведки и разработки твердых полезных ископаемых дна Мирового океана (рис. цв. 88): 1. Глубоководные полиметаллические сульфиды (ГПС) Атлантического срединно-океанического хребта в 2014 г.; 2. Освоение кобальтоносных железо-марганцевых корок и конкреций Ю-З части Тихого океана (Магеллановы горы) начнется ориентировочно после 2025 г.; 3. Разработка гигантских резервов полиметаллических железо-марганцевых конкреций провинции Кларион-Клиппертон (Тихий океан).

Современные сульфидные руды Срединно-Атлантического хребта

В России составлена программа освоения ГПС на период в 2011-2025 гг. Речь идет о современных сульфидных рудах Срединно-Атлантического хребта (рис. цв. 89, 90), так называемых «черных курильщиков». Черные курильщики – это новый тип эндогенно-экзогенных полиметаллических сульфидных руд Мирового океана. Гигантская масса этих руды выносится на дно океана и 99 % её массы исчезает в течение десятков – первых сотен лет в процессе дезинтеграции, окисления и действия придонных течений. Последующая вулканическая деятельность уничтожает последние остатки образовавшихся на дне океана руд. Но пока эти руды еще не разнеслись морскими течениями, они представляют ценнейшие минеральные ресурсы меди, цинка, золота и серебра намного более экономически ценные, чем известные на континентах. Человечество их никогда не добывало и не использовало. Это те источники рудного вещества, которые образовали широчайший спектр древних месторождений в континентальной части земной коры.

Кобальтоносные железомарганцевые корки

Корки образуют покровы на склонах подводных гор (гайотах) крутизной (12-20)^{o}. Субстратом корок служат преимущественно базальты и известняки.

Корки распространены в интервале (1,0 – 3,5) тыс. м, облекая привершинные части гайотов. Наибольшее количество подводных гор с кобальтовым оруденением сосредоточено в западной части Тихого океана на поднятиях Мидпасифик, Маркус-Уэйк-

Неккер, Магеллановых гор, в районах островов Лайн, Гавайских, Маршалловых, Туамоту. Каждый гайот, несущий корковое оруденение может рассматриваться как самостоятельное рудное поле (рис. цв. 91).

Формация железомарганцевых конкреций абиссальных впадин

Основная масса ЖМК размещается от 350 с.ш. до 420 ю.ш., образуя планетарный пояс, через Тихий, Индийский и Атлантический океаны. В Тихом океане наиболее важными являются провинции Кларион-Клиппертон, Калифорнийская, Центрально-Тихоокеанская в северной части океана и Перуанская, Чилийская, Южно-Тихоокеанская – в южной части. В Индийском океане: Центрально-Индийская, Западно-Австралийская, Джемонтина. Мало развиты в Атлантическом океане: Северо - Американская, Бразильская и Капская провинции. Всего в Мировом океане выявлено 26 конкреционных объектов. Фонд прогнозных ресурсов ЖМК оценивается в 30-40 млрд т сухой массы. Поля распространения конкреций являются самостоятельной удаленной фацией рудоносных осадков в основном вулканогенно-осадочного происхождения, в которой накапливающийся в верхнем слое осадка рудный материал, поступающий из вулканических источников, превращается в конкреции до начала литификации осадка, или в самом начале её.

Провинция Кларион-Клиппертон

ЖМК образуют поле шириной 300-700 км, длиной более 3500 км. Наиболее продуктивные скопления приурочены к осевой части полосы (разлом Безымянный) шириной 100-150 км. Ресурсы провинции оцениваются в 5–12 млрд. т сухой массы конкреций; среднее содержание металлов, %: Ni – 1.3, Cu – 1.1, Co – 0.25, Mn – 27.

Находится в северной приэкваториальной части глубоководной Северо-Восточной котловины Тихого океана. Ограничена субширотными трансформными разломами. Протяженность около 3200 км, ширина 1000 км. Глубина океана от 4,5 до 5,5 км (рис. цв. 92). Структура провинции имеет «клавишный» характер, обусловленный чередованием субмеридиональных вулкано-тектонических блоков, заключенных между параллельными субширотными разломами (рис. цв. 93, 94). Железо-марганцевые конкреции абиссальных впадин Мирового океана представляют собой огромный в масштабах нескольких столетий резерв широкого спектра минеральных образований. Их разработка вероятнее всего начнется во второй половине 21 века (рис. 95, рис. цв. 96).

Добычной комплекс корковых руд

Предполагаемый добычной комплекс включает:

- Судно-носитель
- Глубоководное добывающее оборудование
- Судовое обеспечивающее оборудование.

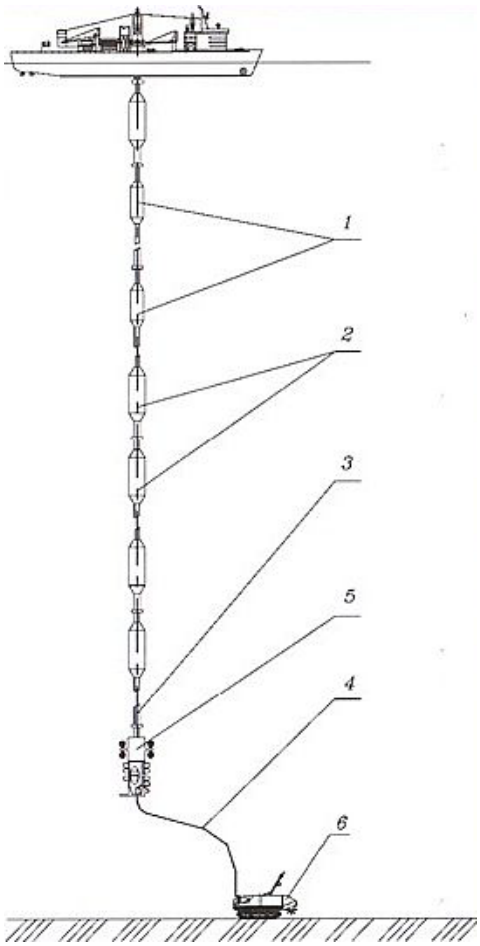


Рис.95 Добычной комплекс. 1 – секции трубные насосные; 2 – секции трубные с блоками плавучести; 3 – секции трубные рядовые; 4 – рукав гибкий; 5 – платформа; 6 – агрегат сбора (Андреев С.И., Черкашев Г.А., Юбко В.М., Сергеев М.Б., 2011).

Глава 9. Гидроминеральные ресурсы

Одной из важнейших фундаментальных частей в строении планетных систем в ближнем и дальнем космосе является вода. На земле она органически связана со всеми химическими элементами, горными породами, рудами и газами и активно участвует во всех эволюционных процессах органического и неорганического мира, составляя гидросферу нашей планеты.

Вода уникальное химическое соединение. Её молекула самая маленькая среди многоатомных молекул (рис. 97), базирующаяся на четырех водородных связях, энергия которых варьирует в пределах 17-33 кДж/моль. В природе существует в трех агрегатных состояниях: твердом (лед), жидком (вода) и парообразном (пар).

Лёд обладает многими аномальными свойствами (Ершов Э.Д., 2002): 1) он пластичен и текуч под нагрузкой (вязкость 1014 П (пуаз)); 2) обладает высокой удельной теплотой плавления или кристаллизации (1,4 ккал/моль или 79,69 кал/г) и теплоёмкостью (0,51 кал/г.град); 3) имеет высокую отражательную способность (0,45); 4) лёд – тетраэдр из 4 молекул, что приводит к увеличению объёма на 10% по сравнению с водой, что препятствует промерзанию водоёмов, сохраняя от гибели их обитателей; 5) лед может быть как полупроводником, (удельная электрическая проводимость при 0^0С 10^{-9} ом$^{-1}$см$^{-1}$.), так и изолятором.

Важным элементом гидросферы являются газогидраты, соединения, состоящие из каркаса молекул льда, в котором заключены молекулы газов (Ar, N_2, O_2, CH_4, C_2H_4, C_2H_6, C_3H_8 и др.). Последние удерживаются в общей структуре за счет ван-дер-ваальсовых сил. Газогидраты образуют гексагональные, кубические и тетрагональные структуры. На одну молекулу газа (метана) приходится 17 молекул воды Запасы газогидратов на дне Мирового океана и глубоких водоемов Земли2х1016 м^3. Однако область термодинамической стабильности весьма ограничена.

На рис. 98 справа снизу от линий трехфазных моновариантных равновесий (ihg, lhd,ilh), возникающий газогидрат будет устойчивым. Это гигантский резерв энергетического сырья на нашей планете. Теплофизические свойства воды также аномальны. Наибольшие теплоты испарения и плавления; теплоемкость в 5-30 раз выше, чем у других жидкостей. Высокая диэлектрическая проницаемость обеспечивает активные химические взаимодействия с окружающими породами. Высокая величина поверхностного натяжения обеспечивает высоты капиллярного поднятия 0,5–1,2 м. в песках, и 6-12 м. в глинах.

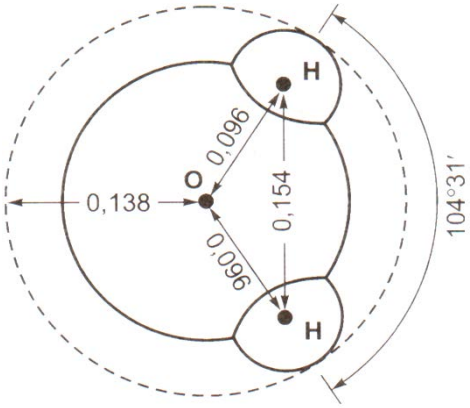


Рис. 97. Строение элементарной единицы воды. Цифры - межъядерное расстояние, нм (Всеволожский, 2007).

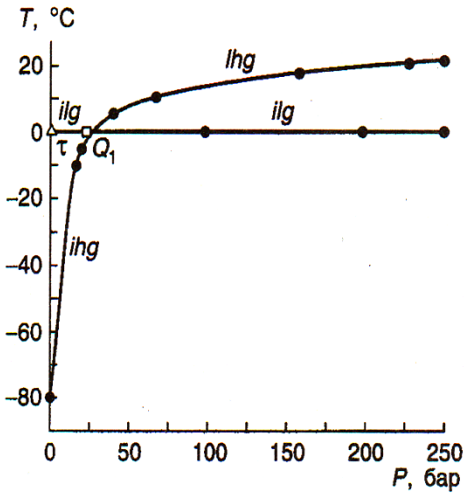


Рис. 98. Фазовая PT – диаграмма системы «метан-вода»: Q –четырехфазное нонвариантное равновесие (ilhg), τ – трехфазное нонвариантное равновесие (ilg), где i – лед, l – жидкаявода, h – гидратная фаза кубической структуры, g – газовая фаза (Ю.А.Дядин, А.Л.Гущин, 1998).

Изотопный состав: ^{1}H - протий, $^{2}H(D)$ - дейтерий, $^{3}H(T)$-тритий; ^{16}O, ^{17}O, ^{18}O. Тяжелая вода ($D_2{}^{16}O$) – составляет 0,02% природных вод. Она отрицательно влияет на живое вещество, но важна в ядерных реакторах.

Максимально концентрированными являются хлоркальциевые рассолы. Кремнекислота (H_4SiO_4) с содержанием 20-30 мг/дм^3 характерна для вод севера с низкими концентрациями других компонентов. Её растворимость возрастает в высокощелочных (pH = 11-12) водах и с повышением температуры в гейзерах, кроме того она мигрирует в коллоидной форме.

Органические вещества – углеводороды, ароматические масла, смолы, сложные эфиры, кетоны, алины, гумусовые вещества, фенолы, карбоновые кислоты, углеводы, белки, липиды и др. Все это в сумме Сорг. В наибольших количествах они фиксируются в водах нефтяных (>400мг/дм^3) и газоконденсатных (>3000 мг/дм^3) месторождений. В обычных водах гумидных областей органических компонентов 35 мг/дм^3, а аридных - 25мг/дм^3.

В артезианских бассейнах выявляется вертикальная зональность: 1) верхняя азот-кислородная зона интенсивного водообмена; 2) ниже следует азот-сероводородная и на глубине воды обогащены метаном и тяжелыми углеводородами. Кислородные и сероводородные системы глобально определяют окислительную или восстановительную обстановки экзогенного рудообразования.

Формула ионного состава воды

Сокращенная формула представляет собой псевдодробь. В числителе %-экв концентраций основных анионов. Знаменатель – катионы. Указывают ионы, концентрации которых превышают 10-20%. Перед дробью общая минерализация М в г/дм^3. Полная формула включает сведения о газах, спецкомпонентах и недиссоциированных молекулах, которые помещаются слева перед псевдодробью в г/дм^3., а справа указываются данные о pH, температуре T^{o}C (табл. 5), дебите Д(л/сут).

Сокращенная формула воды из Уральского источника в доломитовых известняках карбона.

$$M_{0.32}\frac{HCO_3\ 75\ SO_4\ 25}{Ca50\ Mg40(Na+K)\ 10}$$

Полная формула сероводородной воды «Новая Мацеста» из известняков верхней юры на курорте Сочи

$$H_2S\ 0{,}421\ Br\ 0{,}06\ 110{,}06\ M_{26{,}0}\frac{Cl\ 97\ HCO_3 2}{(Na+K)79\ Ca\ 14}T_{34{,}5}Д\sum 40$$

Основа представлений значительного числа исследователей о происхождении воды и формировании гидросферы базируется на гипотезе О.Ю. Шмидта - В.С. Сафронова - О.Г. Сорохтина. Суть её заключается в том, что земля образовалась из холодного газо-пылевого облака и первоначально не имела ни гидросферы, ни атмосферы. Слагающий её поверхность реголит поглощал все химически активные летучие компоненты (воду, углекислый газ, частично, азот, метан и др.).Первичная дегазация мантии связана со снижением растворимости летучих компонентов в силикатных расплавах при снижении их температуры и относительно малых давлениях. В результате изливавшиеся на поверхность Земли мантийные расплавы, в основном базальты, а в архее и коматиитовые магмы, вскипали, отдавая излишки летучих элементов и соединений в атмосферу (рис. 99-100).

Скорость дегазации Земли пропорциональна массе изливающихся на земную поверхность в единицу времени мантийных пород, содержанию в них летучих компонентов и их подвижности.

Таблица 5. Классификация подземных вод по температуре (Всеволожский В.А., 2007).

Балл	Температурные типы вод	Степень нагретости	Шкала температур	Физические и биохимические уритерии температрных границ
1	Переохлажденные	Исключительно холодные	Ниже 0	Переход в твердое состояние
2	Холодные	Весьма холодные	0-4	3,98 - температура максимальной плотности воды
3	То же	Умеренно холодные	4-20	Единица вязкости сантипуаз определена при температуре 20
4	Термальные	Теплые	20-37	Температура чел. Тела - около 37.
5	То же	Горячие	37-50	Оптимальноая температура для роста бактерий
6	То же	Весьма горячие	50-100	Переход в газообразное состояние
7	Перегретые	Умеренно перегретые	100-200	Термометаморфизм (гидролиз карбонатов с выделением CO2, генерация абиогенного H2S и др.).
8	То же	Весьма перегретые	200-375	Процессы углефикации орг. в-ва и формирования углевобородов

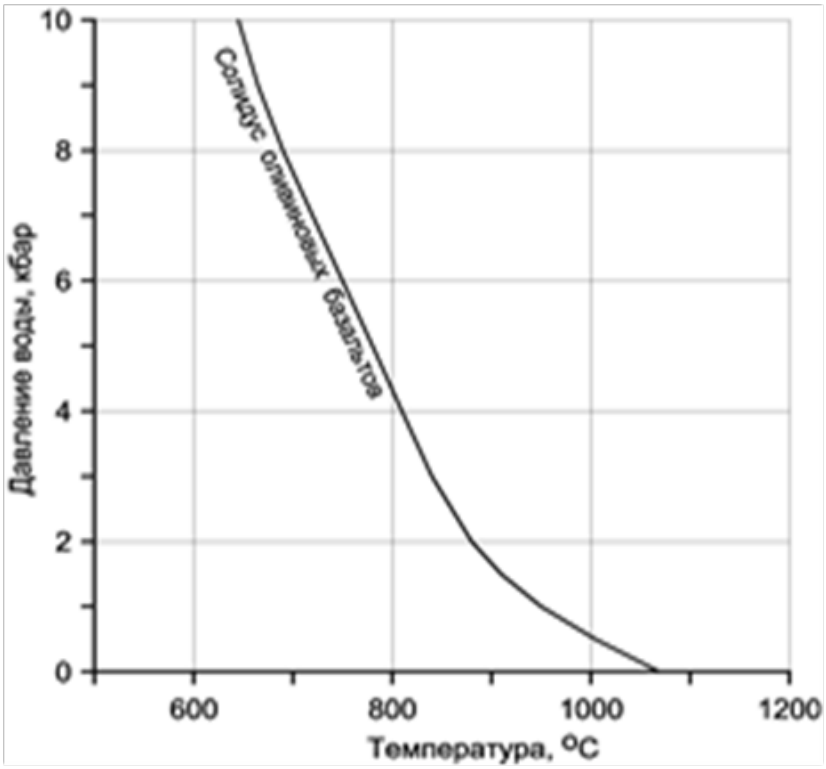


Рис. 99. Кривая солидуса оливиновых базальтов в зависимости от давления (содержания) воды, растворенной в базальтовом расплаве, по Х. Йодеру [1979]. При кристаллизации базальтов происходит выделение растворенной в базальтовых расплавах воды.

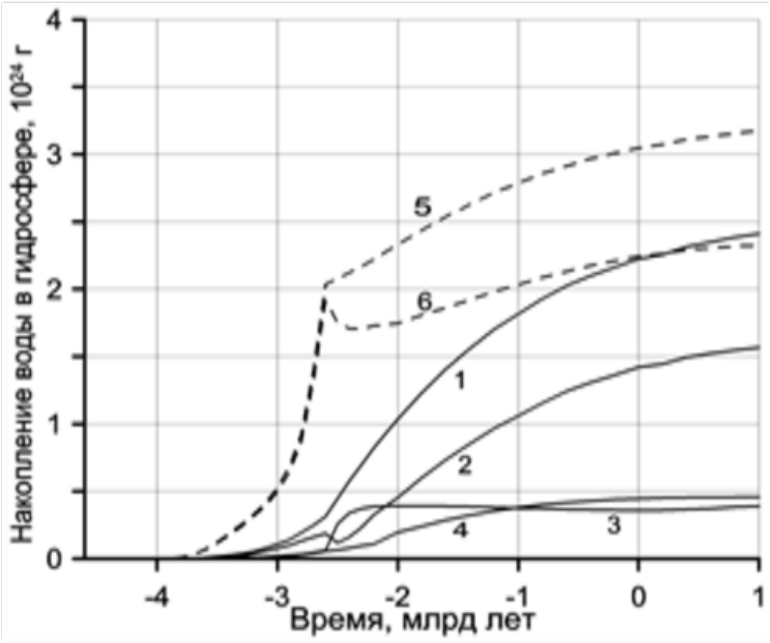


Рис. 100. Накопление воды в гидросфере Земли: 1 – суммарная масса дегазированной из мантии воды; 2 – масса воды в океане; 3–4 – масса воды, связанная в океанической и континентальной коре; 5–6 – масса дегазированной из мантии воды и в океане в гипотетическом случае отсутствия ее диссоциации в зонах дифференциации земного вещества в архее.

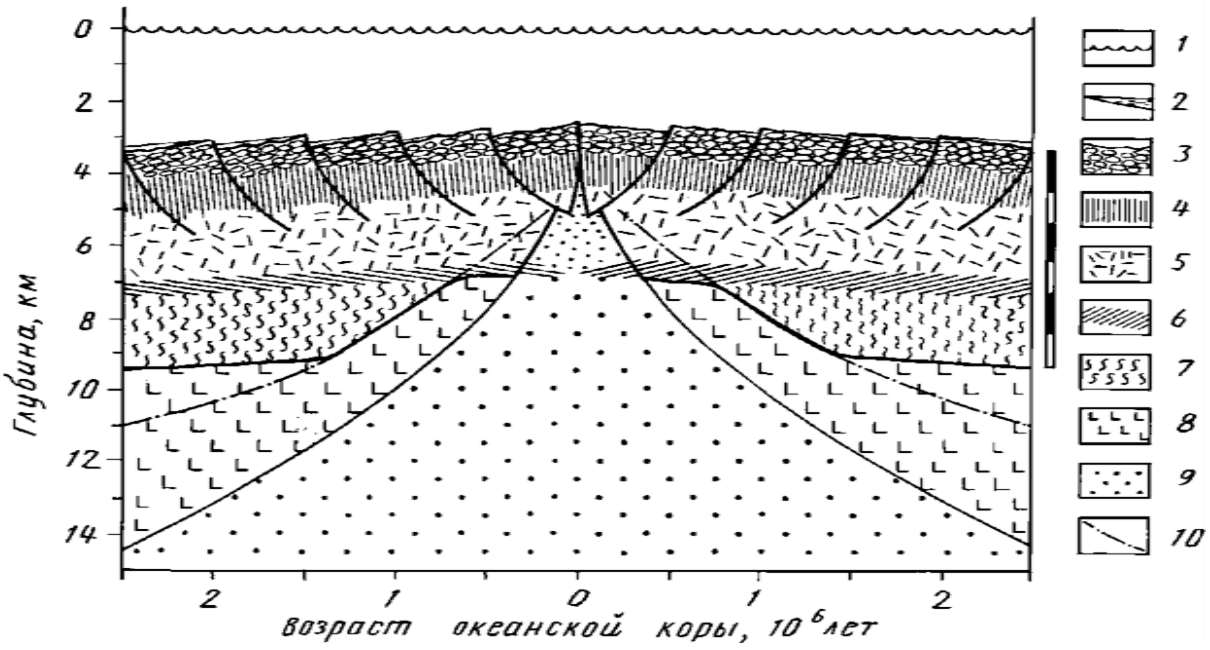


Рис. 101. Строение рифтовой зоны и океанической коры: 1 – уровень океана; 2 – осадки; 3-6—офиолитовый комплекс; 3-базальтовые лавы; 4 – дайковый комплекс, долериты; 5 – габбро; 6 – расслоенный комплекс; 7 – серпентиниты; 8 – лерцолиты литосферных плит; 9 – астеносфера; 10 – изотерма 500 °С (начало серпентинизации).

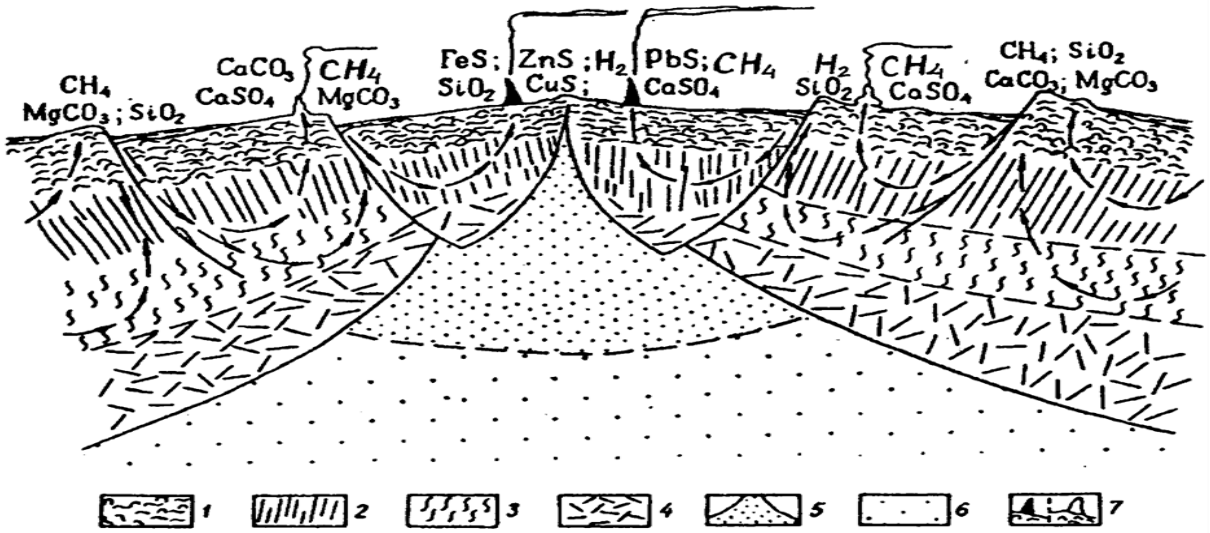


Рис. 102. Картина формирования океанической коры и геохимия гидротермальных процессов в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов: 1 – базальты (подушечные лавы); 2 – долеритовые дайки; 3 – серпентинитовый слой; 4 – подкоровый слой литосферы; 5 – магматический очаг под гребнем срединно-океанического хребта; 6 – астеносфера; 7 – постройки черных и белых "курильщиков"; стрелками показаны пути движения океанических вод в теле океанической коры.

После выделения земного ядра и существенного снижения тектонической активности Земли, в раннем протерозое возник серпентинитовый слой океанической коры – главный резервуар связанной воды на Земле. Гидратация ультраосновных пород сопровождается поглощением углекислого газа и образованием карбонатов -доломитов раннего протерозоя. Атмосфера стала почти чисто азотной. Климатической реакцией на эти события стало резкое похолодание и возникновение первой в истории Земли крупной ледниковой эпохи (Гуронского оледенения). Весь протерозой климат оставался прохладным, но в фанерозое он вновь потеплел, в основном благодаря биогенной генерации кислорода. Выяснилось, что основная масса эндогенных полезных ископаемых в континентальной коре могла формироваться только благодаря действию многоступенчатого процесса обогащения коры рудными элементами. При этом первая ступень происходит в рифтовых зонах на океаническом дне (рис. 101, 102).

Водный баланс в истории Земли существенно менялся. В Prt_1 океан покрывал всю земную поверхность и имел среднюю глубину 1 км. Концентрация воды в континентальной коре составляла 0,6%.; мощность пелагических осадков – 80 м; скорость дегазации достигла 1,68 км3/год. В архее океанов не было; существовали только изолированные мелководные бассейны (80-200м). Зарождающиеся ядра континентальных массивов возвышались до 6 км над уровнем морей (рис. 103).

После насыщения водой серпентинитового слоя (2,5 млрд. л. назад) уровень океана стал расти со скоростью 1см/5тыс. л. За первый млрд. л. он поднялся на 1,8 км над гребнями срединных хребтов. К настоящему времени эта цифра достигла 4,5км. Со среднего архея режим выплавления континентальной коры стабилизировался, что отразилось и на соотношения изотопов: $^{87}Sr/^{86}Sr$ и K_2O/N_2O. Эти параметры пропорциональны содержанию связанной воды в континентальной коре (рис. 104-107).

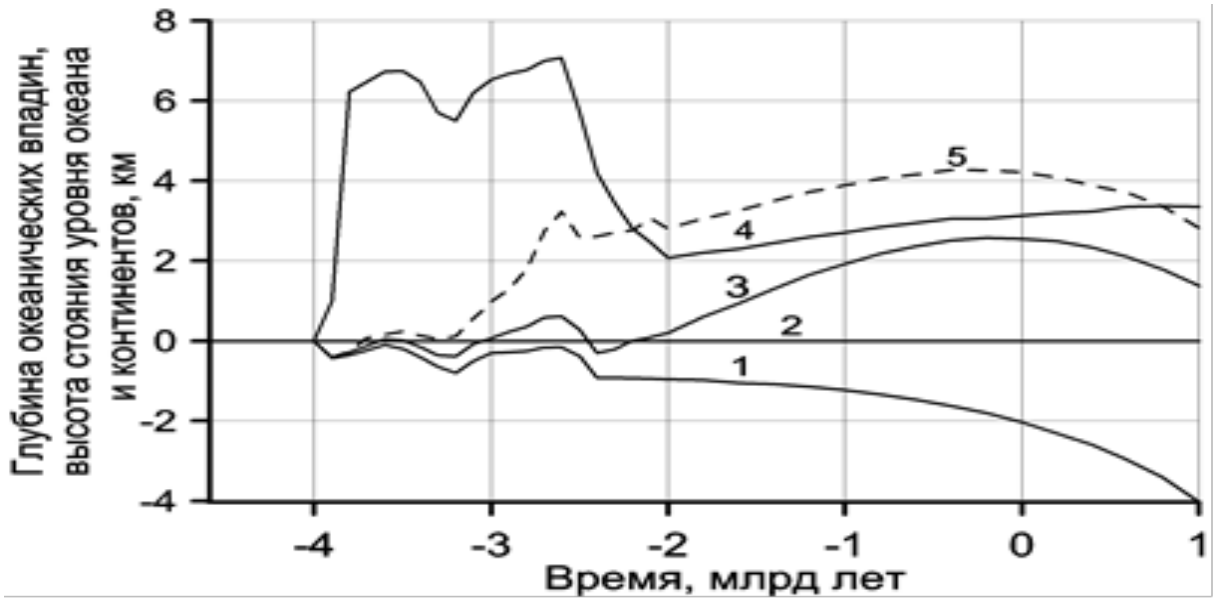


Рис. 103. Эволюция положений поверхностей океанов и континентов по сравнению со средним уровнем стояния гребней срединно-океанических хребтов: 1 – средняя глубина океанических впадин; 2 – уровень стояния гребней срединно-океанических хребтов; 3 –высота поверхности Мирового океана; 4 – средняя высоты стояния континентов (по отношению к высоте гребней срединно-океанических хребтов); 5 – положение уровня океана в случае, если бы в архее не происходило диссоциации воды на расплавах железа.

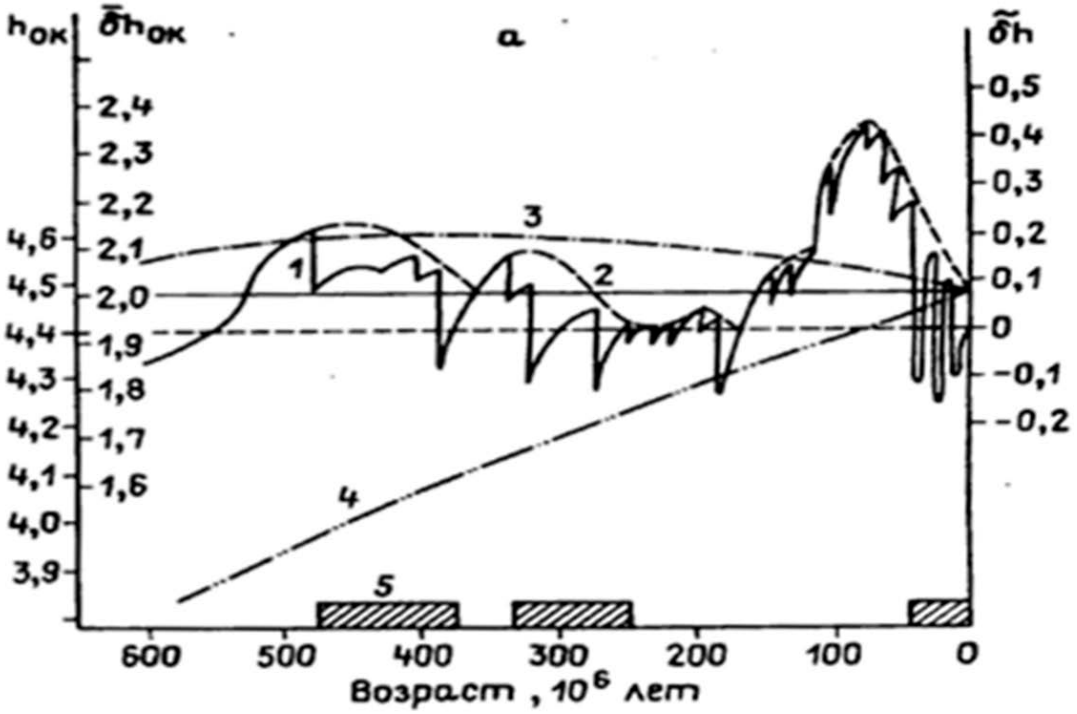


Рис. 104. Эвстатические колебания уровня Мирового океана в фанерозое: 1 – по работе [Vail et al., 1976]; 2 –осредненная (огибающая) кривая; 3 – кривая эволюционного изменения уровня океана; 4 – кривая эволюционного увеличения глубины океана, отсчитываемой от среднего уровня стояния гребней срединно-океанических хребтов; 5 – периоды оледенений.

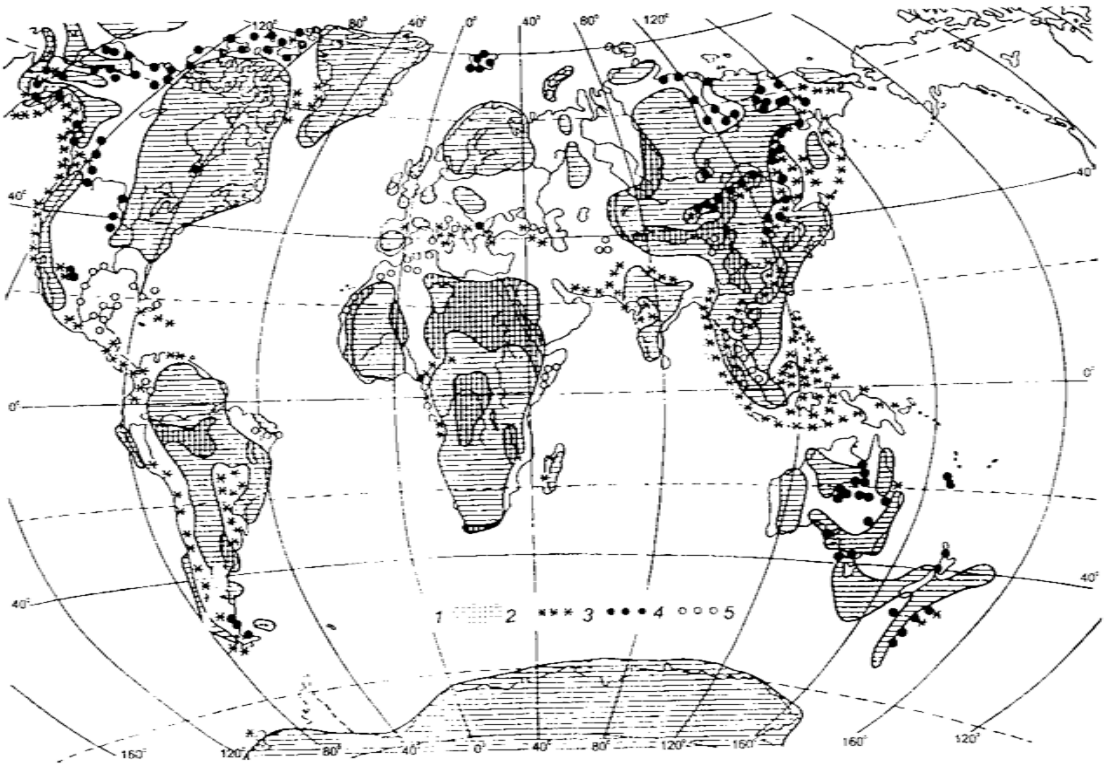


Рис. 105. Океан в меловой период.1 – суша; 2 – накопление континентальных отложений; 3 - вулканизм; 4 – угленакопление; 5 – эвапориты(по А.С. Монину, 1977).

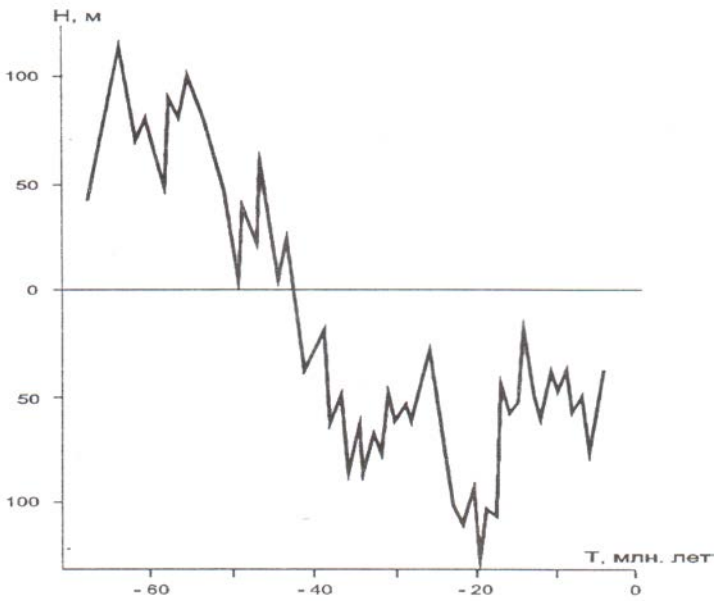


Рис. 106. Изменение уровня океана в кайнозое (по Р.К. Матьюсу, 1990).

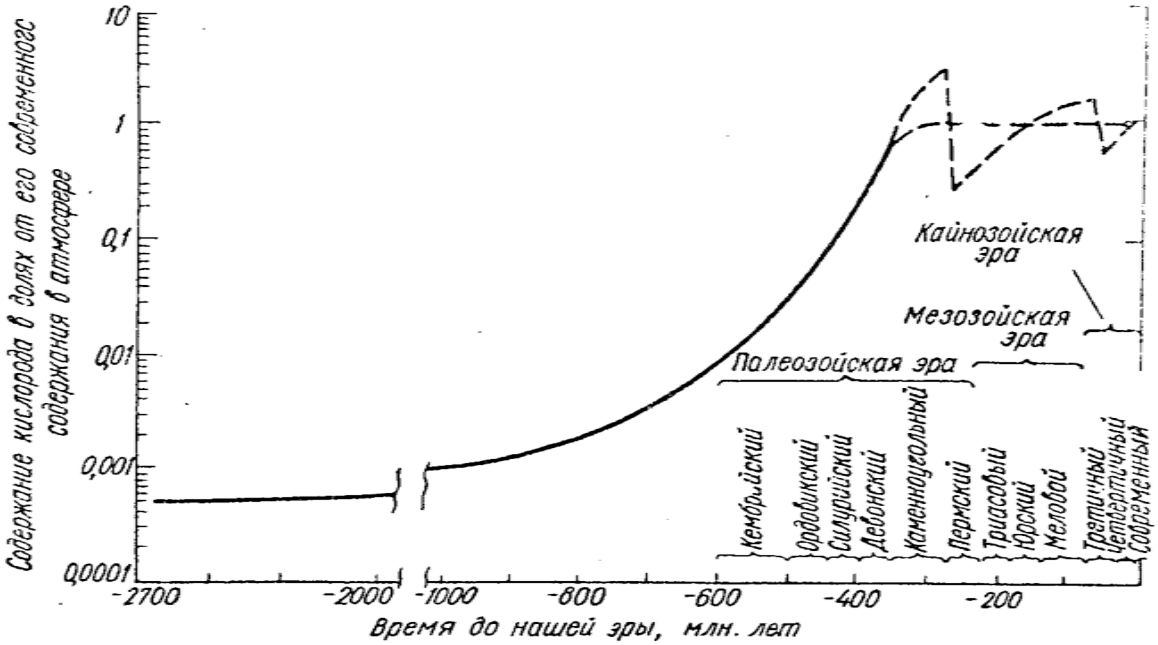


Рис. 107. Изменение содержания кислорода в атмосфере в ходе эволюции Земли (из Л.Беркнера и Л.Маршалла, 1965).

Глобальные трансгрессии моря на континенты происходят по 4 причинам:

1. За счет дегазации мантии масса воды постоянно растет. За 4,5млрд.л. уровень океана поднялся на 4,5км.
2. Благодаря эволюционным изменениям тектонической активности Земли. Длительность 0,8-1,0 млрд.л. Вариации уровня океана 1-2 км.
3. В связи с перестройкой химико-плотностной конвекции в мантии. Периоды 100 млн.л. Амплитуды уровня океана 200-400м.
4. Возникновение и таяние ледников на полюсах Земли приводит к эвстатическим колебания уровня океана (100-150м.) за несколько тысяч лет (до 100 тыс.л.).

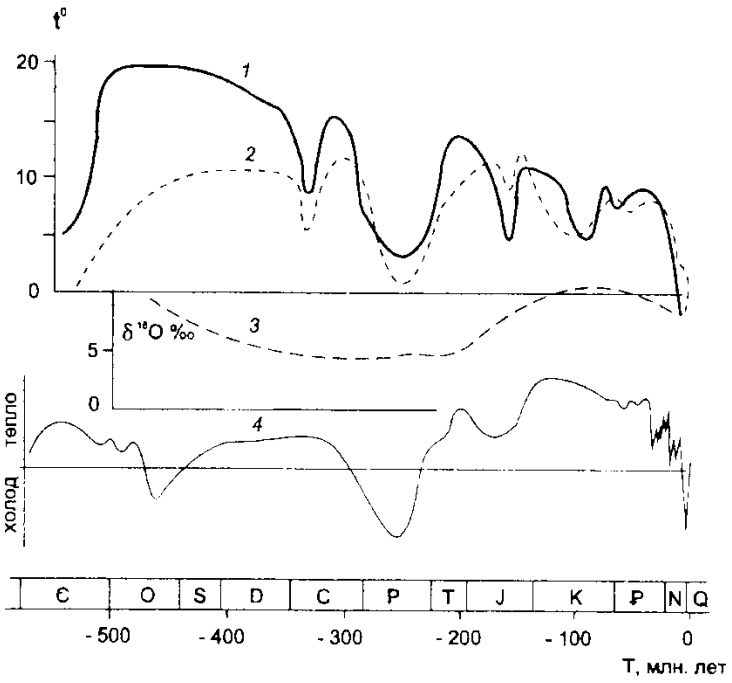


Рис. 108. Изменения климатических условий фанерозоя.

1 – на основе анализа комплекса геолого-географических факторов; 2 – на основе исследования ископаемых остатков фауны и флоры по С. Бруксу (1952); 3 – по изучению отношения изотопов кислорода в известняках (Keith and Weber, 1965); 4 – на основе анализа палеоклиматов прошлого (Frakes, 1979).

Последний грандиозный юрско-меловой всплеск тектонической активности Земли был связан с распадом суперконтинента Пангея и образованием Атлантического, Индийского и Северного Ледовитого океанов.

Состав вод Мирового океана в течение всего фанерозоя был стабилен – 35 г/1 кг воды (в %): хлориды – 88,7; сульфаты – 10,8; карбонаты – 0,3; соединения N, Si, Сорг. Он резко отличался от речных вод: хлориды – 5; сульфаты -10; карбонаты – 60; соединения N, Si, Сорг. – 25.Согласно расчетам В.М. Гольдшмита и А.П. Виноградова, вся анионная (хлор, бром и др.) часть солей образовалась при дегазации вулканов, а катионная – при выветривании горных пород.

Существенное влияние на формирование и эволюцию гидросферы оказывал климатический фактор (рис. 108).Тенденциям к понижению температур способствовало увеличение наклона оси и приливное замедление скорости вращения Земли (В девоне продолжительность года – 397 дней, в перми-карбоне - 385 суток). Понижению температур также способствовало расширение и возвышение континентов.

Криогенная зона Земли

Криосфера, важная составляющая часть гидросферы, сложенная водой в твердом состоянии, широко развита в поверхностной и внешней оболочках Земли: ледники (11%) и ледниковые покровы (22%), морские (7%) и атмосферные (100%) льды, снежные покровы (14%) и айсберги (19%) (рис. 109, 110). Ледниковые отложения появились на ранних этапах эволюции нашей планеты и со временем имеют четкую тенденцию к увеличению от 0,1 % в протерозое до 40% в кайнозое.

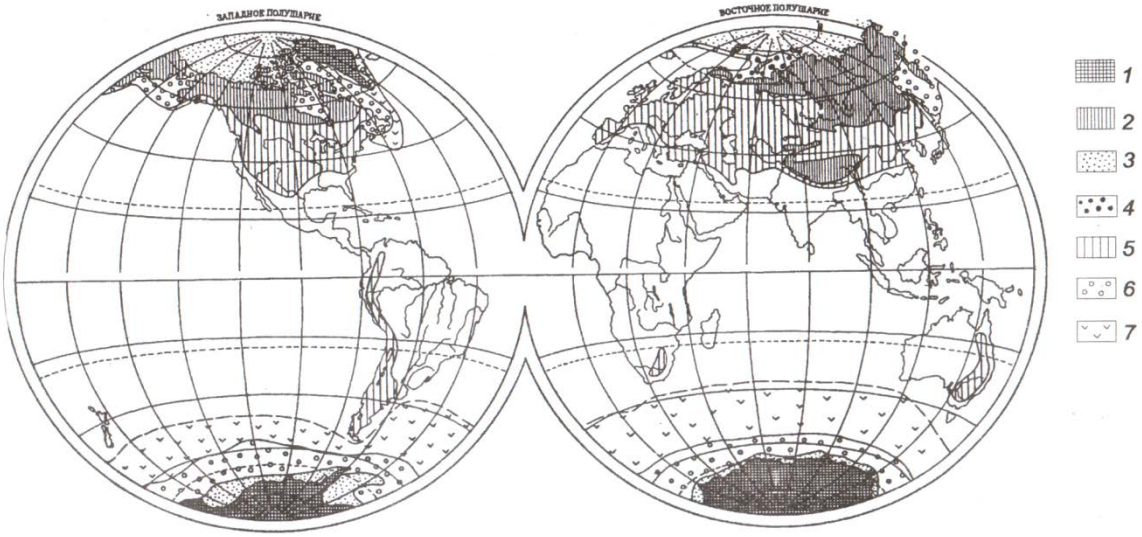


Рис. 109. Криогенная зона Земли (Р.К.Клиге и др.,1998). Устойчивая: 1-2 - криогенная зона суши (1 – районы с наземным оледенением, 2 – районы с подземным оледенением); 3-4 – криогенная зона моря (3 – районы с многолетним ледовым покровом и преобладанием постоянно отрицательнотемпературных водных масс, 4 – районы с сезонным ледовым покровом и постоянно отрицательнотемпературными природными водами в арктических морях); Сезонная: 5 – районы сезонного промерзания и распространения снежного покрова на суше; 6 – районы сезонного ледового покрова в море; 7 – области максимального распространения айсбергов.

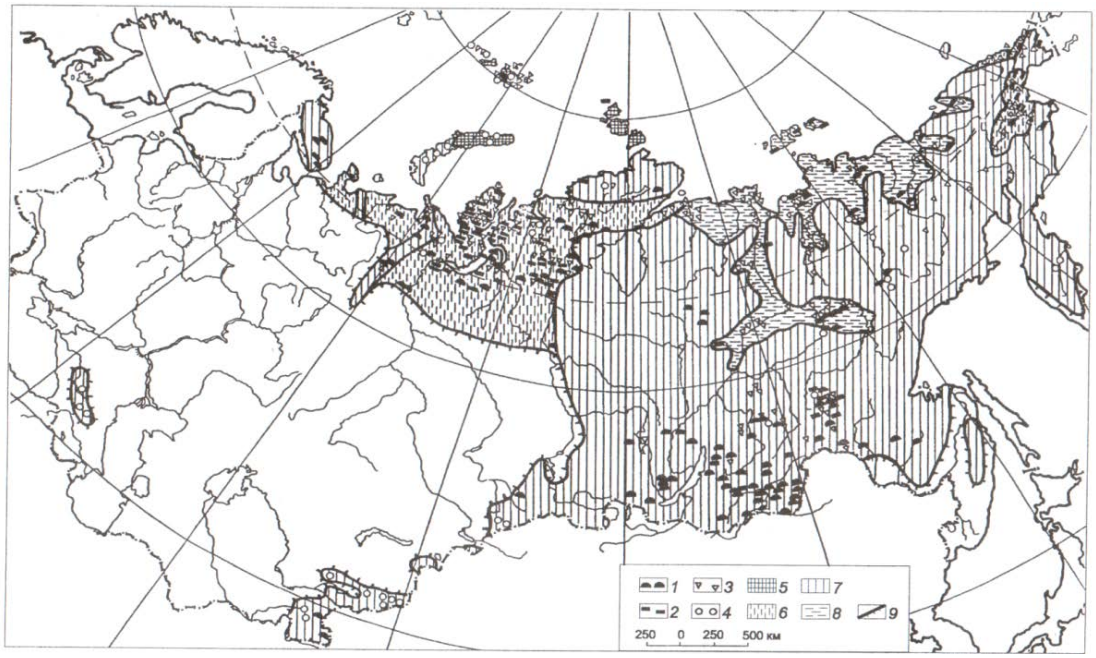


Рис. 110. Основные типы мерзлых толщ и подземных льдов на территории стран СНГ (Р.К.Клиге и др.,1998).

1 – льды бугров пучения; 2 – пластовые залежи внутригрунтового льда; 3 - полигонально-жильные льды; 4 – подземные льды сложного генезиса; 5 – наземные ледники; 6-7 – эпикриогенные толщи (6 – сложенные рыхлыми, преимущественно бассейновыми отложениями, 7 – сложенные скальными породами); 8 – синкриогенные толщи; 9 – граница распространения многолетнемерзлых толщ горных пород.

В фанерозое горно-долинное оледенение образовалось в Антарктиде на границе эоцена и олигоцена(40 млн.л.), а покровное – возникло только в позднем олигоцене (25-30 млн.л.). В миоцене и начале плиоцена оно достигло максимума, превышающее современное состояние на15-20 %. Северное покровное оледенение (Аляска, Гренландия, Исландия) возникло в среднем-позднем плиоцене (2,4-0,7 млн.л). Морское оледенение Арктического бассейна развивалось с 4-7 млн.л.

Согласно исследованиям С.Л. Шварцева (2003, 2010, 2013), с появлением воды на Земле возникла новая грандиозная эволюционная линия в развитии неживой материи - неравновесно-равновесная система вода-порода, обладающая способностью к самопроизвольной, непрерывной, геологически длительной самоорганизации с образованием новых минеральных фаз и геохимических типов воды. Эта система в пределах земной коры (при $T < 400^0C$) развивается постоянно в условиях, далеких от равновесия, относится к объектам с неравновесной организацией и образует абиогенные диссипативные структуры, играющие особую роль в самоорганизации косной материи.

Вторичные минералы формируются в определённом геохимическом типе воды, образуя парагенетическую гидрогенно-минеральную ассоциацию. Наиболее ярким примером является взаимодействие воды с базальтами, конкретно с анортитом. Последовательно образуются: гиббсит – каолинит – монтмориллонит – кальцит – хлорит – флюорит – ломонтит и вторичный альбит (рис. 111). Вода одновременно находится в равновесии с гипергенными новообразованиями и в контрастно неравновесном состоянии с магматическими породами.

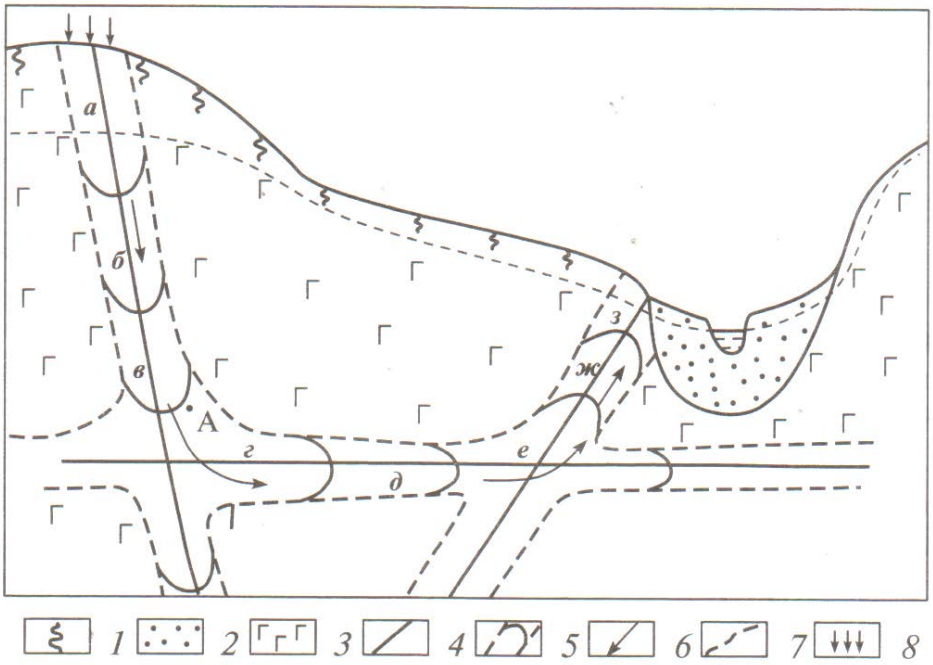


Рис. 111. Схема движения подземных вод с образованными ими зонами вторичных минералов (по С.Л. Шварцевой, 2013).

1 – почвы; 2 – песчано-глинистые породы; 3 – магматические породы; 4 – зоны тектонических нарушений; 5 – зоны преобразованных пород; 6 – направление движения подземных вод; 7 – уровень подземных вод; 8 – область питания подземных вод

а – гиббсит; б – каолинит; в – монтмориллонит; г – кальцит; д – хлорит; е - флюорит; ж – ломонтит; з – альбит.

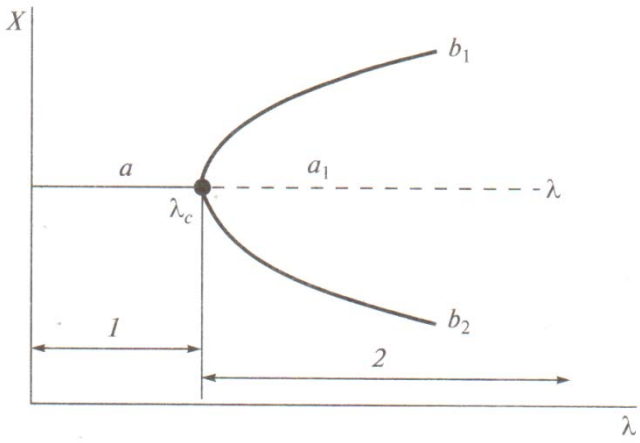


Рис. 112. Диаграмма бифуркации, показывающая влияние управляющего параметра (λ) на переменную сост ояния (x) (по С.Л. Шварцевой, 2013).

Термодинамические ветви: а, $в_1$, $в_2$ – устойчивые, a_1 – неустойчивая; λ_c – точка бифуркации; области решений: 1 – единственное, 2 – множественные.

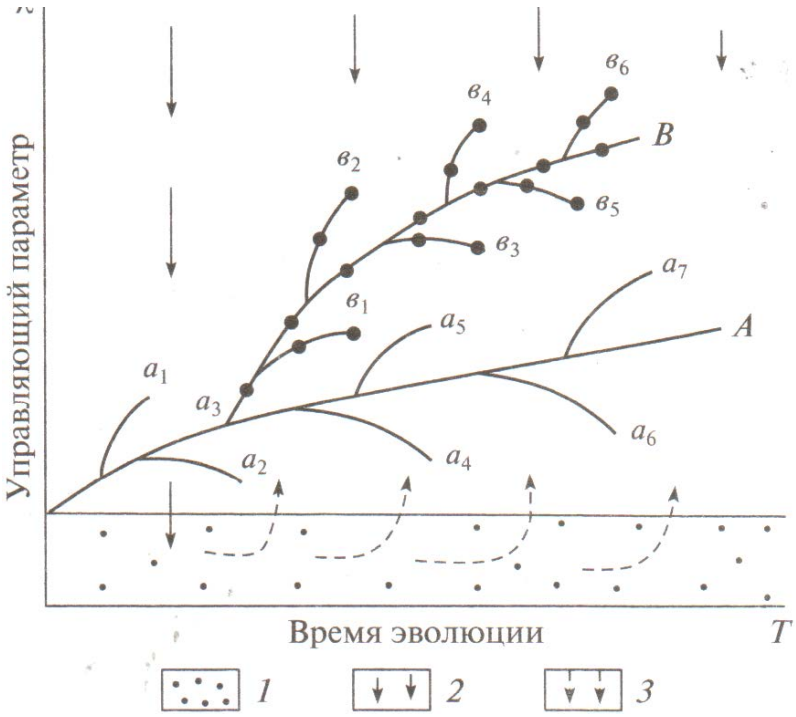


Рис. 113. Схематическое изображение глобальной эволюции с позиций синергетики (по С.Л. Шварцевой, 2013).

Термодинамические ветви систем: А – вода-порода, В – вода – органическое вещество; дочерние системы: a_1 – a_n – ветви А, $в_1$ – $в_n$ – ветви В; 1 – исходная горная порода (базальт); 2 – вода, поступающая из внешнего источника; 3 – вода после взаимодействия с базальтами.

В этом процессе аккумулируется солнечная энергия и возникает энергетический уровень с меньшей энтропией. В основной массе образуются глинистые минералы, насыщенные волосными водами (>50-80%). С.Л.Шварцев допускает, что глобальная эволюция неживой материи предшествовала появлению живой (рис. 112-113).

Водные ресурсы

Природные воды являются важнейшим природным ресурсом, без которого невозможна жизнь на нашей планете. Главные области их использования: 1) Хозяйственно-питьевое; 2) лечебные минеральные воды; 3) промышленные воды; 4) теплоэнергетические воды (Иванов В.В., Невраев Г.А., 1964).

По мнению В.А.Всеволожского, «Месторождение подземных вод – балансово-гидродинамический элемент подземной гидросферы, в пределах которого возможно получение (отбор) подземных вод определенного состава и качества в количестве, достаточном для их экономически целесообразного использования». Это определение следовало бы распространить на всю доступную для хозяйственной деятельности человека гидросферу.

Хозяйственно-питьевые водные ресурсы

Речь идет о пресных (минерализация <1,0г/л) водах используемых для коммунальных нужд, промышленных предприятий и сельского хозяйства. Качество вод для каждой сферы применения регламентируется ГОСТами (табл. 6).

Россия располагает общим объёмом пресных подземных вод в руслах рек и озер - 25 тыс.км^3 (рис. 114, рис. цв. 115-117). Только в озере Байкал – 23 тыс. км^3. Средний годовой объём речного стока равен 4043 км^3. В водохранилищах запасы пресных вод составляют 338,6 км^3.Эти ресурсы распределены по территории России крайне неравномерно. Большая масса их сосредоточена в северных и восточных регионах страны. В среднем по России: 1) прогнозные ресурсы равны 1098 млн.м^3/сутки; 2) эксплуатационные запасы – 89378,8 тыс.м^3/сутки. Однако степень достоверности этих данных крайне низка.

Лечебные минеральные воды

Минеральные воды, обладающие бальнеологическими свойствами, относятся к категории лечебных (Бондаренко С.С., Куликов Г.В., 1984). В их составе в оптимальных терапевтически активных концентрациях содержатся различные минеральные, органические и радиоактивные вещества. Наиболее важные компоненты: CO_2, H_2S, Fe, As, Br, I, H_4SiO_4, Rn, органические вещества. В таблицах № 7-9 приведены данные о допустимых содержаниях вредных и токсичных элементов в лечебных водах.

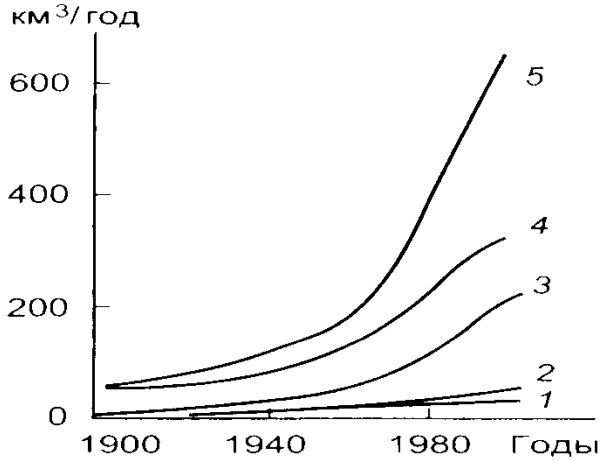


Рис. 114. Рост водопотребления в России и СССР в 20 веке (по И.А.Шикломанову). 1- водохранилища; 2 - коммунальное хозяйство; 3 - промышленность; 4 – сельское хозяйство; 5 – общее.

Таблица 6. Нормативы качества питьевых вод (СанПин 2.1.4.559-96).

Показатели качества воды		**Норматив, ПДК, не более, мг/л**
Группа	**наименование**	
Микробиологические	Число микроорганизмов в 1 мл	100
	Число бактерий кишечной палочки в 1 мл (колииндекс)	3
Токсикологические	Алюминий остаточный	0,5
	Бериллий	0,0002
	Молибден	0,25
	Мышьяк	0,05
	Нитраты (по NO_3)	45,0
	Свинец	0,03
	Селен	0,001
	Стронций	7,0
	Фтор для различных климатических районов	1,2 - 1,5
	Полиакриламид	2,0
	Кадмий (суммарно)	0,001
	Никель (суммарно)	0,1
Химические, влияющие на органолептические свойства	pH	6,0 – 9,0
	Железо	0,3 (1,0) мг/л
	Жесткость общая	7 (10) мг-экв
	Марганец	0,1 (0,5) мг/л
	Медь (суммарно)	1,0
	Цинк (Zn^{2+})	5,0
	Полифосфаты (PO_4^{3-})	3,5
	Сульфаты	500
	Хлориды	350
	Сухой остаток	1000 (1500)
	Запах при 20°С и при нагревании до 60°С	2 балла
	Вкус и привкус при 20°С	2 балла
	Цветность	20 градусов
	Мутность по стандартной шкале	1,5 мг/л

Влияние минеральных вод на здоровье человека связано с особенностями функционирования его систем жизнеобеспечения. В частности, плазма крови является хлоридным натриевым раствором, содержащим белки и другие органические вещества.

Её формула:

$$\frac{Cl\,66HCO_3 19}{Na92(Ca+Mg)}$$

Краткая характеристика лечебных вод (по данным В.А.Всеволожского, 2004 и В.В. Иванова, Г.А. Невраева,1964).

Выделяют 8 основных бальнеологических групп:

1. Углекислые;
2. Сульфидные (CH_4, N_2, CO_2);

3. Железистые, мышьяковистые и др.(N_2, CO_2);
4. Бромные, йодобромные и йодные (N_2, CH_4);
5. С повышенным содержанием органических веществ и N_2, CH_4;
6. Радоновые (N_2, CO_2);
7. Кремнистые термальные (N_2,CH_4, CO_2);
8. Обширная группа с различными по составу микрокомпонентами и величинами минерализации. Выделяют подгруппы: Московскую (SO_4-Ca, $M_{3,9}$); Баталинскую (SO_4-Na, M_{20}), Старорусскую (Cl-Na, M_{20})и др.

Углекислые воды (CO_2 - для питья > 0,5, а для ванн – >1,4 г/дм^3). Углекислота благотворна для желудка и сердечно-сосудистой системы. Месторождения формируются в областях альпийской складчатости и современного вулканизма. Существует более 30 типов вод – от пресных гидрокарбонатных и сульфатно-гидрокарбонатных до хлоридных с минерализацией до 90 г/дм^3.

Таблица 7. Основные показатели и нормы оценки минеральных лечебных вод (по В.В. Иванову и Г.А. Невраеву, 1967).

Показатели	Критерий (не менее)
Минерализация, г/л	2,0
Газонасыщенность, мл/дм3	50
CO2,г/дм3	1,4 (купальные) 0,5 (питьевые)
H2S	10
As	0,7
Fe4O3	20
Br	25
I	5
H2SiO3 + HSiO3-мг/дм3	50
Rn,нКи/дм3	5

Таблица 8. Предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых токсичных и вредных веществ для питьевых минеральных вод.

Компонент	ПДК, мг/дм^3	
	Лечебно-столовые воды	Лечебные воды
As	1,5	3,0
F	5,0	8,0
V	0,4	0,4
Hg	0,02	0,02
Pb	0,3	0,3
Sc	0,05	0,05
Cr	0,5	0,5
Ra	$5\cdot10^{-7}$	$5\cdot10^{-7}$
U	0,5	0,5
NO_2	2,0	2,0
NO_3	50,0	50,0
NH_4	2,0	2,0
Органические вещества (в сумме)	10,0	30,0

Фенолы	0,001	0,001

Таблица 9. Суточная потребность макро- и микроэлементов для нормальной работы организма и их содержание в отдельных минеральных водах. Сайт: www.водыздоровья.рф.

	Суточная потребность организма в макро- и микроэлементах (мг)												
	K	Na	Ca	Mg	J	Si	Se	Zn	F	Cl	SO_4	HCO_3	Общая минерализация
	1850	1100-3300	800-1200	350-400	0,1-0,2	30	0,05-0,2	12-15	2-3				
Название вод	Наличие вышеуказанных элементов в мг/л												
Боржоми	28	1498,4	120,0	46,7						388,4	6,9	3952,0	6000
Ессентуки № 17	11,2	3687,4	139,2	70,8	1,3					2532	2,8	6246,4	12700
Ессентуки № 4	14,3	2278,4	143,2	53,6						1589,2	1,2	4050,1	8200
Новотерская целебная	700-1200		300-400	<100		30-90				300-400	900-1700	1000-2000	5500
Липецкая	21	1190	101,8	46,8						900,0	1470,0	262,0	4000
Кармадон	24	1000	54,0	5,4						1414,0	7,4	484,8	3200
Нарзан	16,7	171,8	455,7	86,4						133,2	498,3	1452,0	2900
Донат Mg	20	1460	420	1080		118			0,1	67	2200	7800-8000	13300
Sulinka	29	600-900	240	280	<0,1	34	0,005		2,6	45-60	10	4300-5500	6000
Sulinka Si		150-300	200	190	<0,1	93			0,8	<25	10	1900-2000	2500
Stelmas $MgSO_4$	25	769	350-380	315-380	<0,1	13	0,005		0,6	427-500	2670	610-760	3500
Stelmas Zn, Se	5	<20	25-130	5-65	0,125		0,005	4,5-5,0		40-80		200-300	<1000
BioVita	20	<100	<130	20-30		15-25				40-60	40-45	300-450	<1000
Vittel	4,9	3,7	91	19,9						3,7	105	258	520
Evian	10		70-90	20-40						10	15	340-370	300-750
S.Pellegrino	2,0	34	179	52						55	445	239	1000

К этой категории относятся самые знаменитые нарзаны, боржоми и ессентуки Кавказских и Забайкальских курортов.

На Кавказе эти воды формируются в известняках и доломитах С и Pg возраста, залегающих на палеозойских гранитах и сланцах. В качестве примеров отметим формулы некоторых наиболее распространенных типов вод.

Нарзанами называют углекислые холодные или теплые пресные и слабосолоноватые воды гидрокарбонатного (SO_4— HCO_3, HCO_3 — SO_4), реже сульфатного, кальциевого (Na — Ca, Mg — Ca) состава.

Курорт Кисловодск, источник Нарзан

$$CO2\ 2{,}0\ M2{,}3\ \frac{\mathrm{HCO_3}, 60, SO_4\ 29, \mathrm{C1}\ 11}{\mathrm{Ca}\ 60, Mg\ 23, Na\ 17} pH\ 6{,}3\ t\ 13$$

Курорт Дарасун, скв. 7/57, глуб. 200 м, вмещающие породы – песчаники, конгломераты I

$$CO2\ 3{,}2\ Fe\ 0{,}18\ M\ 1{,}2\ \frac{HCO_3\ 88, SO_4\ 9}{Ca\ 51, Mg\ 27} pH\ 6{,}0, t\ 2{,}8\ D\ 3{,}3$$

Пятигорск, скв. 16, глуб. 173 м, вмещающие породы – известняки K_2

$$CO2\ 0{,}65\ H2S\ 0{,}01\ H2SiO3\ 0{,}08\ \mathrm{M}\ 6{,}8\ \frac{C1\ 41, HCO_3\ 36, SO_4\ 23}{Ca\ 51, Mg\ 27} pH\ 6{,}7\ t\ 47$$

Боржоми – характерный «содовый» тип углекислых вод – получил свое название от одноименного курорта в Грузии:

Боржоми, скв.1, глуб. 197 м, вмещающие породы – флиш P_1

$$CO2\ 1{,}1\ H2SiO3\ 0{,}029\ M\ 6{,}1\ \frac{H_3\ 85, C114}{(Na+K)63, Ca\ 30} pH\ 6{,}7\ t\ 34\ D\sum 3{,}4.$$

Курорт Ессентуки, скв. 17, глуб. 124 м, вмещающие породы – мергели, песчаники P_1

$$CO2\ 2{,}6\ M\ 13{,}0\ \frac{HCO_3\ 60, Cl\ 40}{(Na+K)\ 93, Mg\ 3} pH\ 6{,}8\ t\ 12{,}5\ D\sum 0{,}17.$$

Сульфидные (сероводородные) воды способствуют восстановлению биоэнергетических ресурсов клеток и используются для лечения сердечно-сосудистых, нервных, кожных и др. заболеваний. Основной бальнеологический компонент H_2S (концентрация среди растворенных газов 1%) преимущественно биохимического происхождения. Состав вод формируется в межпластовых горизонтах артезианских бассейнов (Северо-Двинский, Волго-Камский, Сочи-Адлерский, Приазовский и др.). Старейший в России в районе курорта Сочи источники Мацесты расположены в толще трещиноватых битуминозных известняков J_3 и C, перекрытых Kz глинистыми толщами. Запасы сульфидных вод составляют более 4000 $м^3$/сут.

Железистые, мышьяковистые и других металлов воды (N_2, CO_2) используются при лечении железодефицитных анемий («малокровия»). Среди азотных железистых вод выделяются слабожелезистые и высокожелезистые. К первым относится Полюстрово (С.-Петербург) и Марциальные воды (Карелия), а ко вторым воды из зоны окисления сульфидных руд месторождения Гай (Оренбургская область).

С.-Петербург, скв. Полюстровская, глуб. 41 м, вмещающие породы – гравийные пески Q

$$Fe\ 0{,}033\ M\ 0{,}3\ \frac{HCO_3\ 46, Cl\ 34, SO_4\ 26}{Ca\ 38, Fe\ 34}$$

Курорт Марциальные воды, скв. 3-К, глуб. 6 м, вмещающие породы – морена Q, пиритизированные сланцы PT

$$Fe\ 0{,}095\ M\ 0{,}7\ \frac{SO_4\ 71, HCO_3\ 26}{Mg\ 36, Fe\ 31, Ca\ 28} pH\ 6{,}5\ t\ 5{,}0$$

Курорт Гай, скв. 47, глуб. 50 м, вмещающие породы – кварцевые песчаники J_2

$$Fe\ 0{,}155\ M\ 4{,}2\ \frac{SO_4\ 80, C119}{Na\ 54, Al\ 17, Fe\ 14} pH\ 5{,}4$$

Сульфидные (сероводородные) воды способствуют восстановлению биоэнергетических ресурсов клеток и используются для лечения сердечно-сосудистых, нервных, кожных и др. заболеваний. Основной бальнеологический компонент H_2S (концентрация среди растворенных газов 1%) преимущественно биохимического происхождения. Состав вод формируется в межпластовых горизонтах артезианских бассейнов (Северо-Двинский, Волго-Камский, Сочи-Адлерский, Приазовский и др.). Старейший в России в районе курорта Сочи источники Мацесты расположены в толще трещиноватых битуминозных известняков J_3 и C, перекрытых Kz глинистыми толщами. Запасы сульфидных вод составляют более 4000 $м^3$/сут.

Бромные, йодобромные и йодные (с N_2, CH_4) воды пригодны для питья. Используются для лечения сосудистой и нервной систем. Месторождения располагаются в глубинных частях артезианских структур.

Курорт Усть-Качка (Пермская область), скв. 4, глуб. 1312 м, вмещающие породы – песчаники аргиллиты C_1

$$H2CH4Br\ 0{,}7\ I\ 0{,}01\ M271\ \frac{C1100}{(Na+K)72, Ca\ 20} pH\ 6{,}0\ t\ 23\ D\ 1{,}15.$$

Радоновые воды широко используются при лечении опорно-двигательного аппарата. Содержание радона должно превышать 5 нКи/дм3. Они развиты в пределах древних и современных мобильных поясов, где ассоциируют с гранитоидными комплексами с радиевой минерализацией. Установлено 3 типа месторождений: 1. Кора выветривания кислых пород; 2. Под экранами, перекрывающими блоки трещиноватых пород; 3. В эманирующих коллекторах.

Первый тип представлен кислородно-азотными, слабо минерализованными водами, в которых радон единственный бальнеологический компонент (Увельды, Челябинская область).

Два других типа являются комплексными, где важную роль играют CO_2, $H_4Si.O_4$,F^{2+} и др. компоненты. (Пятигорское месторождение, ассоциирующее с риолитовым лакколитом горы Машук. Здесь радон во вторичных травертинах).

Кремнистые термальные воды с N_2, CH_4, CO_2

Основной бальнеологический компонент кремнекислота (H_2SiO_3>50мг/дм3). Применяют для лечения нервных, кожных, сосудистых болезней, а также заболеваний

суставов, мышц, тромбофлебитов и др. Особенности этого типа вод: 1. низкая минерализация (до 1,5 г/дм^3.); 2. щелочная реакция (pH до 9,8); 3. преобладание Na в катионном и анионном составе; 4. наличие фтора.

Тбилиси, «Старые термы», скв. 8, глуб. 82 м, вмещающие породы – туфогенные отложения P_2

$$(N2CH4)H2S\ 0{,}014, H2SiO3\ 0{,}034, M\ 0{,}3\frac{CO_3\ 39\ Cl\ 33\ SO_4\ 19}{(Na+K)81\ Ca\ 15}pH\ 9{,}2\ t\ 37\ D\sum 21{,}0$$

Промышленные воды

Промышленными называются воды, содержащие компоненты в концентрациях, обеспечивающих их рентабельную добычу и переработку с использованием современных технологий в качестве минерального сырья для народного хозяйства (табл. 10-11). Они являются основными источниками получения йода (100%) и брома (60-70%). Кроме того, из минерализованных вод извлекают: Li, Rb, Cs, K, Mg, Ra, Sr, He, Re, поваренную соль, сульфат натрия. Весьма перспективно получение широкого спектра редких, рассеянных, редкоземельных и радиоактивных элементов из рудничных вод на действующих горных предприятиях.

Таблица 10. Ориентировочные требования к промышленным йодобромным водам ряда районов России (Бондаренко, Куликов, 1984).

Бассейн промышленных йодобромных вод	**Тип воды**	**Минимальный дебит одной скважины, м^{3}м/сут.**	**Предельное понижение динамичеких уровней, м**	**Суммарный дебит одного водозабора, тыс м^3/сут**
Волго-Камский	I-Br	0,47-1,0	490-620	10-22
То же	Br	0,98	700	20
Тимано-Печорский	I-Br	0,50	630	12
Московский	Br	0,50	680	35
То же	I-Br	0,35-1,0	640-750	25-50
Ангаро-Ленский	Br	0,065	600	2,0
Западно-Сибирский	I	1,0	750	30
Азово-Кубансий	I-Br	1,0	750	18

Таблица 11. Минимально допустимые концентрации ценных компонентов в промышленных водах (Методические рекомендации…, 1977).

Компонент	**Минимальная концентрация, мг/дм^3**	**Компонент**	**Минимальная концентрация, мг/дм^3**
NaCl	$5\cdot10^4$	Mg	1000-5000
Na_2SO_4	$5\cdot10^4$	K	350-1000
$NaHCO_3 + Na_2CO_3$	$5\cdot10^4$	Li	10-20
Br	250-500	Rb	3,0
I	18	Cs	0,5
B_2O_3	200	Ra	10^{-5}-10^{-6}
I, B_2O_3	10-75	Sr	300

В.А.Всеволожский считает, что «месторождением подземных промышленных вод называется продуктивный балансово-динамический элемент подземной гидросферы, в пределах которого возможно получение подземных вод с содержанием полезного компонента (компонентов) выше минимальной для данного района промышленной концентрации»

Установлено три генетических типа промышленных вод: 1) пластовые хлоридные рассолы артезианских бассейнов; 2) углекислые воды альпийской зоны складчатых поясов; 3) термальные хлоридные воды областей современного вулканизма. Первый тип является основным источником получения Br, J, B; второй и третий обогащены Li, Rb, Cs, B, Ge, F, Si, As и др.

На территории России основные запасы промышленных вод сконцентрированы в чехлах древних платформ (Восточно-Европейской и Сибирской). На Восточно-Европейской платформе они сосредоточены в карбонатно-терригенных сериях Волго-Камского артезианского бассейна. В пределах Сибирской платформы богат концентрированными хлоридными рассолами Ангара-Ленский бассейн. Здесь в кембрийских карбонатных соленосных отложениях содержания калия до 40, стронция до 6,0, брома до 9,0 г/дм^3.

Теплоэнергетические подземные воды России

По определению В.А. Всеволожского «месторождением теплоэнергетических вод называется балансово-гидродинамический элемент подземной гидросферы с термальными водами, тепловой потенциал, состав, качество и запасы которых удовлетворяют технико-экономическим требованиям энергетики на современном этапе её развития». Природные термальные воды – самовосполняемый, чистый источник энергии (табл. 12).

К этой категории относятся воды с температурой >20-35^{0}С. Среди них выделяют воды для: 1. теплофикации (20-35^{0}С); 2. выработки электроэнергии (100-180^{0}С); 3. теплофикации и горячего водоснабжения (70-100^{0}С); 4. теплично-парниковом хозяйстве (<70^{0}С). Кроме того, их иногда используют комплексно для бальнеологических и промышленных целей.

Таблица 12. Теплоэнергетические подземные воды России.

Теплоэнергетические подземные воды	
Запасы теплоэнергетических подземных вод категорий А+В+С1, тыс. куб.м/сут	302,587
Запасы теплоэнергетических подземных вод категории С2, тыс.куб.м./сут	9,15
Забалансовые запасы теплоэнергетических подземных вод, тыс.куб.м/сут	17,2
Количество месторождений теплоэнергетических подземных вод	66
В том числе в распределенном фонде недр	46
Величиа отбора, тыс.куб.м/сут	52,255
Запасы пароводяной смеси категории А+В+С1, тыс.т/сут	66,2
Запасы пароводяной смеси категории С2, тыс.т/сут	77,1
Забалансовые запасы пароводяной смеси, тыс.т/сут	13,5
Количество месторождений пароводяной смеси	6
В том числе в распределенном фонде недр	6
Величина отбора, тыс.т/сут	60,809

Пароводяная смесь на Камчатке и Курильских островах обеспечивает геотеплоэлектростанции круглогодично. На Камчатке работает Паужетская ГеоТЭС мощностью 11 МВт, Вехнемутновская – 12 МВт, Мутновская – 50 (потенциально 300) МВт. На Кунашире действует ГеоТЭС 2,6 МВт, планируется сооружение ряда станций. На Итурупе начато строительство Океанской ГеоТЭС мощностью 34,5 МВт. Получаемая электроэнергия более чем в 2 раза дешевле получаемой на дизельных электростанциях. В настоящее время нужды Камчатки в электроэнергии действующие станции обеспечивают на 30%.

Среднерусский артезианский бассейн и его минеральные воды

На протяжении столетий (по летописям с 12 века) важную роль в жизни народов России, заселяющих её центральные, северные и северо-западные европейские территории, играл Среднерусский артезианский бассейн (Редкие типы минеральных…, 2013). Именно из рассолов минеральных источников этого бассейна вплоть до середины 19 века добывали основную массу потребляемой соли. С целью увеличить дебит источников бурили скважины ударным способом глубиной 150-200м. Около промыслов строились богатые города и поселки. В 16-17 веках здесь добывали до 400-600 тыс. пудов соли в год. Многие минеральные источники с эпохи раннего средневековья считаются святыми и к ним во все времена устремлялись толпы паломников для исцеления.

Петр I в 1719 г. издал указ о пользе курорта «Марциальные воды Карелии. В это же время медики лечили как самого царя, так и его приближенных от нервных болезней Полюстровской, обогащенной железом, минеральной водой. Созданный в Полюстрово (середина 19 века) курорт стал модным местом для элиты того времени. Здесь лечились и отдыхали: художник К.П. Брюлов, композиторы М.И. Глинка и Г. Берлиоз, писатели А.И.Тургенев, А.Дюма и многие другие.

Позже, когда соляная проблема была решена за счет поступления соли из прикаспийских промыслов (в конце 19 – начале 20 веков) начался новый курортно-оздоровительная этап жизни этих замечательных месторождений, дополняемый промышленной добычей для медицинской и химической отрасли йода, брома и в меньшей степени бора.

Б.Н. Архангельский впервые выделил Среднерусский артезианский бассейн как региональную гидрогеологическую структуру, состоящую из трёх артезианских бассейнов: Северодвинского, Московского и Ленинградского, и оконтуривающуюся выходами пород дорифейского фундамента.

Наиболее значимые проявления минеральных вод расположены в северной части данной структуры в пределах Северодвинского артезианского бассейна (рис. 118).Их формирование протекало на склоне бассейна в результате латерального притока соленых вод из глубинных частей грабенов и вулканических трогов по разломам, кимберлитовым трубкам взрывали по контакту чехла с породами фундамента. В разрезе бассейна выделяют продуктивные горизонты (рис. 119-122):

- кора выветривания фундамента. Радоновые воды (Карельский перешеек). Радон поступал из урановых проявлений структур несогласия, широко развитых на границе чехла и фундамента ($Ar\text{-}Prt_1$) платформы;
- вендский водоупорно-водоносный комплекс распространён по всей площади бассейна. С ним связаны уникальные месторождения минеральных вод: Нёнокское, Куртяевское, Петербургское;
- кембро-ордовикский водоносный комплекс. Региональным водоупором служат синие кембрийские глины. В залегающих выше песчаниках радоновые источники (Лопухинские). С ордовикскими трещиноватыми известняками и доломитами ассоциируют сульфатные воды района Волхова.

В девонских отложениях выделяют три продуктивных комплекса: А) песчаники D_{2-3} (Старорусское месторождение минеральных вод); Б) карбонатная толща D3. Сероводородные воды курорта Хилово (Псковская область); В) верхняя пестроцветная толща D_3. Назимовские сероводородные источники около г. Великие Луки.

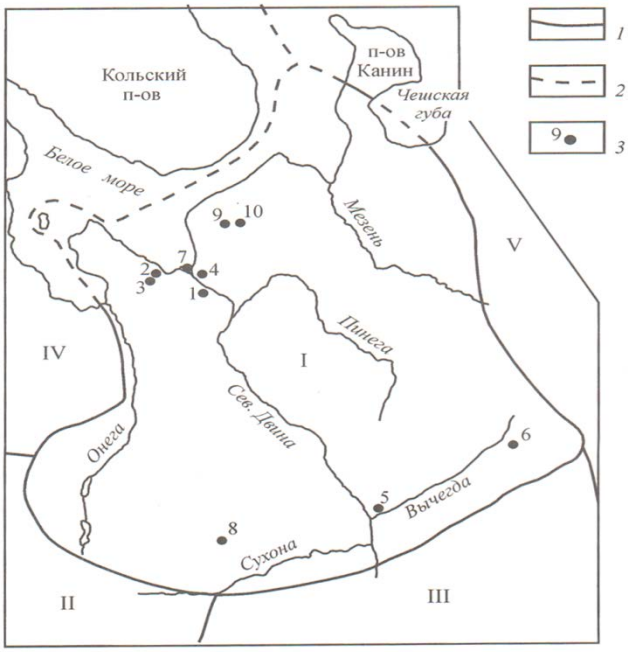


Рис. 118. Границы Северодвинского артезианского бассейна («Редкие типы минеральных…», 2013).

1,2 — континентальные и субаквальные границы; гидрогеологические структуры: I— III— артезианские бассейны: I— Северодвинский, II— Московский, III— Волго-Камский; IV—V— гидрогеологические складчатые области: IV— Балтийская, V— Тиманская;3 — месторождения минеральных вод: 1 — Беломорское; 2 — Нёнокское; 3 — Куртяевское;4 — Северодвинское; 5 — Сольвычегодское; 6 — Серёговское, 7 — железистые воды дельты С. Двины; 8 — Вельское; месторождения алмазов: 9 — им. М. В. Ломоносова,10 — им. В. П. Гриба.

Влияние систем кимберлитовых трубок взрыва на состав минеральных вод

На примере Куртяевского месторождения, источники которого известны с глубокой древности и считались святыми и на площади которого расположена трубка«Куртяево», а на удалении 5-6 км трубки «Болванцы» и «Карахта» можно отметить влияние трубок на состав вод месторождения.

Глубинные рассолы здесь не достигают поверхности, а инфильтрацией увеличивают минерализацию на 2-4 г/л, создавая хлоридный натриевый состав. В обстановке сочетания процессов гидролиза пород трубки (мелилит, нефелин, эгирин) в присутствии органического вещества микулинских отложений и смешиваясь с четвертичными гидрокарбонатными (100-200 мг/л) подземными водами формируются Куртяевские источники. Их отличие от минеральных вод других месторождений региона: 1) семикратное повышение сульфат-иона, обусловленное растворением гипса в контактной зоне трубки; 2) 2-3-кратное повышение содержаний щелочных металлов.

Запасы эксплуатационных лечебно-столовых гидрокарбонатно-хлоридных (2,2-2,5 г/л) вод по категории В составляют: 70м^3/сут.

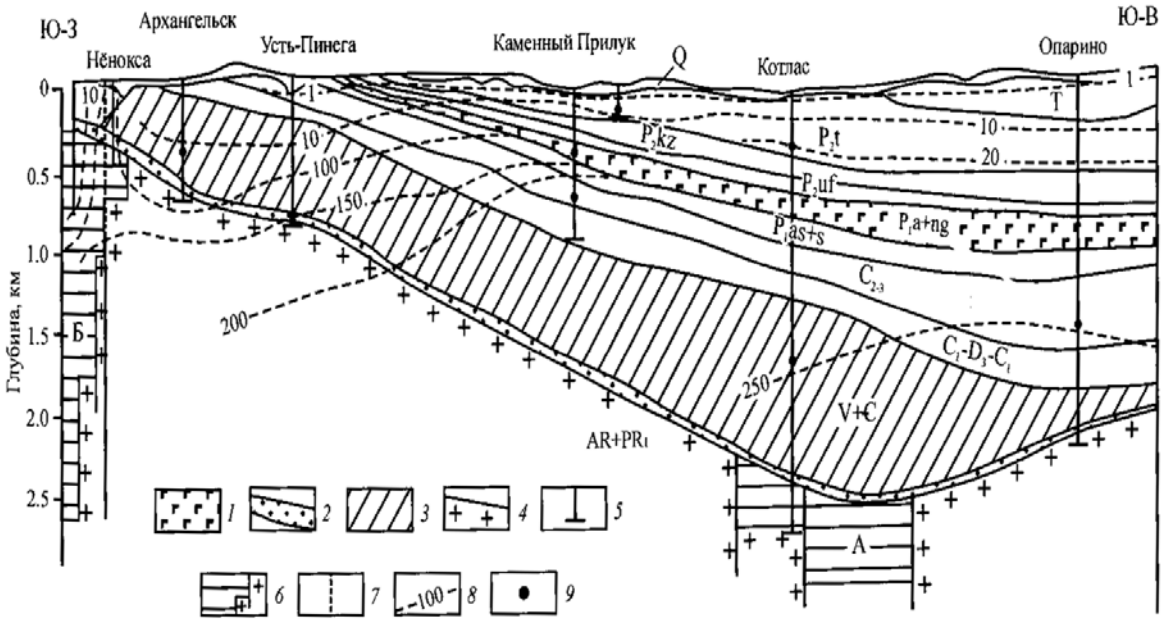


Рис. 119. Схематический гидрогеологический разрез Среднерусского артезианского бассейна.

1 — эвапоритовая толща нижней перми: на глубинах до 100—150 м — карстовый водоносный горизонт, глубже 150—200 м в региональный водоупор;2 — базальный водоносный горизонт песчаников венда; 3 — водоупорно-водоносная толща терригенных пород венда и нижнего кембрия; 4 — кристаллический фундамент; 5 — опорные скважины; 6 — грабены, заполненные вулканогенно-терригенными отложениями рифея: А — Котласский, Б — Онего-Двинский; 7 — трубка взрыва «Луговая»; 8 — изолинии минерализации подземных вод, г/л; 9 — середина опробованного интервала скважины.

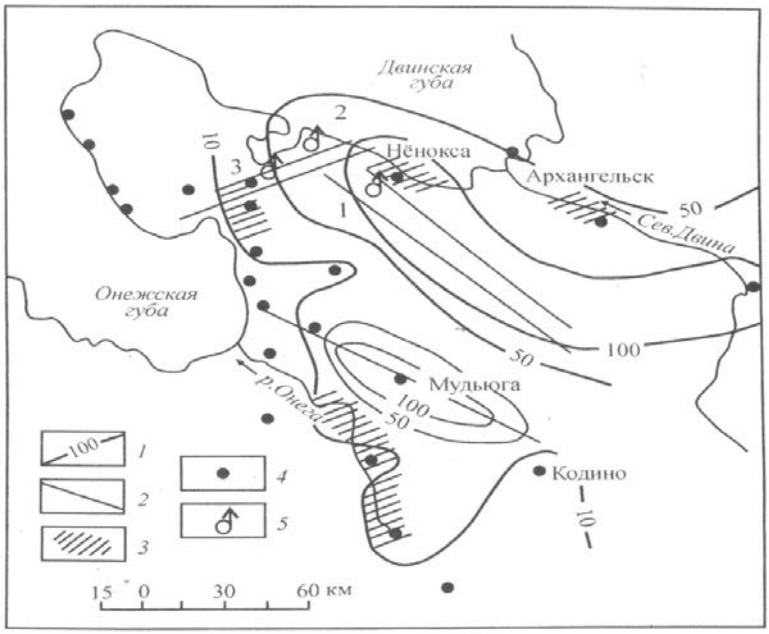


Рис. 120. Гидрогеохимическая схема базального водоносного горизонта венда на участке Онежского Грабена (Коротков, 1982).

1 – Изолинии минерализации, г/л; 2 – главные разломы; 3 – участки разгрузки соленых вод и рассолов; 4 – скважины; 5 – восходящие источники, на которых были солепромыслы; 1 – Нёнокса; 2 – на р. Уне; 3 – на р. Луде.

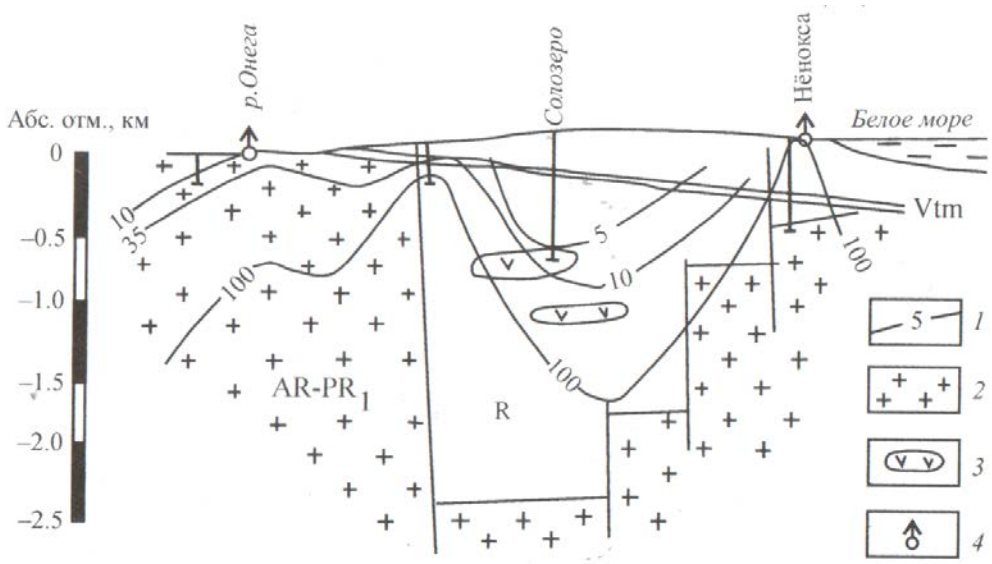


Рис. 121. Гидрогеохимический профиль через Онежско-Двинский грабен (Коротков, 1982).

1 – изолинии минерализации, г/л; 2 – архейско-нижнепротерозойский складчатый фундамент; 3 – эффузивы; 4 – восходящие источники.

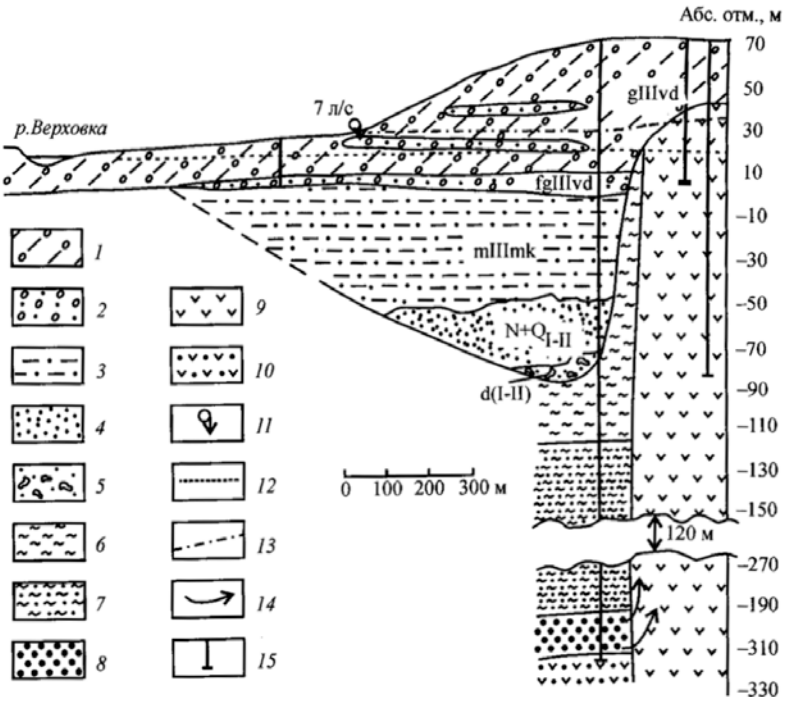


Рис. 122. Схематический гидрогеологический разрез месторождения минеральных вод Куртяево.

1 — ледниковые отложения валдайского оледенения: валунные суглинки; 2 — флювиогляциальные отложения валдайского оледенения: пески разнозернистые; 3 — морские отложения микулинского межледниковья: глины и суглинки, обогащенные захороненным органическим веществом, с редкими прослоями песков; 4 — неоген-четвертичные песчаники; 5 — обломки эруптивных брекчий, алевролитов, аргиллитов, песчаников; 6 — аргиллиты усть-пинежской свиты венда; 7 — алевролиты усть-пинежской свиты; 8 — песчаники тамицких слоев усть-пинежской свиты венда (базальный водоносный горизонт);9 — эруптивные брекчии, ультраосновные и щелочные породы трубок взрыва; 10 — вулканогенно-осадочные породы рифея; 11 — Куртяевские источники; 12 — пьезометрическая поверхность базального водоносного горизонта тамицких слоев; 13 — пьезометрическая поверхность продуктивного водоносного горизонта; 14 — возможные пути подъема рассолов; 15 — скважины.

Скважины для получения вод для разлива в бутылки были пробурены в теле трубки и успешно функционируют (табл. 13).

Таблица 13. Химический состав разливаемых в бутылки минеральных вод Куртяево (вверху – г/л, внизу - %-экв).

Компоненты	Скв. 1	Скв. 2	Компоненты	Скв. 1	Скв. 2
Na^+	1.02	1.16	SO_4^{2-}	0.49	0.58
	93.1	95.4		20.8	22.0
K^+	0.007	0.008	HCO_3^-	0.62	0.55
	0.4	0.4		20.7	16.6
Ca^{2+}	0.023	0.010	CO_3^{2-}	0.013	Не обн.
	2.4	1.0		0.9	
Mg^{2+}	0.024	0.02	Сухойостаток	3.1	4.4
	4.1	3.2	pH		
NH_4^+	<0.1	<0.1		8.2	7.9
			Cl/Br		
Cl^-	0.99	1.18		495	393
	57.6	61.3	rNa/rCl		
Br^-	0.002	0.003		1.61	1.56
			Тип по		
J^-	0.001	0.0008	Сулину	HCO_3-Na	HCO_3-Na

Часть III. Горные породы, минералы и руды в современном искусстве и экономике

Глава 10. Горные породы, минералы и руды в современном искусстве

В природе существует большое семейство минералов и горных пород, которые не используют для повседневной жизни человека. Среди них замечательные творения природы. Это драгоценные камни, т.е. прозрачные минералы (алмаз, изумруд, аквамарин, александрит, рубин, сапфир, шпинель, топаз, аметист и др.), а также окрашенные непрозрачные минералы или горные породы — полудрагоценные и поделочные камни (агат, яшма, родонит, малахит, лазурит, нефрит, жадеит, чароит, янтарь и др.). Ценились они во все времена и у всех народов.

Их поиск и добыча не претерпели существенных изменений за прошедшие тысячелетия. Как и раньше, это преимущественно тяжёлый ручной труд. В Бразилии до 90% камней добывают старатели-одиночки — «гаримпейрос». На островах Мадагаскар и Шри-Ланка работают мелкие артели старателей. Только на крупных месторождениях применяется горная техника, но в ограниченных масштабах. Цветные камни редко встречаются в природе. Поиск их — исключительно сложное дело с низкой вероятностью успеха.

Главные области влияния горных пород, минералов и руд на образ жизни человека

Твёрдая оболочка планеты была и остаётся по сей день не просто полезной, но необходимой для всего существующего на ней. Она выступала и выступает как каменная основа мироздания, как гигантские подмостки, на которых разворачиваются сцены земной жизни. Многообразны формы влияния горных пород, минералов и руд на образ жизни человека на всех этапах его развития (Минералогический альманах, 2008-2014; Минералы Центрального Казахстана, 2014: Агаты Караганды, 2012; Сокровища музеев мира, 1993; Тамара. Русский Астрологический сборник, 1993;Самсонов, 1993; Хроленко М.Я., 2008; Кантор Б.З., 2013; Киевленко, 2000):

1) коллекционированиеминеральных видов;
2) природная камнеграфия;
3) искусство суйсеки;
4) геоморфологические уникальные формы природных образований;
5) ювелирное дело;
6) синтез кристаллов для воспроизводства минерально-сырьевой базы.

Коллекционирование минеральных видов

Коллекционирование минеральных видов – древнейшая сфера эстетического восприятия человеком редких по изяществу созданий природы. Время безжалостно к материальным ценностям. Вся история человечества – длинный список войн, революций и природных катаклизмов, однако люди не хотят мириться с этим. Борьба с разрушением привела к возникновению первых коллекций и музеев. С глубокой древности наши предки обращали внимание на красоту камня. Он побуждал к познанию целесо-

образности и совершенства природы, открытию новых её законов, наслаждению творчеством. На рис. цв. 123-128 примеры коллекционных образцов.

Мир камня — это не только бесконечное разнообразие красок и форм. Каждый образец имеет свою историю. В насыщенной событиями геологической истории Земли каждый индивид и каждый агрегат имеет личную биографию. Задача коллекционера в том, чтобы донести до зрителя неповторимую красоту подземного царства. Ценность образца зависит от того, сколько подобного материала уже добыто, и резко возрастает, если запасы этого минерала недоступны или исчерпаны. Отбирая образцы на естественных обнажениях или в горных выработках, мы извлекаем их из естественной среды.

Образец – это отдельный кристалл, группа кристаллов одного минерала на породе, сросток кристаллов различных минералов, пришлифованный агрегат и т.д. Иногда кристаллы бывают покрыты коркой других минералов. Так, кристаллы горного хрусталя скрываются под «рубашкой» карбонатов или гидроокислов железа. Их необходимо удалять при помощи химических реактивов. Многие кристаллы минералов нуждаются в препарировании, так как они скрываются в породе. Например, двойники ставролита должны быть механически очищены с одной стороны от вмещающего слюдистого сланца. Кристаллы диоптаза подвергают химическому препарированию, чтобы выделить их из массивных карбонатных агрегатов.

При подготовке минералогических образцов к экспонированию не допускается искусственное подклеивание кристаллов в друзы, пришлифовка граней кристаллов, подкрашивание минералов. Исключение составляют агаты. Большинство бразильских агатов подкрашены.

Культура обработки камня возникла раньше там, где он был более всего доступен и разнообразен: в Древнем Египте, Греции, Римской империи, на Ближнем Востоке, в Китае и Индии. Неизвестно, кто собрал первую коллекцию минералов. Сведения по их свойствам описаны в книге «Сан-Хей-Дин» (Китай XX век до н.э.), в индийских Ведах (конец II – начало I тысячелетия до н.э.). Первые коллекции, вероятно, были созданы Аристотелем (384-322 г. до н.э.), Теофрастом (372-287 г. до н.э.), Плинием Старшим (23-79 г.).

Коллекции и музейные собрания средневековой Европы базировались на ювелирных камнях и изделиях камнерезного искусства. В XVI-XVII веках появились минералогические собрания. Это было связано с ростом добычи полезных ископаемых. Учёные нуждались в образцах минералов для изучения, сравнения и обучения будущих специалистов. Интерес к коллекционированию распространялся среди образованной части общества.

Собирательством минералов увлекались многие европейские монархи той эпохи. Король Дании и Норвегии Кристиан VII был большим любителем образцов самородного серебра, добывавшихся на рудниках Конгсберга в Норвегии. В 1777 году там был найден сросток кристаллов этого минерала, напоминающий по форме букву «С» - его монограмму (рис. цв. 129).

Коллекционные образцы самородного серебра так высоко ценились при дворах, что могли служить «королевским подарком». Известно, что упомянутый выше Кристиан VII подарил королю Франции Людовику XV скрученный кольцом сросток деформированных кристаллов самородного серебра на кальците размером (14х15) см. В настоящее время он хранится в Национальном музее естественной истории в Париже.

Образцы самородного серебра имел в своём дворце курфюрст Саксонии Август (1526-1586). Гордостью его коллекции был уникальный образец весом 6,65 кг, добытый в 1477 году в этой германской провинции.

Коллекции имели австрийский эрцгерцог Фердинанд II (1529-1595), король Польши и Саксонии Август Сильный (1670-1733). Интерес к коллекционированию

камня проявлял сам кардинал Франции А.Ж.Ришельё (1585-1642). Один из его экспонатов – шар из горного хрусталя диаметром около 15 см можно увидеть в Национальном музее естественной истории в Париже. В становлении крупнейших минералогических собраний мира частным коллекционерам принадлежит ведущая роль.

Отдел минералогии Британского музея создан в 1753 году на базе лучшей для своего времени коллекции лейб-медика Г. Слоуна (1660-1753). Позже туда были включены собрания Ф. Гревилла (14 800 образцов), Ф. Ашкрофта – ирландские цеолиты и минералы Швейцарии, А. Рассела (14000 образцов), А. Рейна – драгоценные камни Бирмы и другие. В настоящее время в этом музее хранится 282500 образцов.

Начало музею Высшего горного училища в Париже положено во время Великой французской революции конфискацией нескольких коллекций сторонников монархии. Здесь оказались камни знаменитого химика А. Лавуазье, а потом – превосходные собрания Дедрэ, Адама, Бертрана и др. В Национальном музее естественной истории в Париже находятся коллекции драгоценных камней знаменитого кристаллографа Гаюи и геолога А. Лакруа. Всего здесь 142000 образцов.

Национальный музей естественной истории в г. Вашингтон (США) является крупнейшим в мире. Его собрание насчитывает 411500 образцов. Это минералы Соединённых Штатов и Мексики, драгоценные камни и метеориты.

Немного отстаёт от него Музей Института минералогии и петрологии Боннского (Рейнского) университета им. Фридриха Вильгельма в Германии. Здесь собрана лучшая коллекция минералов Центральной Европы, насчитывающая более 400 000 экспонатов.

Знаменитый немецкий поэт и натуралист И.Гете (1749-1832) увлекался сбором минералов. Его собрание насчитывало более 18000 образцов. Многие современные политики то же не равнодушны к красивым камням. Пожалуй, наиболее известен среди них Г.Колль – федеральный канцлер ФРГ с 1982 по 1998 годы. В его резиденции можно было видеть замечательные образцы бразильского аметиста и горного хрусталя, полированные срезы агатов и ещё несколько десятков минералов из разных уголков мира.

На Руси с глубокой древности почитали самоцветы. Первые упоминания о них в письменных источниках – это «Изборник Ярослава» (1073 г.). Поначалу в России добывали лишь речной жемчуг, светлый аметист, мусковит и ряд мягких пород камня (пирофиллит и др.). В 1668 г. на Урале, а в 1724 г. в Забайкалье были впервые найдены цветные камни, пригодные для разработки. Толчком к появлению первых отечественных коллекционеров послужила деятельность Петра I, который сам проявлял интерес к коллекционированию и поощрял его в своих сподвижниках. Личная коллекция царя состояла из приобретенного в Европе небольшого собрания изделий из камня. Позднее он передал её в первый государственный музей – Кунсткамеру. В 1716 г. сюда была определена коллекция М. Готтвальда (1195 образцов), купленная в Германии.

Новая столица на Неве строилась с применением гранитов и мраморов, которые ранее не использовались в русском зодчестве. «Горная свобода», объявленная царским указом 1719 года, привела к тому, что поисками минералов занялись представители различных сословий. На Урале и в Сибири быстрыми темпами открывались месторождения руд и цветных камней, столь необходимых для зарождавшейся промышленности.

Европейские коллекционеры, заинтересованные в минералах из российских месторождений, охотно поддерживали связи с русскими любителями камня. Известна переписка немецкого поэта и собирателя минералов И. Гете с русскими аристократами-коллекционерами: В.А.Голицыным, Г.Х.Струве, А.Г.Строгановым, А.К.Разумовским, что говорит о высоком уровне отечественных собирателей.

Развитие Минералогии в России началось с описания камней Минерального кабинета Кунсткамеры, выполненного И.Г.Гмелиным, заведовавшим в начале XVIII в. минеральными коллекциями, и М.В.Ломоносовым, который почти пять лет занимался

составлением каталога, опубликованного в 1745 г. в академическом издании на латинском языке. Именно от Кунсткамеры ведут отсчёт своей истории многие крупнейшие естественнонаучные музеи России. Среди них – Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана в Москве. Экспонаты из отечественных месторождений поступали в Минеральный кабинет при Кунсткамере. За свою историю он получил в дар немало частных коллекций: Я.В. Брюсара, Р. Арексина (президента Аптекарской канцелярии), И.Л. Балашева (любителя камня), С.Г. Строганова (графа, мецената), А.Ф. Фольборта.

В начале XX века сюда добавились собрания В.А. Пасса (1917 г.), Кочубеев, Строгановых и Балашевых (1919 г.), Е.О. Романовского(1919г.) и многих других.

Петр Симон Паллас, директор Кунсткамеры с 1767 г., и метеорит «Палласово железо», привезенный им из одной естественнонаучной экспедиции (рис. 130, рис. цв. 131).

Рис. 130. Петр Симон Паллас, директор Кунсткамеры с 1767 г.

В 20-е годы в дар от А. Фаберже поступила коллекция камнерезных изделий и огранённых драгоценных камней знаменитой фирмы (рис. цв. 132). В 80-е годы в музей поступили уникальные коллекции В.И.Степанова – выдающегося собирателя минералов и А.А.Годовикова – директора музея.

Научные материалы Минерального кабинета стали основой для лекций, которые читал широкой публике В.М. Севергин в 80-90-х годах XVIII столетия в Санкт-Петербурге. В середине XIX века руководителем музея был выдающийся русский минералог Н.И.Кокшаров, создавший замечательный труд «Материалы по минералогии России». В 1934 г. после переезда Академии Наук из Ленинграда в Москву музей разместился в бывшей усадьбе П.А.Демидова. С именами В.И.Вернадского и А.Е.Ферсмана связано его дальнейшее развитие. Последний передал любимому учреждению свою личную коллекцию. В 1955 г. музею было присвоено его имя. В конце XX века под руководством А.А.Годовикова активизировалась научная работа по систематике минералов. В собрании музея – рудные минералы, прекрасные кристаллы, образцы, собранные на крупнейших месторождениях мира. Экспонируются эталоны минералов, открытых в России, представлены коллекции камней различных по происхождению и составу. Некоторые образцы в экспозиции являются самыми лучшими в мире: данбурит, натролит, платина, перовскит. Имеется 14 тематических экспозиций, отражающих современные научные представления о минеральном царстве. Всего в музее хранится около 155000 образцов.

Другим крупнейшим «каменным» собранием нашей страны является Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского. Он формировался и рос вместе с

Московским университетом, который был учреждён высочайшим указом 12 января 1755 года, а уже 17 февраля сыновья уральского заводчика А.Демидова положили начало формированию музейного собрания. Они передали в дар коллекцию Генкеля, купленную их отцом в Германии и образцами Уральских и Сибирских руд. Вклад Демидовых положил начало целой серии дарений меценатов самых разных слоёв общества. Среди них коллекции князя А.А. Урусова, Е.Р. Дашковой, профессоров Р.Германа и А.В.Роздеришена. На деньги Александра I (50000 голландских гульденов) В.М. Севергин приобретает минералогическое собрание князей Яблоновских.

В 1791 г. на площади 220 м^2 открылась первая экспозиция музея в Москве на Моховой улице. В его истории оставили свой след Г.И.Фишер, В.О.Ковалевский, А.П.Павлов, В.И.Вернадский, Н.А.Смолянинов и многие другие. В залах музея и фондах около 54000 образцов - кристаллы, драгоценные и поделочные камни. Известно пристрастие первого президента России Б.Н.Ельцина к изделиям уральских резчиков по камню. Самым знаменитым экспонатом кремлёвской коллекции является письменный прибор из малахита, украшавший его рабочий стол. В годы пребывания на посту Первого секретаря Свердловского обкома, из цветных камней Урала по его настоянию была выполнена карта этой области.

Часто случается, что, попав в сферу деятельности человека, камни могут оказаться обречёнными на короткий век. Уже давно нет розовых топазов, когда-то прославивших уральскую речку Санарку, исчезли малахиты Гумешевского рудника, давно заросла травой Ахматовская копь, где наряду с железной рудой бережно извлекали кристаллы граната, везувиана и перовскита. Их сегодня можно увидеть только в старинных коллекциях. Уникальный минерал беззащитнее флоры и фауны. Он исчезает раз и навсегда. Его нельзя размножить, подобно редкому животному в зоопарке. Масса замечательных, неповторимых образцов гибнет ежегодно в карьерах и на шахтах горнорудных предприятий, а ведь во многих странах на месторождениях полезных ископаемых действуют специальные службы и коммерческие фирмы, занимающиеся сбором и продажей коллекционного материала. Наиболее успешно эта работа организована в США, Канаде, Бразилии, Германии, Франции и Китае. По-прежнему для охраны минеральной среды нет другого способа, как сохранять наиболее ценные её образцы в наших коллекциях и музеях.

Нефрит и жадеит – искусство и религия – сакральные камни народов юго-восточной Азии

Нефрит широко применяется для изготовления предметов быта и религиозного культа. Месторождения нефрита известны на всех континентах. Наиболее крупные из них находятся в Канаде (провинция Британская Колумбия), Бирме и Китае (Сиуянский нефритовый район на СВ страны). Уезд Сиуян - главный поставщик нефрита в Китае и один из мировых центров добычи этого камня. Здесь уже более 200 лет разрабатываются две группы месторождений: Вагоуская и Сиюйская. Их ресурсы ещё далеки от истощения.

Раньше нефрит добывали из речных галечников, а в последние годы и из коренных месторождений. В ноябре 1997 г. в книге рекордов Гиннесса зафиксирована уникальная находка нефрита весом 260,76 т и размером (7,95 х 6,88 х4,1) м (Китай, уезд Сиуян). До этого крупнейшим в мире был бирманский монолит весом 30,4 т.(рис. цв. 133-136).

Удивительна дальнейшая судьба «царя нефритов», впервые обнаруженного 22 июня 1960 г. Узнав об этой находке, руководитель правительства Чжоу Эньлай дал указание сохранить глыбу. Для этих целей выделили 2,5 млн. долларов. 32 года нефрит-гигант находился на том месте, где его нашли, и только в 1992 г. было решено перемес-

тить камень в г. Аншань - крупный промышленный центр на СВ Китая. Перевозка проходила в 2 этапа. Сначала нужно было спустить глыбу к подножию горы. Более 600 крестьян из ближайшей деревни осуществили эту операцию. Затем на специальной платформе длиной 22 м с помощью трёх мощных тягачей, используемых для транспортировки стратегических ракет, глыбу восемь суток везли до г. Аншань (172 км). На этом пути пришлось преодолеть три возвышенности, укрепить и расширить более семидесяти мостов, переправиться через пять рек. В августе 1994 г. в подготовленном для демонстрации парке площадью 40 тыс. $м^2$ решили построить буддийский храм, а из глыбы изваять главный элемент храма - статую Будды.

Лучшие скульпторы, архитекторы, знатоки буддийской культуры, художники, резчики по камню и каллиграфы Китая за 18 месяцев создали художественный шедевр. Были построены ворота храма, нефритовый мост, озеро Лотоса, озеро Цветов и озеро Фруктовых Деревьев, а в центре - сам храм Нефритового Будды. В ноябре 1995 г. ансамбль открыли для посетителей. В середине огромного храма возвышается гениальное творение природы и рук человеческих - восьмиметровая статуя.

Будда в скромной одежде сидит на лотосе, поджав под себя ноги. Правая рука – символ мудрости – поднята и обращена ладонью к зрителю. Это означает бесстрашие и бесконечную доброту. Поражает цветовая гамма камня: лицо Будды тёмно-зелёного цвета, а волосы более светлые. На противоположной стороне нефритовой глыбы высечена фигура бодхисаттвы Гуаньинь. К этому божеству обращаются кающиеся грешники и люди, терпящие бедствие во время наводнений и кораблекрушений, но главное - Гуаньинь покровительствует матерям и детям.

В образовании нефритовых месторождений ещё много неразгаданных тайн. Большинство изученных залежей расположено в местах внедрения гранитов в серпентиниты. Одна из гипотез связывает это с небольшими глубинами формирования месторождений, из-за чего температура резко падает и порода быстро кристаллизуется. Сиуянские месторождения залегают в древнейших на нашей планете архейских − возраст (3-3,2) млрд. лет − метаморфизованных доломитах. Нефритовые тела образовались (180-150) млн. лет тому назад, когда гранитная магма внедрилась в архейские толщи.

Возникшие при затвердевании гранитов горячие растворы взаимодействовали с доломитами и формировали нефрито-жадеитовые тела различной формы. Нефрит занимает особое место в культуре Китая. С древнейших времён до наших дней это самый любимый и почитаемый поделочный камень.

Основные камнесамоцветные провинции СНГ

Камнесамоцветные провинции – это крупные (сотни и тысячи кв.км) региональные геологические структуры, в пределах которых на определенных тектономагматических этапах их развития активно протекали эндогенные гидротермально-метасоматическиеи экзогенные процессы, сформировавшие минерагенические провинции и районы. Я. П. Самсонов (1993) создал наиболее современную схему камнесамоцветного районирования СНГ(рис. цв. 137). Каждая из 15 выделенных провинций характеризуются специфическим набором типов сырья. Все они тесно связаны известными горнорудными районами и являются составным компонентом добываемого в этих районах минерального сырья.

В качестве примера рассмотрим подробнее самоцветную жемчужину России. Урал - безграничный и неисчерпаемый кладезь камнесамоцветных богатств мира. Уральский меридиональный пояс состоит из неповторимых фрагментов:

1. Яшмового пояса Южного Урала.
2. Изумрудов и малахита Среднего Урала.
3. Горного хрусталя Северного Урала.

Яшмовый пояс Южного Урала

При подготовке книги использована энциклопедия С.В.Колесниченко «Яшмовый пояс Ю.Урала» (2007)

Яшмы – плотные кремнистые, вулканогенно-осадочные породы, возникшие в прибрежно-морских островных системах. В донных пространствах около древних палеовулканов отлагался терригенный осадочный материал, тонкий вулканический пепел, оксиды железа и марганца, а также микроскопические кремнистые спикулы радиолярий. Осадки в процессе литогенеза и метаморфизма превращались в породы с широкой цветовой гаммой и необыкновенно разнообразными узорами.

Яшмы слагают пласты и линзы внутри мощной среднедевонской (390 млн.л.) серии вулканогенных и осадочных пород, которые с перерывами прослеживаются в меридиональном направлении на 500 км. Народы, обитавшие в этом регионе с раннего палеолита все орудия производства, охоты и украшения изготавливали из местных яшм. В средние века по повелению императрицы Анны Иоанновны на Ю.Урал был направлен прапорщик Александр Жираховский, чтобы «…по р.Яику и другим рекам набирать каменья: красной и яшмовой…».

С 1765 г. на Урале начала работать первая постоянная экспедиция по поиску и добыче цветного камня. За всю историю на Ю.Урале в реестр попало более 300 месторождений яшм. Эти месторождения изучали многие выдающиеся ученые. Г.Пермикин (1850 г.), первооткрыватель забайкальского лазурита и нефрита; А.Е. Ферсман (1935 г.), который писал: «Среди поделочных камней особое место надо отвести яшме, та как на её обработке родилось и окрепло наше камнерезное дело, русская яшма заняла первое место во всем мире по богатству и размерам её месторождений, по грандиозности изделий и по бесконечному разнообразию тонов». Б.В.Семенов (1979 г.) и ряд других описывали и публиковали материалы о яшмовых проявлениях региона. Яшмы, возникшие в симбиозе с грандиозными колчеданно-полиметаллическими месторождениями Урала, также являются уникальным минеральным богатством России (рис. цв. 138-150).

Исчезающее богатство Урала и мира – малахит

Подавляющее большинство цветных камней не образует собственных месторождений, их добывают попутно при разработке других видов полезных ископаемых. Интересна в этом отношении история взлёта и падения добычи малахита и бирюзы.

Малахит – очень красивый поделочный камень (Семенов В.Б.,1987). Своё название он получил от греческого слова «малахэ» — «мальва», потому что цвет малахита похож на цвет листьев этого растения. В лучших образцах малахит имеет шелковисто-нежную зелёную окраску и необыкновенное разнообразие узоров — от спокойных ленточных до концентрических и лучисто-звёздчатых. Он сопутствует месторождениям меди, которые волей геологической судьбы были выведены на поверхность нашей планеты. Малахит образуется при растворении медных руд и отложении растворённых соединений меди в трещинах и пустотах горных пород.

В XIX в., когда только зарождалась крупная меднорудная промышленность, на каждом открываемом месторождении обнаруживали много малахита. Настоящий малахитовый бум начался в XIX в. при освоении медных месторождений Урала.

Этот минерал широким потоком хлынул в Европу и даже именовался русским камнем. В России его сначала отправляли в плавильные печи в качестве руды для получения меди, красили им крыши домов в Екатеринбурге и Нижнем Тагиле. Из огромных глыб, достигавших сотни и тысячи килограммов (самые крупные находки весили 100 и даже 250 т), изготавливали грандиозные вазы, столы. Малахитом облицовывали мощные колонны в приёмных залах дворцов. На Первой всемирной выставке 1851 г. в

Лондоне Россия среди многочисленных экспонатов представила огромные парадные двери, полностью выполненные из уральского малахита.

По мере отработки верхних частей месторождений находки поделочных малахитов становились всё реже и реже, и в настоящее время на Урале находят всего несколько десятков килограммов в год (рис. цв. 151). Эпоха малахитового Урала безвозвратно прошла. Единственным мировым поставщиком этого камня остались медные рудники Катанги (Заир). После отработки их верхних частей промышленная добыча малахита прекратится навсегда.

Орлец (родонит)

Орлец, после малахита − исконно русский камень (рис. цв. 152). Его яркие розовые и малиновые цвета в сочетании с красивыми чёрными узорами, образуемыми прожилками оксидов марганца, привлекли внимание ещё камнерезов Древней Руси. В летописях этот камень упоминается под названием «бакан» и «рубиновый шпат».

Орлец твёрд, прекрасно полируется. Международная ассоциация ювелиров в 1960 г. составила таблицу редких и ценных минералов, приносящих удачу родившимся в определённом месяце. Учитывались, разумеется, и рекомендации астрологов. Родонит попал в эту таблицу в одной компании с красными гранатами и розовым кварцем. Их рекомендуется носить родившимся под знаком Козерога с 2 декабря по 20 января. Впервые о находках этого камня на Урале сообщил академик В.М.Севергин в конце XVIII в.

В XIX в. орлец быстро приобрёл большую популярность, особенно после открытия крупных месторождений на Среднем Урале, недалеко от города Екатеринбурга у сёл Шабров и Малое Сидельниково. Последнее и поныне служит главным поставщиком высококачественного орлеца в нашей стране.

На этих месторождениях добыты уникальные по размерами качеству материала каменные блоки, из которых изготовлены неповторимые по красоте и масштабам произведения способна поставлять как на внутренний, так и на международный рынок много высококачественных топазов, аметистов, льдистого кварца, дымчатого горного хрусталя, отличных уральских рубинов, амазонитов и много других даже более редких и, следовательно, более ценных камней.

Беда заключается в варварской технологии добычи. Система массовых взрывов уничтожает коллекционный материал ещё в забоях и карьерах. На многих рудниках мира, там, где могут быть уникальные минеральные гнёзда, взрывы не производятся; эти участки отрабатывают, откалывая куски руды пневматическими бурильными молотками, иногда даже вручную. Нужно специально следить за всем ходом разработки месторождения, в рудах которого могут быть встречены уникальные экземпляры. Пока же большинство коллекционных минералов на действующих рудниках погибает.

Изумруды Урала

Уральские Изумрудные копи имеют мировое значение. Здесь добывают драгоценные камни с бериллием: изумруд, александрит, фенакит. В районе находятся также месторождения золота, молибдена, тантала и ниобия. Рядом с ними расположено одно из крупнейших в мире месторождений хризотил-асбеста - Баженовское. Изумрудные копи находятся на Среднем Урале, около г. Асбест, Свердловской области (Буканов В.В., Бурлаков Е.В., Козлов А.В., Пожидаев 2012; Юргенсон, Кононов, 2014)

Уральские Изумрудные копи были известны давно (рис. 153, рис. цв. 154). Согласно высказываниям Плиния Старшего о скифских изумрудах и архивам Ивана Грозного, которому инок Мефодий преподнес смарагд чистого зеленого цвета, вывезенный им с Камня (Сонин, 1993). Камнем называли Уральский хребет.

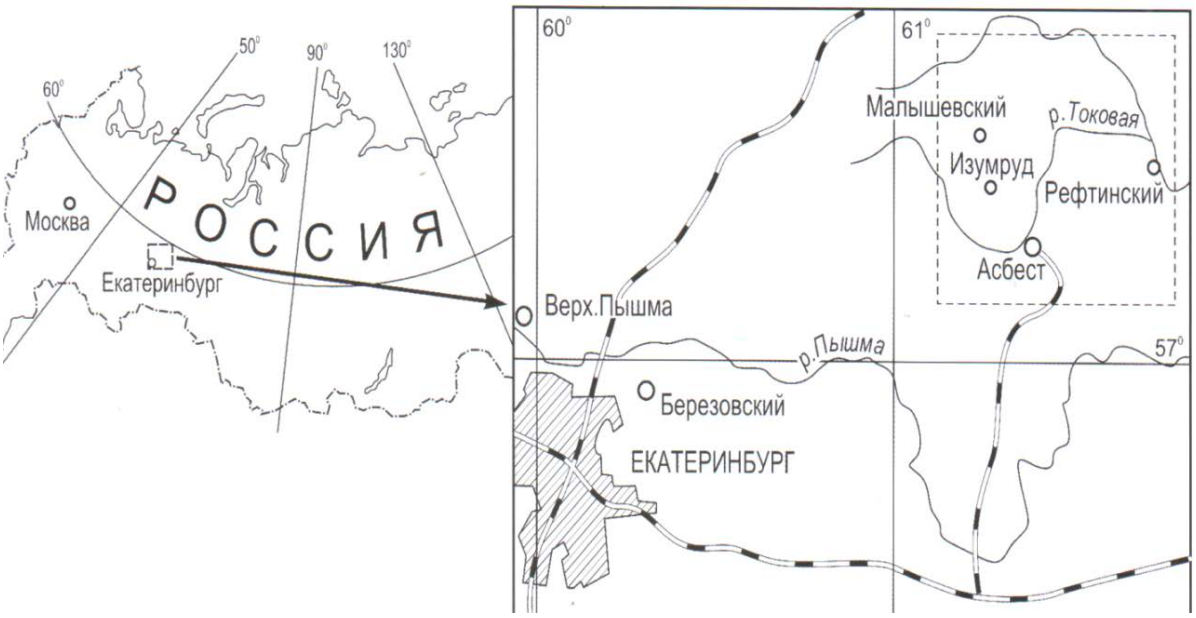


Рис. 153. Уральские Изумрудные копи. Географическое положение.

В 1830 году крестьянин Максим Кожевников в сосновом бору на р. Токовой нашел в корнях вывороченного дерева зеленые «камушки» шестигранной формы. С этого времени начинается история освоения Уральских Изумрудных копей, которая продолжается до настоящего времени. Здесь в полосе 1.5-2 х 25 км в разное время было открыто 25 объектов с изумрудной минерализацией. Среди них есть крупные, такие, как Мариинский (рис. цв. 155), Люблинский, Сретенский прииски, и целый ряд более мелких месторождений и рудопроявлений.

В последние года в меридиональной полосе изумрудного района выявлены проявления бериллия и изумрудов – севернее Нейво-Шайтанское и Глинское, а также жил флогопитового слюдита с редкометальной минерализацией южнее Щучинское около Газетинского гранитного массива, Боевское и Озерное. В связи с этим Уральские Изумрудные копи не ограничиваются относительно узкой зоной в экзоконтакте Адуйского гранитного массива, а прослеживаются на юг, и север. Основанием служит приуроченность всех месторождений ювелирных камней к единой региональной структуре - Уральской редкометальной полосе.

Уральские Изумрудные копи представляют собой минералогический заповедник, где встречаются минералы: магматические, метаморфические, гранитных пегматитов, гидротермальных жил и метасоматитов. Наиболее богата минерализация, порожденная пневматолит-гидротермальными растворами. Здесь установлено 250 минералов, среди которых редчайшие виды: бромеллит, изокит, роджианит -«гинзбургит», бехоит, клинобехоит и др.

Горный хрусталь Северного Урала

Первые сведения о находках горного хрусталя на западном склоне Приполярного Урала у горы Сура-Из поступили от оленеводов села Саранпауль в 1927 году и опубликованы Алешковым (1935). В 1930 году для обеспечения сырьевой базы радиотехники и оптического приборостроения организуются кварцевые экспедиции в разных районах СССР. Одна из них под руководством Алешкова в 1932 году посетила район горы Сура-Из и уже на следующий год выявила первое месторождение горного хруста-

ля. В 1934 году работы на нем были продолжены, а на восточном склоне Урала, у горы Неройка открыли второе месторождение, где добыли 8 т. кристаллов (Шатнов Ю.А., Костелов Н.П., 2005;

В 1935 году тресту «Русские Самоцветы» было дано задание правительства на срочную поставку одной тонны кристаллов горного хрусталя для замены двуглавых орлов на башнях Московского Кремля рубиновыми звездами. На четырех звездах эмблемы серпа и молота диаметром 2 м инкрустировали 7 тыс. ограненных камней массой до 200 карат.

Трест организовал добычу на месторождениях Додо и Сура-Из, где было установили присутствие пьезооптического кварца. Была создана кварцевая Полярно-Уральская экспедиция, открывшая в 1936 году хрусталеносное месторождение Пуйва (рис. цв. 156-160).

Кольско-карельская минералогическая провинция

Это одна из самых уникальных минералогических провинций мира. Здесь открыто 115 новых минералов, а в Хибинском массиве встречено более 550 минералов. По мере разработки гигантских, не имеющих аналогов в мире, апатитовых месторождений регулярно открываются все новые минеральные чудеса. В последние годы статус коллекционного и декоративного получил кроваво-красный эвдиалит (лопарская кровь). Особенно привлекательны щелочные пегматиты, в которых развиты крупные кристаллы и сростки многих редких минералов: виллиомита, астрофиллита и многих др. Наиболее знамениты новые минералы: лампрофиллит, ферсманит, мурманит, юкспорит и др.

Создание картин из крошки цветных минералов

Одним из достаточно распространенных видов камнесамоцветного искусства является создание картин не рисованием красками, а склеиванием крошки цветных минералов. Успешно работает такая художественная мастерская и на Кольском полуострове, в Хибинах. Созданные здесь картины и миниатюры чаще всего посвящены замечательным пейзажам этого заполярного края (рис. цв. 161-163).

Природная камнеграфия

Сущность камнеграфии заключается в подборе таких срезов красивых цветных камней, фотоотпечатки которых могут служить существенными по размерам частями пейзажных или другого вида картин. Создатель камнеграфии Л.И.Шабалин обнаружил в образцах горных пород и руд цветные картины и богатейший по гамме красок и узоров материал для создания мозаичных картин, развивающих у любителей природы эстетические вкусы и в зависимости от таланта и мастерства создавать художественные шедевры. Камнеграфия, в отличие от пассивной суйсеки, позволяет активно творчески работать с природным камнем. В полевых маршрутах собирать образцы, делать необходимые срезы и по текстурно-структурным узорам создавать красочные картины. Это важный шаг в открытии неисчерпаемой красоты нашей планеты и важный инструмент в развитии художественной культуры человеческого общества.

Камнеграфия способствует развитию художественного восприятия природы. По существу этот метод позволяет с помощью природы почти каждому быть художником. Она отличается от фотоколлажа тем, что составные части композиций не являются самостоятельными картинами и сами по себе не несут каких-либо признаков художественного восприятия. Например, зеленый нефрит, синий лазурит, голубой агат, красно-бело-желтая яшма являются просто красивыми камнями соответствующего цвета. Но как составные части картины и увеличенные в размерах они сразу преобразуются, ото-

бражая соответственно зеленый луг, синее небо, речную гладь и закат солнца. Ближе всего к фотоколлажу находятся композитографии пейзажных фотографий. Но и здесь отличием является то, что выбираются небольшие участки пейзажа: небольшой водопад в маленьком ручье, фото цветов, камней в реке или скал, грибов, ягод, травы, деревьев, участков неба, облаков и т.д., которые являются составными деталями природы.

Срезы камней сканируются на компьютере или снимаются цифровым фотоаппаратом и затем их отпечатки вставляются на мониторе компьютера в определенные нарисованные контуры, образуя, таким образом, единую картину. Фотографирование небольших срезов камней нужно делать при большой плотности изображения, обычно порядка 600 пикселей на дюйм или даже больше, с тем, чтобы изображение можно было увеличивать в два или три раза без заметной потери резкости.

Здесь, по существу, сама природа рисует картины в камне, так что человеку остается только обнаружить ее творения и представить их в художественном виде, т.е. достигается полное единение художественного искусства природы и человека. Причем в отличие от обычной флорентийской мозаики главнейшее значение приобретают не контуры составных элементов картины, а именно сами натуральные узоры в цветных камнях и их расцветка, которые и отражают всю красоту каменных творений природы.

Камнеграфия как вид искусства обладает гораздо большими возможностями в создании разнообразия композиций, поскольку расцветки и текстурные узоры камня практически неограниченны. Но, в то же время, это гораздо более трудоемкая работа. Красивые цветные камни не так просто найти, потом их надо приготовить для фотографирования, разрезать алмазной пилой, срезы отполировать или покрыть лаком, или прозрачной эпоксидной смолой (или просто смочить водой). Эта работа доступна только геологу или большому любителю и знатоку камня, проводящему много времени в его поисках.

В минералогических и геологических музеях, даже крупнейших, таких камней немного. Там преобладают коллекции минералов в виде кристаллов, которые для камнеграфии мало подходят. Но если будет создан банк данных этих камней, то тогда камнеграфия может быть доступна широкому кругу людей. Поиски камня могут быть бесконечными. В природе разнообразие камней различных цветов и текстур велико и этот банк может расширяться, соответственно будут расти возможности для создания разнообразия камнеграфий (рис. цв. 164-170).

Искусство суйсеки

Искусство суйсеки – коллекционирование образцов, возникших в результате континентального, прибрежно-морского и речного выветривания горных пород и руд. Искусство суйсеки широко распространенно в Китае, Японии (Suiseki) и Корее, а также в Австралии, США и Западной Европе (Viewing stones). Сотни тысяч туристов и путешественников, помимо съемки видовых видеороликов, обращают внимание на необычные неповторимые в других регионах Земли формы образцов горных пород и руд. Они возникают чаще всего на участках, сложенных контрастными по физико-механическим свойствам образованиями и где протекают активные эрозионно-аккумулятивные процессы – скалистые борта долин рек, морских побережий, эоловых пустынь и т.д. (рис. цв. 171-173).

Прекрасный невидимый мир

Наряду с великолепными видимыми минеральными образованиями, которые мы рассматривали в наших лекциях, существует гигантская вселенная мелких трудноразличимых, но не менее красивых, образований. К ним относятся многие акцессорные

минералы, эфемерные, легко разрушаемые крайне неустойчивые в земных условиях, минеральные агрегаты зон окисления и выветривания.

Этот мир нам открывают любители - фотографы, минералоги с повышенным художественным вкусом, исследователи, изучающие породы и руды под микроскопом при умеренных и больших увеличениях.

В качестве примеров я отмечу из большой плеяды художников – микрофотографов двоих: П.Мартынова и Н.Колтового, выставки картин которых прошли на геологическом факультете МГУ в 2013 году (рис. цв. 174, 175).

Синтез ювелирного ограночного кристаллосырья

Замена природного ювелирного сырья кристаллами, выращенными человеком вопрос деликатнейший. Драгоценность камня определяют два фактора - его красота и редкость. Промышленное производство неминуемо предполагает тиражирование продукта. Таким образ один из основных признаков драгоценного камня, его редкость сводится к нулю. Тем не менее, потребности мирового рынка в камнесамоцветном сырье уже давно не покрываются природными камнями, а рынок искусственных самоцветов характеризуется объёмами в сотни тонн (рис. 176, рис. цв. 177-178).

В соответствии с классификацией природное сырье разбивается на 3 группы: ювелирное (драгоценное); ювелирно-поделочное; поделочное. Рассмотрим первую группу драгоценных камней (табл. 14). Запасы ограночного сырья в России крайне ограничены. Годовая добыча самоцветов 1 группы определяется несколькими кг: демантоид 5 кг, шпинель 5 кг, жадеит ювелирный, опал благородный и турмалин по 25 кг каждого, аметист 100 кг, альмандин 500 кг и т.д. В 1990 году было выращено и реализовано 3,2 тонны аметиста и 2 тонны цитрина. Рубина в это время выращивалось более 150 т, в том числе ювелирного 20 тонн, а технического130 тонн. В последнее десятилетие промышленностью выпускаются изумруд и александрит, благородный белый и черный опал. Создан мировой рынок искусственного сырья. Объёмы его постоянно растут.

Выращивание кристаллов ювелирного назначения стало самостоятельной промышленной отраслью. Замена природно-кристаллического сырья искусственным целесообразна со всех точек зрения: технической, экономической и экологической. Это не означает полного отказа от применения человеком природных кристаллов.

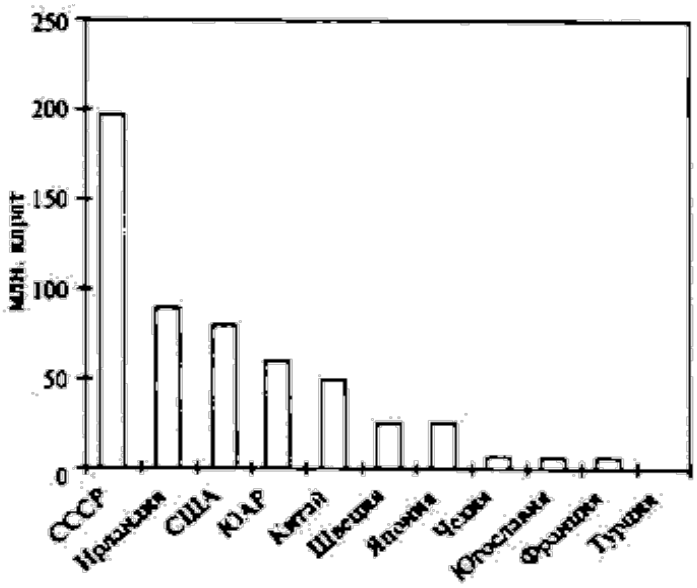


Рис. 176. Производство синтетических алмазов в 1991 г.

Более того кристаллы, созданные природой, миллионы лет ведут свободный технологический поиск, являют собой эталон для подражания. Их пристальное изучение позволяет находить нетривиальные технологические решения и целенаправленно менять потребительские свойства материала. Может создаться впечатление, что в области получения кристаллических веществ человек в очередной раз по-мичурински "одолел" природу. Нет, внимательное и благожелательное изучение природных процессов позволило создать комплексное, экологически чистое, неисчерпаемое и возобновляемое месторождение кристаллосырья, столь необходимое человечеству. И не случайно, что наиболее интересные разработки в этой области сделаны институтами геологического профиля.

Таблица 14. Упрощенная классификация ювелирных минералов

Группа	Подгруппа	Наименование камней
1	2	3
Ювелирные (драгоценные)	1	Алмаз, рубин, синий сапфир, изумруд
	2	Александрит, сапфир зелёный, оранжевый и фиолетовый, благородный черный опал, жад императал
	3	Демантоид, шпинель, благородный огненный и белый опал, аквамарин, топаз, турмалин красный
	4	Турмалин синий, зелёный, розовый, полихромный, сподумен, берилл, циркон, хризотил, аметист, пироп, альмандин, цитрин

Общий взгляд на ювелирное искусство Сальвадора Дали

«Моё искусство охватывает, помимо живописи, физику, математику, архитектуру, ядерную науку -психоядерную, ядерную мистику и ювелирное мастерство. Своими ювелирными изделиями хотел бы выразить протест против той значимости, которая придаётся цене материала, используемого ювелирами. Я стремлюсь к тому, чтобы было оценено искусство мастера таким, какое оно есть - дизайн и мастерство изготовления должны быть оценены выше стоимости драгоценных камней, как это было в эпоху Возрождения».

Бессмертные произведения в ювелирном искусстве создаются при непременном сочетании уникальных творений природы и гения художника. Нельзя создать выдающееся ювелирное изделие на основе рядового каменного материала. Это прекрасно проиллюстрировано работами ювелиров: Карла Фаберже, Рене Лалика, Сальвадора Дали и других.

Глава 11. Драгоценные металлы и Золотой миф

Краткие геолого-металлогенические сведения о благородных металлах

С момента зарождения и на протяжении всей истории развития цивилизации благородные металлы играли важную роль в создании сначала племенных объединений, ранних государств, крупных империй, а затем и систем современного мироустройства. Вместе с эволюцией общества менялись цели и влияние этих металлов на социально-экономические процессы, протекавшие на разных этапах его развития.

В ранней истории человечества особо значимыми были золото и серебро. В Новое время к ним присоединились платиноиды, роль которых в ближайшем будущем будет существенно возрастать.

Триада платиноиды-золото-серебро представляют переходный ряд от сидерофильных к халькофильным элементам. Все они геохимически связаны с железом (Ag, Au) и калием (Au, Ag, Pt). Золото концентрируется на главных стадиях гранитизации рудоносных вулканогенно-осадочных формаций средних этажей развития вулканических поясов. Серебро накапливается в заключительные стадии гидротермального процесса и типично для верхних структурных этажей рудоносных комплексов. Платиноиды формируются на начальных стадиях эволюции основного и ультраосновного магматизма.

Рассмотрим роль каждого из этих металлов в истории цивилизации.

Золото

Многоликие функции золота (рис. цв. 179) – символа богатства, основы товаро-денежных отношений, регулятора и двигателя всех преобразований в мире с развитием цивилизации расширялись и укреплялись. Возникали и разрушались государства, империи, появлялись и исчезали народы, а роль этого металла на протяжении тысячелетий оставалась неизменно важной. Особенно грандиозного влияния оно приобрело с появлением капиталистической формации в XIX и XX веках. И именно на пике могущества золото лишилось своего главного магического свойства ─ функции абсолютных денег. Произошла кардинальная смена системы товаро-денежных отношений. В современную эпоху мир вступил в фазу перманентного финансово-экономического кризиса. В настоящее время золото – самый изученный вид полезных ископаемых на нашей планете. Установлено, что оно развито в породах почти всех геологических формаций, слагающих верхнюю часть земного шара, и достаточно равномерно распространено на континентах.

Запасы золота (в %): Африка (42,9), Азия (17,4), Северная Америка (16,5) и Южная Америка (13,6), Австралия и Океания (7,2) и Европа (2,4). Бюджеты большинства промышленно-развитых стран львиную долю средств (20-30%) направляют на поиски и разведку золота, и это дает результат. Регулярно открываются новые месторождения. В новейшей истории мировая добыча каждые полвека удваивается. В течение 20 и начале 21 веков самые крупные золотые запасы выявлены в пределах обрамления (золотого кольца) Тихого океана (рис. 180).

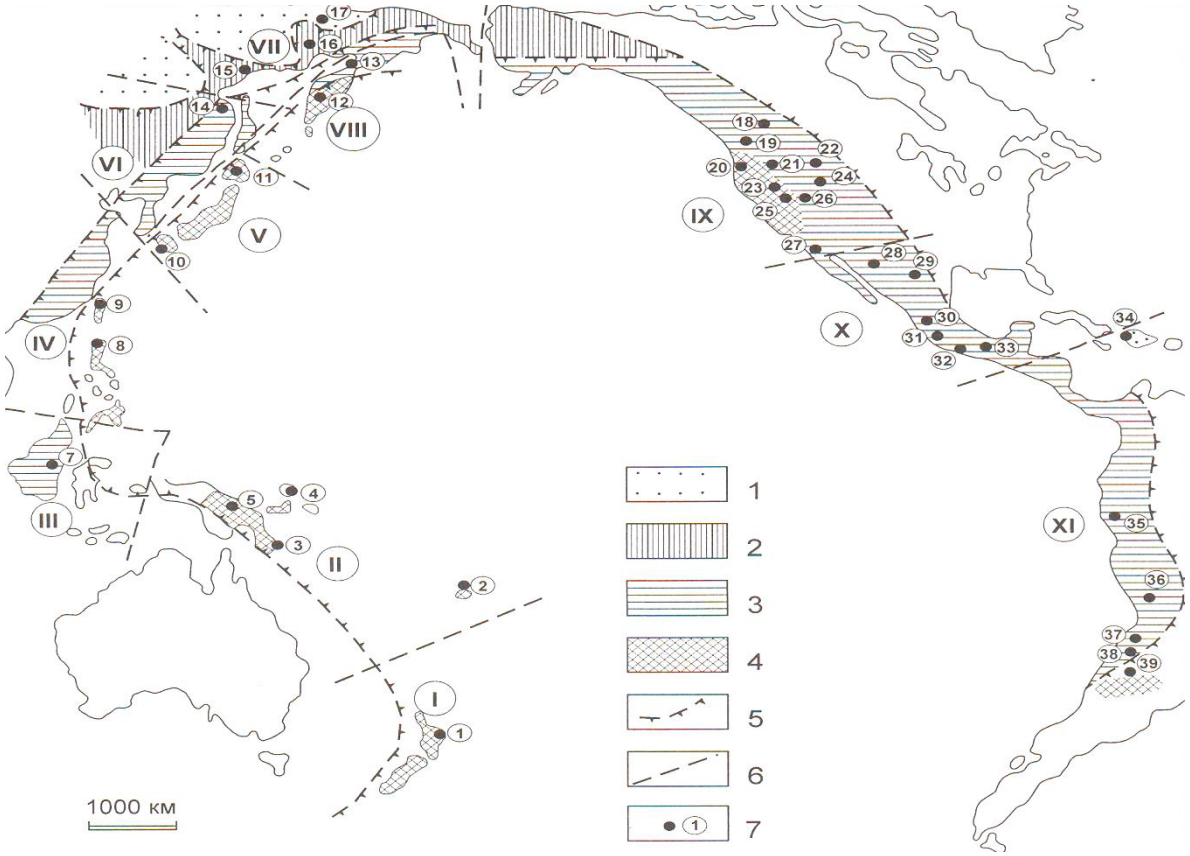


Рис. 180. Размещение крупных Au-Ag месторождений в Тихоокеанском рудном поясе (С.Ф.Стружков, М.М.Константинов, 2005). 1 - J_3-Cr_1 оруденение; 2 - Cr_2 оруденение; 3 - Pg-Nоруденение;4 - N-Ооруденение; 5 - границы провинций; 6 - границы сегментов пояса; 7 - отдельные месторождения (в скобках возраст оруденения).

Рассмотрим кратко, базируясь на превосходном анализе истории золота А.С.Марфунина (1987) и работ других многочисленных авторов, роль этого металлов в развитии цивилизации.

Выделены следующие функции золота:

1) мера стоимости и масштаб цен;
2) средство обращения;
3) способ образования сокровищ;
4) средство платежа;
5) мировые деньги;
6) ювелирные произведения искусства;
7) металл для техники.

1. Первая и главная функция – всеобщая мера стоимости. Золото – всеобщий эквивалент, масштаб цен.

2. В качестве средства обращения оно становится монетой. При обращении его количество многократно возрастает. В связи с постоянным рыночным оборотом это уже не количество добытого из недр металла, а сумма, полученная от умножения на количество обращений на рынке.

3. Золото и серебро прекрасно выполняли функцию сокровищ. Со временем в связи с разрастанием рыночных отношений и ограниченным производством металла ценность золота возрастала. Это было вечное сокровище на все времена.

4-5. В качестве средства платежа и мировых денег – это всемирный товар, отчужденная концентрированная мощь человечества, регулируемая рыночной системой. Золото-деньги – всеобщая, бесчеловечная мера и регулятор всех социально-экономических отношений. Власть золота-богатства становится воплощением сокровенного жизненного принципа человечества.

6. Эстетические и художественные свойства изделий из золота и серебра инициировали создание мощной ювелирной индустрии. Эти произведения искусства являются одновременно богатством и удовлетворяют эстетические художественные потребности человека.

7. Золото только в Новое и Новейшее время стало применяться в технических изделиях в основном в радиоэлектронных устройствах.

Появление денег. Древний мир

Первый фараон Египта - основного поставщика золота в Древнем мире Менес I выпустил в 3400 г. до н. э. юбилейный слиток со своим клеймом. На заре монетной эры названия монет отражали системы весов принятых в разных странах. Первой единицей было хлебное зерно. Английский фунт и ливр Франции до Людовика XIII связаны с тройским фунтом (12 унций) и римским фунтом. В нумизматических трудах только античным монетам отведено 15 томов. Наиболее известные монетные системы: Золотые статеры – крезоид – 11 г; А. Македонского (Птолемея в Египте, Селевкидов в Сирии и др.) – 7,27 г; римские ауреусы (Ю. Цезарь) – 8,18 г.; Валентин – 3,89 г. Масштаб ценообразования во все времена контролировал рынок. Так, в Египте корова стоила 78 г Au, мешок зерна (64 кг) – 1 г, молодая рабыня – 380 г (5 коров или 25 т зерна).

Появилась художественная чеканка-миниатюра (аналог глиптики - камей и инталий, но в золоте), на которой сначала изображались местные боги и священные животные, однако со временем эти сюжеты были вытеснены портретами правителей всех рангов и времен (рис. 181).

Средние века – монеты Европы

Франция – экю, Англия – нобль (9,4 г; потом 7 г), Кастилия – дублон

Средние века – монеты Европы после открытия американского золота

Испания – эскудо (3,1 г), пистоль (6,2 г).

Франция - луидор (6,69 г). Англия – гинея

Новое время - монеты

Англия – соверен (7,98 г), 1 фунт стерлингов.

Франция – наполеондор (20 франков − 5,45 г).

Россия – империал (10 рублей), США – золотой доллар (1,504 г), игл (орел) – 10 долларов и дабл игл в 20 долларов. В XIX веке по образцу наполеондора чеканились монеты всех европейских государств.

Отношение золото-серебро-бумажные деньги

До конца XIX века в денежно-валютных системах существовали три компонента − золото, серебро и эквивалентные им банковские векселя. С окончанием XIX века произошёл переход от биметального (золото и серебро) стандарта к золотому стандарту − произошла демонетизация серебра. Затем за четверть века (1914-1939 гг.) бумажные деньги вытеснили золото из денежного обращения. В 1970-е годы завершилась демонетизация золота.

Рис. 181. Римские ареусы. 1. Ю.Цезарь -8,18 г.; 2.Валентин -3,89 г.; 3.210 г. Правитель Септимий Север.

Золотой стандарт

Конец эпохи золотого стандарта − общий для всех стран – начало первой мировой войны – август 1914 г. Начало различно: Англия – 1815 г.; Германия и Скандинавские страны – 1873 г.; Франция – 1876 г.; Россия – 1897 г.; США – 1900 г. В этот короткий момент (14 – 99 лет) золотые монеты находились в свободном обращении. При этом в частном владении их было неизмеримо больше чем в централизованных банковских резервах (вдвое в 1892 г. и в 23 раза в 1915 г.). В этот период серебро имело колеблющийся курс относительно золота, либо вообще изымалось из обращения – демонетизировалось.

Бумажные деньги этого периода имели твердое золотое обеспечение, свободно обменивались на золото, а золотые монеты без ограничений перевозились из одной страны в другую. В 1815 г. общая монетарная масса в трех странах (Англия, Франция, США), имевших наибольшие резервы золота, состояла по трети из золота, серебра и бумажных денег. Сто лет спустя в 1913 г. картина кардинально изменилась: золота – 10 % при увеличившейся его массе, серебра – 3 % и бумажных денег – 87 %.

Постулаты золотого стандарта

Объём бумажной массы не должен превышать количества лежащего в её основе золота. Добытое золото из недр и определяло массу бумажных денег. Твердые фиксированные золотые содержания денежных единиц обеспечивали мировую валютную систему. Отсутствовали границы обращения золота между странами, между государственным и частным секторами и между металлическим и бумажным обращением. Этот венец тысячелетнего совершенствования золотого обращения рухнул в августе 1914 г. Вся дальнейшая история – это ступени агонии, обусловленные двумя мировыми войнами и двумя разрушительными мировыми кризисами.

Переходный период от золотого стандарта к беззолотой системе

В периоды мировых войн сформировались две автономные системы: внутригосударственная и межгосударственная. Первая не была обеспечена драгметаллами. Государства вынуждены концентрировать всё золото для расчетов с другими государствами. Золото стало единственным платёжным средством. Это реальные мировые деньги, которые контролировало только государство. На долю общества осталась лишь небольшая часть, которая шла в ювелирное и промышленное дело.

После окончания первой мировой войны США с 1919 г. прекратили поддерживать обменные курсы с другими валютами. Моментально обесценились фунт стерлингов, франк и др. валюты относительно доллара. В Германии за 4,2 трилл. марок давали 1 доллар.

Цены на золото до и после золотого стандарта. Для восстановления мировой системы был изобретен новый тип отношений бумажных денег к золоту – золотослитковый стандарт. Он был принят Германией – 1923 г., Англией – 1925 г. и Францией в1928 г. Связь только для слитков - вес 400 унций (12,54 кг.). Монетное обращение не было восстановлено. Пока мировая валютная система устояла. В ряде стран золото не обменивалось на бумажные деньги, но подобный обмен в валютах других стран, где это допускалось, обмен был возможен.

Наступил мировой экономический кризис (1929 – 1933 гг.) – обесценение бумажных денег. В Европе золото было изъято из внутреннего обращения во всех формах: Англия и Германия – в 1931 г.; Франция, Бельгия, Голландия, Швейцария, Италия и Польша в 1936 г.; США. 1933 г.

Новый курс Ф. Рузвельта. Объявлена монополия на золото, а всё монетарное национализировано. Вплоть до 1975 г. граждане не имели право покупать, продавать и хранить золото в слитках и монетах. Закон США предоставил право казначейству, но не обязал его, продавать золото в слитках только государственным органам иностранных государств. Была установлена новая цена 35 долларов за унцию (прежняя 20,67 долларов).

Вторая мировая война. В первый период все запасы золота как пылесосом переправлены в США в счет оплаты за военные поставки.

Бреттонвудская система (1944-1971 гг.).

1-24 июля 1944 г. в г. Бреттон-Вудсе (СВ США) прошла конференция (44 страны). Создана новая международная валютная система, Международный валютный фонд (МВФ), Международный банк развития и реконструкции (МБРР). Из соглашения: «Паритет валюты каждой страны-члена будет выражен в золоте, так и в американских долларах, существовавших на 1 июля 1944 г.». Впервые доллар поставлен на один уровень с золотом. Привязка доллара к золоту – важный шаг к господству доллара в международной валютной системе

Итак, США победитель − всё золото и золотодолларовый эквивалент, а кругом разоренные войной страны. Мир охватила новая страсть – жажда долларов. «Чудовищно чрезмерную привилегию предоставил мир американской национальной валюте» сказал Шарль де Голль. Ряд стран в рамках действующего соглашения стал обменивать доллары на золото. Уменьшился золотой запас США: в 1949 г. –22 тыс.т, а в 1968 г. – 9,67 тыс.т. Началось обесценивание доллара. Уже в 1945 г. обеспеченность золотом была снижена на 25 %, а в 1965 г. была отменена вообще. В 1961 г. утечка золота из США достигла 3 т в день, началось бегство от доллара. Золото покидает США. Стремясь ослабить положение золота на рынке, США с июня 1976 г. по май 1980 г. продают на 20 аукционах 1600 т. В январе 1976 г. на Ямайке (в г. Кингстоун) на сессии МВФ принимается решение о вытеснении золота из международных расчетов. 1 апреля 1978 г. − официальная дата демонетизации золота.

Исчезновение функции золота как хранилища вечных сокровищ

В Древнем мире и за 500 лет н.э. за 5000 лет человечество добыло 10,3 тыс. т (5,9%) золота. Из них 41 % в Африке, 39 % в Европе и 20 % в Азии. До 1800 г. (6300 лет) было получено 16792 т (10 %), а за XX век 146,5 тыс. т. (83,6 %). К настоящему моменту (за последние 135 лет) извлечено из недр ЮАР – 50 тыс. т, Австралии – 12,738 тыс. т, России – 17,137 тыс. т.

В XXI веке продолжается мировая реструктуризация золотой отрасли. Добыча экспоненциально увеличивается. Если в среднем за XX век ежегодно добывалось около 1,5 тыс. т, то за первую декаду XXI века мы имеем уже 2,2 тыс.т. Кроме того, во вторичный оборот золото поступает в результате продажи из государственных резервов, скрапа и лома, хаджирования (поступление в банки от частных инвесторов) и продажи запасов. Золото хотя и очень ценный, но товар, как алмазы, драгоценные камни, произведения искусства. Накоплены огромные резервы, но это не деньги. Чтобы превратить их в деньги, золото нужно продать на рынке.

В 1996 г. подобная потребность возникла у Бельгии и Нидерландов, и они выбросили на рынок 500 т. золота. Кризисной ситуации удалось избежать, благодаря тому, что Германия, Англия, Швейцария и другие европейские страны их закупили. Весь мир дрожит от мысли, что в один прекрасный день, кто-либо из держателей больших резервов золота, решая свои проблемы или из геополитических соображений, произведет демпинговый сброс.

Наметилось две группы государств - технически развитые и остальные. В развитых странах (Япония, Австралия, Германия и др.) прилагают большие усилия найти техническое применение золоту в высоких технологиях для электронной, космической и приборостроительной промышленности. Вторая группа, а это большинство стран мира, львиную долю, а в некоторых странах и все добытое золото, потребляют на нужды ювелирной промышленности. Исчезла еще одна функция золота как хранилища вечных сокровищ.

Что делать?

Государственные деятели, финансисты и экономисты – в большинстве своем понимают возникшую ситуацию в мировой финансово-экономической системе. Золото –наиболее грандиозный миф человечества должен был рухнуть и это случилось. В сущности никакой металл не может выполнять роль денег в современной глобальной финансово-экономической системе. Нужны принципиально иные решения этой проблемы. В настоящее время она намертво привязана к доллару. США при любых кризисных ситуациях включают печатный станок и насыщают рынок необеспеченными товарами долларами. Государственный долг США уже перевалил за квадриллионы.

Поведанная история демонетизации золота показывает, что в грядущем критическом моменте (мировая война, глобальный кризис) бумажные деньги сразу превращаются в макулатуру. Золото уже не деньги и выручить терпящие бедствие страны оно не может. Не случайно все государства стремятся не обременять себя чрезмерными резервами – не помогут. Тысяча или несколько тысяч тонн не хватит. Крупные страны (Германия, Англия и 60 других стран) хранят большую часть своих золоторезервов в хранилищах США.

Тем не менее, золотая индустрия медленно, но развивается. Тысячелетняя история выработала у человечества устойчивый миф о всемогуществе золота. Весь избыток золотодобычи растворяется в человеческой массе.

Например, Индия. В резервах национального банка – 557,7 т., а в народной массе только учтенных установлено 18 тыс.т. Китай, чтобы уменьшить свои долларовые запасы произвел дважды закупки золота: 1) 2012 г. – 582 т; 2) 2013 г. – 622 т. Это объясняется обыкновенным прагматизмом. Хранит бумажные доллары более рискованно, чем товар-золото. Сейчас Au запас КНР – 2700 т. Крупные игроки уже покинули золотую биржу. Рост Au акций происходит во время кризисных периодов. Вопреки логике, экономической целесообразности непрерывно ткется мировая золотая паутина, развивая рынок золотой индустрии. Тысячи тонн золота оседают пассивным грузом в частном владении сотен миллионов человек.

Серебро

Серебро — второй по значению драгоценный металл. В природе оно встречается и в самородном состоянии, и в сплаве с золотом (электрум), и в соединениях с серой. Содержание серебра в земной коре (по Виноградову) 70 мг/т. Серебро присутствует в метеоритах и в морской воде. Металлическое серебро представляет собой кубические кристаллы серебристо-белого цвета, часто покрытые черным налетом. Залежи серебра находятся в России, Норвегии, Канаде, Чили, ФРГ и других странах. Применяется для изоляции контактов изделий, например, реле, ламеллей, многослойных керамических конденсаторов. В составе припоев: чем выше процент серебра, тем выше качество; иногда добавляя его к свинцу в количестве 5 %, им заменяют оловянный припой. В составе сплавов: для изготовления катодов гальванических элементов и т.д.

В качестве драгоценного металла в ювелирном деле; при чеканке монет, наград — орденов и медалей. Соединения серебра используются в фотографии. Йодистое серебро применяется для управления климатом («разгон облаков»). Часто используется как катализатор и как дезинфицирующее вещество.

Минералы серебра

Акантит (Ag_2S), серые ромбические кристаллы, устойчивые при температуре ниже +179°С. Аргентит, (Ag_2S) - основной источник серебра. Обе модификации природного сульфида серебра содержат 87,1% Ag, имеют плотность 7,2-7,4 г/см^3 и твердость 2-2,5 единицы по шкале Мооса. В природе они сопутствует самородному серебру, кераргириту (AgCl), церусситу ($PbC0_3$), арсенидам и антимонидам серебра; его залежи часто находятся рядом с сульфидами свинца, цинка и меди:

- Галенит (PbS) Румынии, Франции, содержит серебро.
- Прустит (Ag_3AsS_3 или $3Ag_2S$ -As_2S_3), содержит 65,4% серебра.
- Пираргерит (Ag_3SbS_3 или $3Ag_2S$ -Sb_2S_3), содержит 68,4% Ag.
- Стефанит ($8(Ag, Cu)_2S$-Sb_2S_3), содержит 62,1-74,9% Ag
- Кераргирит (AgCl), содержит 75,3% серебра.

Такие руды находятся в Норвегии, Мексике, Перу, СССР, Чили.

Человек познакомился с серебром в бронзовом веке при разработке медных месторождений. Этот белый блестящий металл, подобно золоту, обладает высокой пластичностью, ковкостью, наивысшей среди металлов электропроводностью. Химически малоактивен, в присутствии сероводорода темнеет. Оно почти в два раза легче золота − плотность (9,3—12,0) г/см^3. В россыпях его мало, т.к. оно легко истирается при переносе в водных потоках. Главное достоинство серебра в том, что в земных недрах его намного больше, чем золота. Основными источниками его получения служат руды, образовавшиеся при извержениях наземных и подводных вулканов, а также при застывании гранитной магмы на глубине.

В ранние века античной эпохи (XI—XIII вв. до н.э.) в Греции серебро ценили выше золота. Но времена менялись, и по мере увеличения добычи меди и свинца росло производство их верного спутника — серебра. Наиболее крупным горнорудным центром Средиземноморья в V и IV вв. до н.э. были знаменитые Лаврийские рудники в Греции, где свинцовые руды были обогащены серебром. Здесь археологи обнаружили следы около 2 тыс. древних шахт. В течение нескольких столетий именно здесь получали большую часть серебра и свинца (рис. 182).

В конце IV - середине I вв. до н.э. центр производства сместился в Испанию и Карфаген. Серебро добывали из сотен месторождений, которые образуют рудный пояс Испании. Отрабатывалась только верхняя часть месторождений, где скапливались рыхлые, легко добываемые руды, богатые медью и самородным серебром.

Позднее, в I в. до н.э. — V в. н.э., в горных работах римские полководцы (в частности, Курций Руф) широко использовали армию. За открытие месторождений они удостаивались высоких наград и почестей. Высоко ценились специалисты. В особых школах готовились горные мастера и руководители работ. Тем не менее, основными работниками на рудниках были рабы. Очень быстро серебро прочно заняло господствующее положение в денежных системах мирового хозяйства. Все средние века прошли под знаком неутомимых поисков и разработки месторождений серебра.

Старинные рудники Раммельсберг

В раннем средневековье (II-XIII вв.) появилось много новых районов добычи серебра. Возникали горняцкие города, где не только извлекали из недр руды, но и чеканили собственные монеты. Серебряным сердцем Европы были Рудные горы (Чехия и Германия), Гарц (Германия), Вогезы (Франция), Тюрингенский Лес (Германия) и Богемский Лес (Чехия). Именно здесь в (962—973 гг.) было открыто одно из богатейших европейских месторождений серебра - Раммельсберг. История этого замечательного открытия окутана ореолом легенды

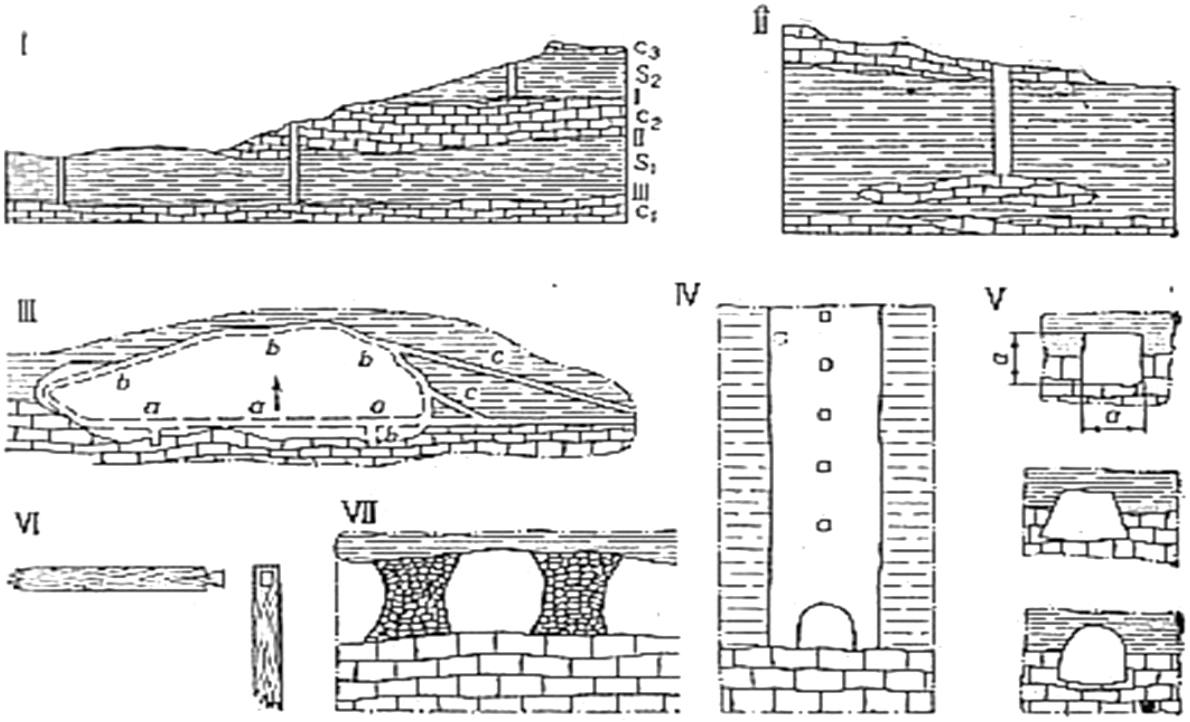


Рис. 182. Реконструкция горных выработок в Лаврийских рудниках античной Греции. I - геологический разрез; II - шахта, заложенная неудачно; III - камера (а - начало выработки, в - продолжение выработки, с - вспомогательные ходы, стрелкой показано направление выработки); IV-разрез по шахте; V - сечение горизонтальных выработок (а = 0,6 -1,2 м); VI - элементы деревянной крепи; VII - подпорные столбы из пустой породы.

На рассвете одного из летних дней 968 г. у подножия горы Раммельсберг (Rammelsberg), что в Нижней Саксонии, остановился отдохнуть странствующий рыцарь. Отпустив коня свободно пастись, утомленный дорогой благородный путник задремал в тени раскидистого дерева. Сладок был его сон, да недолог. Заскучавший жеребец принялся бить копытом о землю, призывая хозяина продолжать путь. Пробудившийся рыцарь, взглянув на верного коня, увидел, что камень под его ногой ослепительно сверкает серебряным светом в лучах восходящего солнца. Именно так, по легенде, было открыто крупнейшее в Германии колчеданно-полиметаллическое месторождение, разработка которого продолжалась более 1000 лет.

Красивое предание было откорректировано археологическими исследованиями, засвидетельствовавшими, что горное дело велось на Раммельсберге с III века до нашей эры. В состав руды месторождения входили медь, цинк, золото, свинец, а содержание серебра достигало 140 г/т, что является непревзойденным мировым показателем.

Упорядоченная разработка залежей, направленная преимущественно на извлечение серебра, началась в конце X столетия при императоре Генрихе II. На первых порах она велась открытым способом, а затем были проложены шахты. Копи приносили огромный доход и подарили счастливую судьбу расположенной в 2-х км от Раммельсберга деревушке Гослар, где король велел построить дворец. В течение нескольких десятилетий затерянное в горах Гарца крошечное селение, в котором стали печатать серебряные монеты, превратилось в процветающий город, имеющий весомый голос в Ганзейском союзе. На протяжении более двух столетий, до 1253 г., Гослар был главной императорской резиденцией.

Разработка месторождения велась интенсивно, повышая благосостояние владельцев, посредников и купцов. Богатства серебро не приносило только тем, кто его добывал. Рудокопы оставались бедными и жили в незатейливых домах. В 1376 г. более ста из них погибло по причине обрушения породы. Шахты оказались затопленными, и наступил длительный перерыв в работе Раммельсберга. Добыча ценных залежей возобновилась только через сто лет. В XX веке работы на горнодобывающем комплексе проводила компания «Preussag Ag Metal». Последняя порция руды Раммельсберга была выдана на-гора 30 июня 1988 г., а всего здесь было добыто 27 млн. тонн. Сегодня старинные шахты являются Музеем горного дела (Bergbaumuseum), где представлены инструменты, приспособления и механизмы, применявшиеся для добычи ценных металлов в различные века. Многие экспонаты выставки сделаны интерактивными.

Столица горного дела - город Фрайберг

Город Фрайберг - истинная столица процветающего горного дела. Здесь создали одну из самых престижных Горных академий мира и здесь же на месторождении Шнееберг, расположенном примерно в (40-45) км от Фрайберга, в 1477 г. на руднике «Святой Георгий» был обнаружен самый крупный из известных в мире самородок серебра весом 20 т. Имеется красочное описание событий, связанных с его открытием. Глыбу серебра размером (1×1×2,2) м выволокли из горной выработки, и на ней был устроен праздничный обед для герцога Альбрехта. Затем глыба была расколота на части и взвешена. Взвесить её целиком в то время было невозможно.

В средние века серебро было излюбленным металлом для монетной чеканки у многих народов мира. Тонкий, весь заполненный вязью арабских надписей кружок дирхема на протяжении нескольких столетий считался желанной монетой на огромном пространстве от Ирландии до Индии, исполняя роль самой настоящей валюты, которую принимали и византийцы, и викинги, и степные кочевники (рис. 183).

Серебряный денарий также имел хождение по всей Европе. Впоследствии ему на смену пришли другие крупные по размеру серебряные монеты - талеры и гроши. В Византийской империи, раскинувшейся на половине средиземноморского побережья, предпочитали золотую монету, но не чурались и серебра: там чеканились серебряные миллиарисии (рис. 184).

Рис. 183. Дирхем.

Рис. 184. Средневековые серебряные монеты: 1 - денарий, 2 – таллер, 3 – грош, 4 – миллиарисии.

В эпоху средневековья по миру гуляло великое множество типов серебряных монет, названия которых в наше время можно отыскать лишь в каком-нибудь историческом романе: «брактеаты» и «тестоны», «реалы» и «макукины», «песо» и «ефимки». Открытие Америки привело к тому, что мощный поток благородных металлов — сначала золота, а затем серебра - хлынул в Европу. Наиболее впечатляющим было открытие в 1544 г. в Андах на высотах (4200-4800) м колоссальных запасов серебряных руд в горной гряде Потоси. До середины XVIII в. рудники Потоси давали около половины мировой добычи серебра. Здесь имелся свой монетный двор, выпускавший испанские монеты - реалы и песо. Только один рудник на самой богатой в мире горе Церро-Потоси дал с 1544 г. более 30 тыс. т серебра. Настоящей сокровищницей является Мексика. На её долю приходится треть всего добытого в 1521—1945 гг. серебра — 205 тыс. т. Она и сейчас добывает ежегодно 3 тыс. т. Здесь, как в Боливии и Перу, древние вулканы создали уникальную серебряную цепь месторождений вдоль западного побережья Тихого океана. Она уже более 400 лет снабжает мир этим благородным металлом.

Рис. 185. Серебряные и медные монеты Средневековой России: полушка, деньга, копейка.

Русь с X в. имела собственную золотую и серебряную монетную чеканку, и на самих монетах ставилось их название — например, «Ярославле серебро», т.е. «серебро князя Ярослава». Впоследствии на протяжении долгих столетий русские не выпускали собственных золотых монет, обходясь серебряными, носившими названия «полушка», «деньга» и «копейка». Полушка, деньга, копейка (рис. 185).

Россия поздно вошла в группу стран - производителей серебра. Вплоть до начала XVIII в. потребности удовлетворялись за счёт ввоза из других стран. Рубли Петра I — производились из серебра, которое поступало в Россию в качестве пошлины за ввозимые товары. Первое серебро добыто на Нерчинских рудниках в Забайкалье в 1704 г. За первые 200 лет там было извлечено 470 т серебра. Этого было мало даже для нужд монетного двора. Так, с 1751 по 1756 г. ежегодно чеканились монеты из 40 т серебра, тогда как из наших рудников поступало только 6—7 т.

Усиленные поиски, наконец, увенчались успехом. В середине XVIII в. дворянин Акинфий Демидов направил экспедицию в Алтайские горы, которая открыла свинцово-цинково-серебряные (полиметаллические) месторождения. Среди них самые известные — Змеиногорское, Риддерское, обнаруженное в 1786 г. горным инженером Филиппом Риддером, и Зыряновское, найденное слесарем Григорием Зыряновым в 1794 г. До 1991 г. они были крупнейшими в России и СССР. Ныне они находятся на территории Казахстана. Многочисленные поисковые отряды позволили в короткий срок открыть сотни месторождений и довести к концу XIX в. ежегодную добычу серебра на Алтае до 16 т. Но проблема само обеспечения всё же не была решена.

России всегда не хватало серебра. Коренной перелом в серебряной индустрии наметился только в 60-х гг. XX в., когда освоили многочисленные месторождения Дальнего Востока. С середины XX в. серебро перестало быть металлом, из которого только чеканили монеты. Возникновение и развитие таких отраслей промышленности, как фотография, электротехника, радиоэлектроника, привели к резкому увеличению спроса на серебро и изъятию его из денежного обращения.

С 1959 по 1968 г. количество серебра, ежегодно используемого на чеканку монет, сократилось с 2687 до 706 т, хотя в это же время ежегодное его производство составляло (7-8) тыс. т. Более 70 % металла теперь расходуется в промышленности. Из

добытых в 1992г. 18,3 тыс. т серебра − 8 тыс. т (почти треть) пошла на нужды фотоиндустрии.

Соотношение цены золота и серебра на протяжении веков существенно менялось. Чем больше добывали серебра, тем меньше становилось это соотношение: от 1:10—1:15 в средние века до 1:38,5 в (1956-1960) гг. В настоящее время оно составляет 1:30—1:35. Цена 1 г серебра сейчас колеблется в пределах (0,3-0,4) доллара.

Ориентировочные подсчёты показали, что всего извлечено из недр более 700 тыс. этого благородного металла. И в будущем в мире устойчиво сохранится высокий спрос на серебро (рис. 186, табл. 15). Уже сейчас наблюдается его нехватка, что сдерживает развитие новейших технологий. Представьте себе, сколько нужно серебра, если только в аккумуляторах погибшей в Атлантическом океане американской подводной лодки «Трешер» было 3 т этого металла!

Таблица 15. 10 ведущих стран-производителей серебра.

Страна	**Год/тонн**		
	1990	**2008**	**2012**
Перу	1927,3	3353.7	3479,1
Мексика	2452,5	2954	5045,5
Китай	896,0	2347.3	3906,0
Австралия	1172,9	1754.8	1728,0
Чили	654,7	1272.9	1150,7
Польша	832,0	1102.8	1167,0
Россия	-	1023.4	1067,0
США	2124,7	1020.6	1018,2
Боливия	356,4	1014.9	1095,2
Канада	1381,2	609.5	630,3
Мир	16386,9	22705,6	24475,0

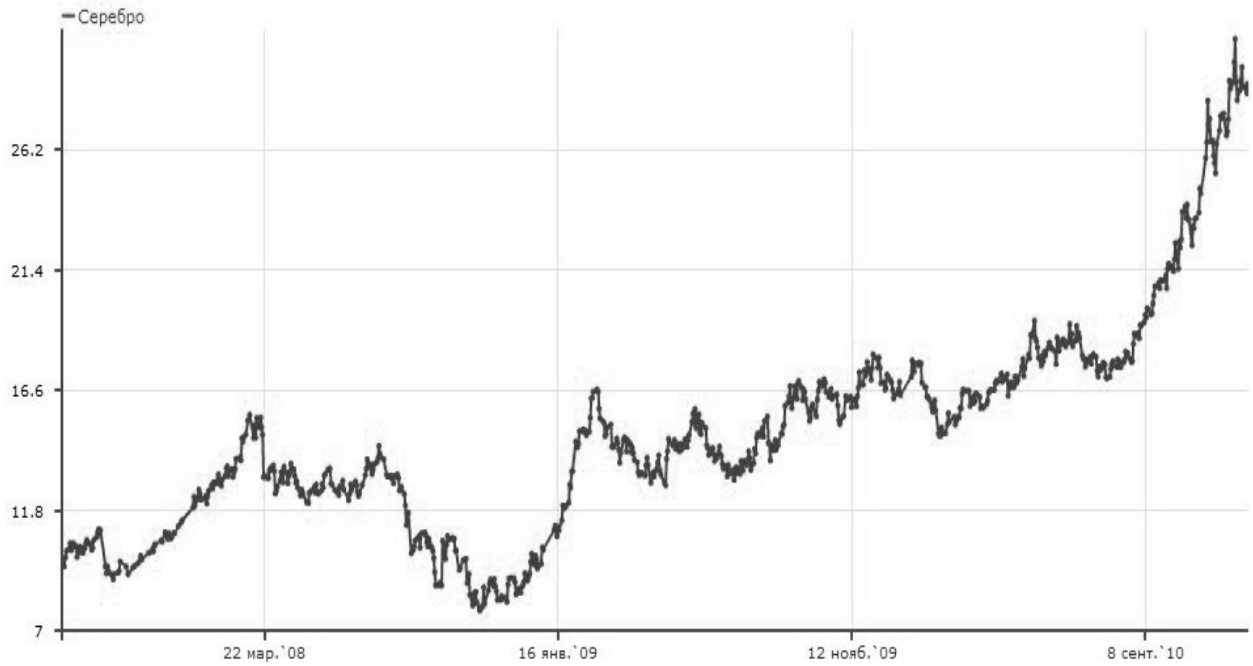


Рис. 186. Динамика цен на серебро (руб/г) 2008 – 2010 гг.

Платина

Платина (от исп. Platina - уменьшительное от plata («серебро»)) и металлы платиновой группы (палладий, родий, осмий, рутений и иридий) были последними благородными металлами, освоенными человечеством. Впервые платина была привезена в Европу конкистадорами в XVII в. из Колумбии, где она добывалась вместе с золотом из россыпей. Этот серебряно-белый металл, такой же тяжёлый, как и золото (плотность 21,5 г/см^3), оказался более твёрдым и внешне похожим на серебро (рис. цв. 187). Он долго не находил применения. Уникальные свойства металлов платиновой группы - высокая огнеупорность, хорошая электропроводность, химическая стойкость, способность поглощать газы, служить отличным катализатором и многие другие - нашли применение значительно позже, уже в XX в.

Платину сложно использовать, как золото и серебро, для чеканки монет. Во-первых, это очень редкий металл: до XX в. его главными производителями были Колумбия и Россия. Во-вторых, платина внешне похожа на серебро, поэтому следует бояться подделок и по этой причине она не годится для массового распространения.

В-третьих, она долгое время была неизвестна населению большинства стран и вызывала подозрения. В-четвёртых, чеканка монет из платины обходится в (30-40) раз дороже, чем из золота. Тем не менее, такую попытку предприняла Россия. В 1819 г., через три года после открытия первых россыпей на Урале, в добытом золотом песке горный инженер В. Любарский обнаружил «новый сибирский металл», названный сначала белым золотом.

В финансовых кругах России вспыхнула надежда, что наконец-то с помощью этой находки можно если не решить, то, по крайней мере, ослабить постоянную нехватку благородных металлов для денежного обращения. И уже по царскому указу 1828 г. началась чеканка платиновых рублей, которая продолжалась до 1846 г. К этому времени было добыто 32 т платины. Из них на изготовление монет потрачено около 15 т. Но по отмеченным выше причинам дело было обречено на провал. Рынок с подозрительностью отнёсся к новой монете. Сразу же появилось много подделок, и в 1845 г. платиновые рубли были изъяты из обращения. Ещё долго в хранилищах Петербургского монетного двора находилось (по разным данным) от 11,5 до 320 т металла в монетах и слитках.

Во второй половине XIX в. платина была продана английской фирме «Джонсон, Маттэ и Ко». В результате Великобритания стала монополистом в производстве изделий из этого металла и долго сохраняла лидерство на рынке платины. В России интерес к новому металлу угас. Уральские россыпи с большими перерывами отрабатывались вплоть до полного истощения в середине XX в. Новый интерес к платине появился в 20—30-е гг. XX в. в связи с научно-технической революцией, и с тех пор внимание к металлу не ослабевает. Основными его источниками в течение последних 50 лет являются три горнорудных гиганта: Южная Африка (рудники Бушвельда, на долю которых приходится 50% мировой добычи); Канада (рудники Садбери) и Россия (Норильские рудники) (рис. цв. 188). Вклад двух последних составляет примерно 10-12% мирового производства.

В России главным поставщиком металлов платиновой группы служит Норильская группа месторождений (почти 90%), где в медно-никелевых рудах содержатся высокие концентрации этих металлов. Важная экономическая роль принадлежит также платиновому поясу Урала (т.е. цепочке месторождений), протягивающемуся в меридиональном направлении более чем на 900 км. Здесь расположены весьма перспективные (с возможными запасами 1 тыс. т) платиноносные массивы - Нижнетагильский, Косьвинский, Светлоборский и др. Уникален и неповторимо красив Кондёрский горнорудный комплекс, находящийся в недрах Алданского нагорья. Как будто специально

природа спрятала этот первозданный оазис в дебрях Приохотской тайги - в 200 км от побережья Охотского моря, в гористых верховьях реки Мая. Особенно прекрасны эти места во второй половине короткого сибирского лета: сочные краски зелени, спешащей получить долгожданное тепло, оттеняются контрастными силуэтами хребтов, увенчанных небольшими светло-серыми шапками нерастаявшего снега. Если всё это освещено косыми лучами почти незаходящего солнца, то создаётся поистине фантастическая картина. С высоты птичьего полёта открывается панорама идеального круглого хребта, разорванного только в одном месте каньоном небольшой реки, вытекающей из окружённой им котловины. Диаметр горного кольца (7-8) км. Хребет возвышается над окружающей тайгой на 700 м (и на 1400 м над уровнем моря).

Особенно впечатляют то изумрудно-зелёные (местами до чёрно-зелёных), то красно-бурые склоны хребта и внутренних пологих гряд. В котловине породы разогреты теплом, поступающим из глубин Земли. Кольцевой хребет Кондёр был обнаружен геологом В.П.Кулешовым в 1936 г., но только в 1960 г. экспедиция геологов во главе с А.А.Ельяновым и Г.В.Андреевым сделала его первое описание. С тех пор почти ежегодно летом сюда устремляются исследователи недр. Своей загадочностью, неповторимым разнообразием пород, минералов и руд Кондёр привлекает специалистов разного профиля.

В его «чаше» в поймах реки и впадающих в неё ручейков (т.е. на участках речных долин, затопляемых водой при разливе) располагаются одни из богатейших в России платиново-золотые россыпи. Содержание платины в них колеблется от нескольких граммов до десятков граммов на 1 м3 песков и галечников. В центральной части котловины нередко встречаются самородки. Именно здесь в 1993 г. старателями артели «Амур» добыт самый крупный в XX в. и третий по величине в мире самородок платины весом 3519 г.

Россия имеет все шансы уверенно сохранить второе место в Мировом платиновом картеле — объединении производителей металла — и в XXI в. Мировое производство платиноидов в настоящее время составляет (250-280) т, при этом на долю собственно платины приходится около 50%.

Непосредственно после Второй мировой войны спрос на платину был настолько высок, что она стоила на (10—15)% дороже золота, но ввод в эксплуатацию новых месторождений в США, Зимбабве и других странах насытил рынок. Кроме того, общий спад промышленного производства в мире, наметившийся вначале 90-х гг., и экономический кризис в России (в 1991 г. Россия экспортировала 34 т, а в 1993 г. — 14 т) привели к застою в этой отрасли.

Цены на платину (рис. цв. 189) практически сравнялись с ценами на золото, всё-таки превышая последние на (1-2)%. К наиболее ценным платиновым металлам относится родий, употребляемый для изготовления катализаторных сеток. Его цена в (2,5-3) раза выше цены платины. К менее ценным элементам этой группы относятся пока не нашедшие достаточно широкого применения рутений (в 10 раз дешевле платины) и палладий (в 2—2,5 раза дешевле платины).

В современной экономике металлы платиновой группы используются для изготовления катализаторов (50%), в электронной промышленности, автоделе и медицине (2,5%), для производства химической посуды и антикоррозийных покрытий (15%). В современном ювелирном деле, где используют пока только 10% добываемой платины, наметилась тенденция шире применять её при изготовлении оправ для бриллиантов. Никакой другой материал не способен так оттенить красоту бриллиантов, как обладающая приятной ровной окраской платина. При добавлении в платину небольшого количества палладия получается сплав, известный под названием «белое золото», кото-

рый тоже охотно используют ювелиры. В нашей стране и во всём мире спрос на наиболее дорогие украшения из платины и бриллиантов постоянно растёт.

Выводы. В ближайшие годы горнопромышленную индустрию драгоценных металлов ожидают коренные изменения. В состоянии стагнации будет находиться производство золота. Ведущими металлами 21 века становятся платиноиды и серебро.

Фундаментальной народно-хозяйственной задачей становится прогноз и освоение новых промышленно-генетических типов, прежде всего платиноидных месторождений. В настоящее время эту отрасль сдерживает узость минерально-сырьевой базы, развитию которой препятствует косность устаревших теоретических разработок, не позволяющее выходить на новые перспективные провинции и районы.

Дальнейший импульс получит металлогения золото-серебряных вулканогенных поясов, которая позволит резко увеличить масштабы добычи серебра в палеопровинциях мира.

Заключение

Невозможно переоценить роль полезных ископаемых в становлении цивилизации. Американский этнолог Генри Люис Морган писал, что с момента, когда варвар научился получать и применять металл, девять десятых борьбы за цивилизацию было выиграно. Использование металла стимулировало развитие земледелия, строительства, ремесел, военного дела и культуры; способствовало бурному социальному прогрессу. Не случайно первые государства на земле возникли в эпоху раннего металла. Выдающийся русский историк, географ и этнолог Л.Н.Гумилев пришел к выводу о неразрывной связи истории людей и истории природы, понимая под этим роль климата, ландшафта и природных ресурсов в создании устойчивых, естественно формирующихся коллективов людей, так называемых этносов.

Месторождения полезных ископаемых – это участки Земли, в пределах которых возможно добывать необходимое для народного хозяйства минеральное сырье. Образуются месторождения только во внешней оболочке Земли, имеющей толщину всего 10-15 км. Она получила название рудосфера. Здесь происходит постоянный круговорот веществ. Первоначально на больших глубинах из расплавов образуются магматические породы и руды. Затем солнце, вода и ветер разрушают их (экзогенные процессы) и в виде обломков и растворов переносят в моря и озёра. Постепенно там накапливаются 1000-метровые толщи песков, глин, солей и других осадочных пород, которые погружаются в глубинные части Земли, где под влиянием высоких температур и давлений преобразуются в метаморфические породы. Таким образом, завершается цикл круговорота вещества. С момента возникновения Земли они следуют один за другим. Обширное семейство руд образуется из магматических расплавов на глубинах 1,5-3,5 км. В нем выделяют три группы: 1. Первая относится к ультраосновным породам, которые возникают из магмы, богатой магнием и железом, но бедной кремнием. В них образуются медные и никелевые руд (Норильск на Таймыре, Садбери в Канаде); хрома, титана и платины; (Бушвельд в Южной Африке); редких и редкоземельных элементов (на Кольском полуострове и в Южной Африке). В трубообразных телах, сложенных кимберлитами, возникают алмазы. 2. Вторая группа связана с диоритами - породами обогащёнными оксидами калия, натрия, кальция и алюминия и обеднёнными кремния. Это руды меди и молибдена крупнейшего на Земле пояса, проходящего через обе Америки от Огненной Земли до Аляски. Третья - образуется из растворов, циркулирующих по трещинами, связанных с гранитами – породами, содержащими до 70-90% кремнезема. Как в самих гранитах, так и во вмещающих их породах отлагаются руды серебра, золота, вольфрама, молибдена, свинца, цинка, висмута и др. (Тырныауз на С. Кавказе, Бингхем в США, Саса в Македонии и т.д.). В эпохи ранней Земли в приповерхностном слое нашей планеты сформировались основные крупнейшие структуры – плиты-континенты: Евразийская, Северо-Американская, Южно-Американская, Африканская, Австралийская и Антарктическая.

Как внутри платформ, так и по их периферии активно протекали геодинамические и магматические процессы, образовавшие крупные промышленные скопления месторождений полезных ископаемых – рудные районы. В зависимости от типов рудообразования различают районы: эндогенных руд, связанных с глубинной энергетикой земли; экзогенных, ассоциирующих с энергией солнца, и полигенных, в формировании которых принимали участие как эндогенные, так и экзогенные процессы. Вулканогенные месторождения представлены двумя группами: 1. Эндогенной, возникшей на континентах в вулканах на глубинах до 1,5 км из горячих растворов. Они представлены очень богатыми Au-Ag месторождениями, сотни которых расположены по берегам Тихого океана: на западе - в Андах и Кордильерах, а на востоке - в вулканических горных

цепях Чукотки, Камчатки, Японии, Китая и Австралии. 2. Эндогенно-экзогенной, связанной с базальтовыми лавами, изливавшихся на дно окраинно-морских бассейнов. Они сложены сульфидами железа, меди, цинка и свинца. Характерны для древних вулканических поясов Урала, С. Кавказа, Канады, США и др. регионов.

Очаги цивилизации концентрировались не только в благоприятных ландшафтно-климатических зонах земли, но и вблизи источников получения важных минеральных ресурсов. В истории горнорудного производства, как и в истории цивилизации, можно выделить четыре периода: 1. Древнейший (до X в. до н.э.); 2. Древний (до I в.н.э.); 3. Средневековый (до XVIII в.); и 4.Новый, в котором мы и сейчас живем.

1. Древнейший период– длительный отрезок времени, когда человек делал первые шаги в познании и освоении окружающего мира. Он длился несколько сотен тысяч лет, в течение которых человеческое общество претерпело два этапа своего развития, получивших название каменный и бронзовый века. Обратите внимание, даже в периодизации заложена идея об определяющей роли полезных ископаемых.

2. Древний период (до I в.н.э.) знаменуется коренным переломом в укладе жизни. Активно формируется рабовладельческое общество, возникают первые республики, сначала в Греции, а затем и в Риме. Первые сведения о минеральных богатствах мы находим в поэмах Гомера и Лукреция и в трудах Аристотеля, Геофаста, Плиния Старшего и других. Замена в хозяйственном производстве дорогой бронзы дешевым железом резко повысило его эффективность. Началась эпоха, когда царским металлом стало железо. Целые народы и многие племена специализируются в горнорудном и металлургическом ремесле. На южном побережье Черного моря таким народом были халибы. В Европе освоение месторождений, выплавку металла и изготовление оружия и предметов быта связывают с племенами кельтов (латинская культура). Кельты добывали оксидные руды – гематит и лимонит.

3. Средневековый период (до XVIII в.) были заложены основы рудной геологии и создана горнорудная промышленность. Он разделяется на два этапа: раннее средневековье (I-XV века) и эпоха Возрождения (XV-середина XVIII в.). Границы древнего и средневекового периода различаются для региональных центров мировой цивилизации. В Китае в провинции Хубей начало средневековья смещается в первые века н.э. Обнаруженные остатки древних рудников Тонглишон, периода XI в. до н.э. - II в.н.э., указывают на высокую технику работ. Эпоха Возрождения характерна для Западно-Европейского центра цивилизации. С ней связан интеллектуальный всплеск. Создаются новые и расширяются старые города, возникают известные архитектурные стили - ренессанс и барокко, мощное развитие получает кузница Европы в Рудных горах (Саксонские Альпы), снабжавшие все страны этого региона серебром, свинцом, оловом, железом, медью и разнообразными краски. Появляются первые идеи о рудообразовании. С эпохой Возрождения связана деятельность ученых - создателя учения о рудных месторождениях и металлургии Георгия Бауэра (Агриколы), великого французского философа и математика Рене Декарта, гения русской науки М.В.Ломоносова. В проблеме происхождения Земли и полезных ископаемых геологический мир раскололся на два непримиримых лагеря - нептунистов и плутонистов. Лидером первых был Абраам Готлоб Вернер, а вторых – Джемс Геттон. Происходит замена латинского языка на национальные языки в научной сфере.

4. Новый период условно можно считать, начиная с середины XVIII в. до наших дней. Он характеризуется становлением науки, как одной из важнейших сфер человеческой деятельности, созданием разветвленной государственной и частной структуры горнорудного дела и лавинного ускорения научно-технического прогресса. Происходит смена в ведущих странах мира феодальной системы капиталистической. Именно в это время совершились три грандиозные научно-технические революции, ко-

ренным образом изменившие ход мировой истории и позволившие выделить соответствующие этапы: **начальный, великих открытий и современный**. Протяженность каждого этапа столетие. В этапе последовательность событий: 1) фундаментальные открытия и научно-технические разработки; 2) обеспечение возникших отраслей науки и техники минерально-сырьевой базой; 3) массовое производство.

Начальный этап – Первая в Новом периоде научно-техническая революция (1820-1900 гг.);Произошла замена древесного угля каменным. Эту проблему решил англичанин Генри Корт, создавший специальную печь для плавления чугуна с использованием каменного угля. Генри Бессемер разработал технологию получения стали из жидкого чугуна. Эти изобретения превратили XIX век в «железный ренессанс». Страна, владеющая запасами угля, железных руд и технологиями их переработки, могла контролировать мировую экономику. В начале XIX в. это была Англия. На базе железа создается мировая сеть железных дорог, многократно увеличивается мощь артиллерии, создаются первые военные исполины -крейсеры и линкоры. Железные изделия пронизывают все сферы человеческой жизни, в строительстве, в архитектуре, декоративном искусстве, военном деле и в бытовых изделиях. Роль основного источника получения энергии прочно закрепилась за углем.

Начиная с конца XIX в. в ведущих странах мира создаются геологические службы: Англия - 1832 г., Австралия - 1849 г., Канада - 1853 г., Франция - 1855 г., Швеция - 1858 г., Италия - 1868 г., Венгрия - 1872 г., Германия - 1873 г. и Россия - 1882 г. Основной задачей этих организаций было систематическое изучение геологического строения и полезных ископаемых. Разрабатываются сотни месторождений железных руд на Урале, в Кривом Роге, в Лотарингии, в Рудных Горах Центральной Европы, в районе озера Верхнего на границе США и Канады и во многих других регионах мира. Осваиваются грандиозные угольные бассейны. Создаются гигантские промышленные центры, объединяющие угольные и железорудные бассейны: Лотарингский, Минас Жераис в Бразилии, Английский, Донбасский, Уральский, Рудногорский в Центральной Европе и другие. Река чугуна и стали неиссякаемым потоком устремилась в промышленное производство. Разгораются войны и конфликты между государствами за обладание минеральными ресурсами. В XIX веке из чугуна создаются решетки в садово-парковых ансамблях, балконах, изгородях и т.д. Строятся огромные металлические арочные мосты и состоящие из отдельных конструкций уникальные сооружения Высокохудожественные изделия из чугуна стали украшениями многих городов.

Агрономическое сырье. К началу XIX в. в мире сложилась поистине драматическая ситуация. Волны голода прокатывались каждые 3—5 лет по всем континентам. Главной причиной неурожаев было истощение почв и вредители сельского хозяйства. Это положение вряд ли смогла бы изменить какая-либо общественно-политическая система. Именно геологам предстояло открыть источники жизненно важных для человечества минеральных ресурсов. С середины XIX в. началось производство первых удобрений из фосфоритовых руд. В учебных центрах мира стали создаваться научные направления по изучению сырья для агрономических целей. Особенно велика роль трёх: фосфора, калия и азота, называемых триадой жизни. Добыча и потребление фосфатов удваивается через каждые 10—15 лет; всего же с 1937 г. отмечено увеличение добычи фосфатного сырья в 10 раз. Единственным источником калия являются калийные соли. Блестящий прогноз Н.С.Курнакова привёл к открытию в 1925 г. в России крупнейшего в мире Верхнекамского бассейна калийных солей.

С начальным этапом связано создание теоретических основ современной геологии и прежде всего учения о полезных ископаемых. Была разработана теория происхождения месторождений из магматических расплавов. Ее активно развивали: француз Ж. Фурне (1835 г.) и английский натуралист Т. Бельт (1861 г.). На базе нептунических

представлений Вернера выкристаллизовалось инфильтрационное направление в объяснении происхождения руд. В это время в области рудной геологии работали выдающиеся ученые - французы Де Лоне, впервые предложивший в 1897 г. термин «гидротермальные месторождения», и Эли де Бомон (1847 г.), фундаментальные исследователи А. Гумбольт и Р.Мурчисон (1842 г.). Наиболее значительный вклад внес американский геолог В.Лингрен (1906 г.), классификацией месторождений которого исследователи пользуются и по сей день.

Этап великих открытий начала XX века. Развитые страны предприняли две попытки по переделу мира - Первая и Вторая Мировые войны. Возникли новые отрасли науки и производства - электротехническая, автомобильная, ядерная, радиоэлектронная. Создаются главные биржи в Лондоне и Нью-Йорке. Развитые страны предприняли две попытки по переделу мира - Первая и Вторая Мировые войны. Потребовалось существенно увеличить объёмы добычи железных, медных, марганцевых, фосфорных, никелевых, кобальтовых, ртутных, сурьмяных и некоторых других типов руд. В промышленный оборот были вовлечены новые виды полезных ископаемых - урановые, пьезооптические, диэлектрические, расширился список добываемых легких, цветных, редких и малых элементов, агрохимических типов сырья и строительных материалов. О масштабах геологической службы СССР можно судить по тому, что только в системе бывшего Мингео в 70-х годах 20 века трудилось более 500000 человек. К ним надо добавить несколько миллионов работавших в горнорудной, металлургической, агрохимической и других перерабатывающих отраслях народного хозяйства.

Минеральные ресурсы Мирового океана. Комплекс причин – геополитических, экономических и экологических создалиусловиядля практического освоения минеральных ресурсов Мирового океана. Разведка и разработка твердых полезных ископаемых дна Мирового океана будет протекать в три этапа в последовательности: I Начнется в 2018 г. с глубоководных полиметаллических сульфидов Атлантического срединно-океанического хребта; II. Следующим этапом будет освоение кобальтоносных железно-марганцевых корок и конкреций ЮЗ части Тихого океана (Магеллановы горы) ориентировочно после 2025г.; III. Ближе к середине 21 века наступит время разработки гигантских резервов полиметаллических железо-марганцевых конкреций провинции Кларион-Клиппертон (Тихий океан).

Редкоземельные элементы. Сфера их применения в будущем будет расширяться, хотя они уже и сейчас активно используются в ядерной технике, чёрной и цветной металлургии, электротехнике, электронике и радиотехнике, химической и силикатной промышленности, медицине, авиации, ракетостроении и других областях. Известно около 70 собственных минералов РЗЭ и более 280 минералов, где они в виде примесей: бастнезит, монацит, ксенотим, паризит, черчит, рабдофанит, эвксенит, лопарит, бритолит и др., для Sc – тортвейтит. В силу своих геохимических особенностей концентрации РЗЭ и Sc приурочены к поздне- и постмагматическим процессам. Месторождения связаны с пегматитами, карбонатитами, гидротермально-метасоматическими образованиями, корами выветривания.

Ядерная энергетика. Радиоактивность явилась одним из величайших открытий человечества, ставшим началом новой эры в техническом прогрессе. Управляемая цепная реакция применяется в ядерном оружии и в реакторах на атомных электростанциях. В меньших масштабах элементы, обладающие радиоактивностью, используются в медицине, контрольно-измерительной аппаратуре. Спрос на ядерные материалы с появлением атомной промышленности резко возрос. Все страны лихорадочно ускорили поиск радиоактивных руд. За короткий срок были открыты крупные месторождения в Европе, Средней Азии, на Кавказе, в Сибири, Африке, Южной и Северной Америке, Австралии. Одновременно с «воинской службой» атом осваивает мирные профессии. В начале 60-х

гг. возникла ядерная энергетика, роль которой неуклонно росла вплоть до середины 80-х гг., когда в мире действовало уже 417 электростанций. Во Франции получают до 70% электроэнергии; в США — 18%; России — 7—8%. Только для поддержания современного уровня атомной энергетики необходимо ежегодно производить 40—50 тыс. т.урана. Однако события, происшедшие в мире во второй половине 80-х гг., отрицательно повлияли на репутацию атомной энергетики. Весной 1986 г. произошла катастрофа на Чернобыльской электростанции, 2011г- Фукусимская и несколько аварий на других станциях мира. Второй причиной спада интереса к урановым месторождениям явилось перенасыщение атомным сырьём вооружённых сил. Участились аварии на атомных подводных лодках, возникла проблема захоронения радиоактивных отходов, изменилась военная политика ведущих держав мира. Наступил кризис атомной энергетики. В конце 80-х — начале 90-х гг. закрываются рудники в Канаде, США, ЮАР и других странах или сокращается добыча урановых руд на действующих предприятиях. Особенно болезненно этот процесс протекал в странах бывшего СССР. Часть стратегического запаса урана выбросили на рынок и США. Началась борьба за выживание мировой урановой отрасли. Ряд стран ввёл жёсткие ограничения на ввоз этого сырья. Подобная ситуация сохранилась до конца XX в., когда оказались исчерпаны стратегические запасы, демонтированы заряды боевых ракет и проходит шок в общественном сознании после Чернобыльской и Фукусимской катастроф. Серьёзной замены атомной энергии нет. Спрос на урановое сырьё вновь возрастает и отряды геологов как прежде отправляются на поиски новых месторождений.

Горные породы, минералы и руды в современном искусстве. Мир камня - это не только бесконечное разнообразие красок и форм. Каждый образец имеет свою историю. В насыщенной событиями геологической истории Земли каждый индивид и каждый агрегат имеет личную биографию. Задача коллекционера в том, чтобы донести до зрителя неповторимую красоту подземного царства. Нефрит и жадеит – искусство и религия – сакральные камни народов юго-восточной Азии. **Нефрит** широко применяется для изготовления предметов быта и религиозного культа. Месторождения нефрита известны на всех континентах. Наиболее крупные находятся в Канаде, Бирме и Китае. В ноябре 1997 г. в книге рекордов Гиннесса зафиксирована уникальная находка нефрита весом 260,76 т и размером (7,95 х 6,88 х4,1) м (Китай, уезд Сиуян).

Камнесамоцветные провинции – это крупные (сотни и тысячи км^2) региональные геологические структуры, в пределах которых на определенных тектоно-магматических этапах их развития протекали эндогенные гидротермально-метасоматическиеи экзогенные процессы, сформировавшие месторождения полезных ископаемых. В пределах СНГ выделяется15 камнесамоцветных провинций, каждая из которых характеризуются специфическим набором типов самоцветного сырья. В качестве примера рассмотрена Уральская провинция. В её южных пределах располагаются *Южноуральские яшмы,* возникшие в симбиозе с грандиозными колчеданно-полиметаллическими месторождениями. По мнению Б.В.Семенова«Среди поделочных камней особое место надо отвести яшме, так как на её обработке родилось и окрепло наше камнерезное дело, русская яшма заняла первое место во всем мире по богатству и размерам её месторождений, по грандиозности изделий и по бесконечному разнообразию тонов». Вторым по масштабам поделочным камнем на Среднем Урале почти 100 лет был *малахит.* По мере отработки верхних частей медноколчеданных месторождений находки коллекционных малахитов становились всё реже и реже, и в настоящее время находят всего несколько десятков килограммов в год. Эпоха малахитового Урала. *Орлец (родонит)*, после малахита –второй исконно русский камень. Его яркие розовые и малиновые цвета в сочетании с красивыми чёрными узорами, образуемыми прожилками оксидов марганца, привлекли внимание ещё камнерезов Древней Руси. Сред-

ний Урал славится своими *Изумрудными копями,* имеющими мировое значение. Здесь добывают драгоценные камни с бериллием: изумруд, александрит, фенакит. *Горный хрусталь на Северном Урале* начали добывать на месторождениях Додо, Сура-ИзиПуйва в 30 –х годах 20 века.

Камнеграфия – новое направление в искусстве. Сущность камнеграфии заключается в подборе таких срезов красивых цветных камней, фотоотпечатки которых могут служить существенными по размерам частями пейзажных или другого вида картин Автор направления Л.И.Шабалин обнаружил в образцах горных пород и руд цветные картины и богатейший по гамме красок и узоров материал для создания мозаичных произведений, развивающих у любителей природы эстетические вкусы независимо от таланта и мастерства. Одним из достаточно распространенных видов камнесамоцветного искусства является создание картин не рисованием красками, а *склеиванием крошки цветных минералов.* Успешно работает такая художественная мастерская на Кольском полуострове, в Хибинах. Созданные здесь картины и миниатюры чаще всего посвящены замечательным пейзажам этого заполярного края. Наряду с великолепными видимыми минеральными образованиями, которые мы рассматривали в наших лекциях, существует гигантская вселенная *микроскопических мелких трудно различимых, но не менее красивых, образований.* К ним относятся многие акцессорные минералы, а также эфемерные, легко разрушаемые крайне неустойчивые в земных условиях, минеральные агрегаты зон окисления и выветривания. Фотографии этих объектов украшают многие художественные выставки.

Замена природного ювелирного сырья *кристаллами, выращенными человеком* – вопрос деликатнейший. Драгоценность камня определяют два фактора - его красота и редкость. Промышленное производство неминуемо предполагает тиражирование продукта. Таким образом, один из основных признаков драгоценного камня, его редкость, сводится к нулю. Тем не менее, потребности мирового рынка в камнесамоцветном сырье уже давно не покрываются природными камнями, а рынок искусственных самоцветов характеризуется объёмами в сотни тонн.

Благородные металлы. С момента зарождения и на протяжении всей истории развития цивилизации благородные металлы играли важную роль в создании сначала племенных объединений, ранних государств, крупных империй, а затем и систем современного мироустройства. Вместе с эволюцией общества менялись цели и влияние этих металлов на социально-экономические процессы, протекавшие на разных этапах его развития. В ранней истории особо значимыми были золото и серебро. В Новое время к ним присоединились платиноиды, роль которых в ближайшем будущем будет существенно возрастать.

Золото. Многоликие функции золота – символа богатства, основы товаро-денежных отношений, регулятора и двигателя всех преобразований в мире с развитием цивилизации расширялись и укреплялись. Возникали и разрушались государства, империи, появлялись и исчезали народы, а роль этого металла на протяжении тысячелетий оставалась неизменно важной. Особенно грандиозного влияния оно приобрело с появлением капиталистической формации в XIX и XX веках. И именно на пике могущества золото лишилось своего главного магического свойства ─ функции абсолютных денег. Произошла кардинальная смена системы товаро-денежных отношений. В современную эпоху мир вступил в фазу перманентного финансово-экономического кризиса. Государственные деятели, финансисты и экономисты – в большинстве своем понимают возникшую ситуацию. Золото–наиболее грандиозный миф человечества должен был рухнуть и это случилось. В сущности никакой металл не может выполнять роль денег в современной глобальной финансово-экономической системе.

Серебро. Вторым денежным металлом в истории было серебро. В ранние века античной эпохи (XI—XIII вв. до н.э.) в Греции серебро ценили выше золота. Но по мере увеличения добычи меди и свинца росло производство их верного спутника — серебра. В средние века серебро было излюбленным металлом для монетной чеканки у многих народов мира. Тонкий, весь заполненный вязью арабских надписей кружок дирхема на протяжении нескольких столетий считался желанной монетой на огромном пространстве от Ирландии до Индии, выполняя роль самой настоящей валюты, которую принимали и византийцы, и викинги, и степные кочевники. С середины XX в. серебро перестало быть металлом, из которого только чеканили монеты. Возникновение и развитие таких отраслей промышленности, как фотография, электротехника, радиоэлектроника, привели к резкому увеличению спроса на серебро и изъятию его из денежного обращения.

Платиноиды и металлы платиновой группы (палладий, родий, осмий, рутений и иридий) были последними благородными металлами, освоенными человечеством. Впервые платина была привезена в Европу конкистадорами в XVII в. из Колумбии, где она добывалась вместе с золотом из россыпей. Она долго не находила применения. Уникальные свойства металлов платиновой группы — высокая огнеупорность, хорошая электропроводность, химическая стойкость, способность поглощать газы, служить отличным катализатором и многие другие — нашли применение значительно позже, уже в XX в. К наиболее ценным платиновым металлам относится родий, употребляемый для изготовления катализаторных сеток. Его цена в 2,5-3 раза выше цены платины. К менее ценным элементам относятся рутений (в 10 раз дешевле платины) и палладий (в 2—2,5 раза дешевле платины).

В ближайшие годы горнопромышленную индустрию драгоценных металлов ожидают коренные изменения. В состоянии стагнации будет находиться производство золота. Ведущими металлами 21 века становятся платиноиды и серебро. Фундаментальной народно-хозяйственной задачей является прогноз и освоение новых промышленно-генетических типов, прежде всего платиноидных месторождений. В настоящее время эту отрасль сдерживает узость минерально-сырьевой базы, развитию которой препятствует косность устаревших теоретических разработок, не позволяющее выходить на новые перспективные провинции и районы. Дальнейший импульс получит металлогения золото-серебряных вулканогенных поясов, которая позволит резко увеличить масштабы добычи серебра в палепровинциях мира.

Гидроминеральные ресурсы. Одним из важнейших фундаментальных компонентов в строении планетных систем в ближнем и дальнем космосе является вода. На земле она органически связана со всеми химическими элементами, горными породами, рудами и газами и активно участвует во всех эволюционных процессах органического и неорганического мира, составляя гидросферу нашей планеты. Природные воды являются важнейшим природным ресурсом, без которого невозможна жизнь на нашей планете. Главные области их использования: 1) хозяйственно-питьевое; 2) лечебные минеральные воды; 3) промышленные воды; 4) теплоэнергетические воды.

Хозяйственно-питьевые водные ресурсы. Речь идет о пресных (минерализация <1,0г/л) водах, используемых для коммунальных нужд, промышленных предприятий и сельского хозяйства. Качество вод для каждой сферы применения регламентируется ГОСТами. Россия располагает общим объёмом пресных подземных вод в руслах рек и озер - 25 тыс.км^3. Только в озере Байкал -23 тыс. км^3. Средний годовой объём речного стока равен 4043 км^3. В водохранилищах запасы составляют 338,6 км^3.Эти ресурсы распределены по территории России крайне неравномерно. Большая масса их сосредоточена в северных и восточных регионах страны. В среднем по России: 1. прогнозные

ресурсы равны 1098 млн.м^3/сутки; 2. эксплуатационные запасы – 89378,8 тыс.м^3/сутки. Однако степень достоверности этих данных крайне низка.

Минеральные воды, обладающие бальнеологическими свойствами, относятся к категории лечебных. В их составе в оптимальных терапевтически активных концентрациях содержатся различные минеральные, органические и радиоактивные вещества. Наиболее важные компоненты: CO_2,H_2S, Fe, As, Br, I, H_4SiO_4, Rn, органические вещества. Выделяют 8 основных бальнеологических групп: 1.Углекислые; 2. Сульфидные (CH_4, N_2, CO_2); 3. Железистые, мышьяковистые и др.(N_2, CO_2); 4. Бромные, йодобромные и йодные (N_2, CH_4); 5. С повышенным содержанием органических веществ и N_2, CH_4;6. Радоновые (N_2, CO_2); 7. Кремнистые термальные (N_2,CH_4, CO_2);8.Обширная группа с различными по составу микрокомпонентами и величинами минерализации. Выделяют подгруппы: Московскую (SO_4-Ca, $M_{3,9}$); Баталинскую (SO_4-Na, M_{20}), Старорусскую (Cl-Na, M_{20}) и др.

Промышленными называются воды, содержащие компоненты в концентрациях, обеспечивающих их рентабельную добычу и переработку с использованием современных технологий в качестве минерального сырья для народного хозяйства. Они являются основными источниками получения йода (100%) и брома (60-70%). Кроме того, из минерализованных вод извлекают: Li, Rb, Cs, K, Mg, Ra, Sr, He, Re, поваренную соль, сульфат натрия. Весьма перспективно получение широкого спектра редких, рассеянных, редкоземельных и радиоактивных элементов из рудничных вод на действующих горных предприятиях.

Природные термальные воды – самовосполняемый, экологически чистый источник энергии. К этой категории относятся воды с температурой >20-35^{0}C. Среди них выделяют воды для: 1. теплофикации (20-35^{0}C); 2. выработки электроэнергии (100-180^{0}C); 3. теплофикации и горячего водоснабжения (70-100^{0}C); 4. тепличнопарникового хозяйства (<70^{0}C). Кроме того, их иногда используют комплексно для бальнеологических и промышленных целей. В России воды, пригодные для получения электрической и тепловой энергии имеются на Дальнем Востоке и Кавказе.

По данным американского исследователя Д.Кука за период 1943-1985 гг. в мире было открыто 150 крупных и уникальных месторождений меди, свинца, золота, серебра, урана, молибдена и никеля. Это в значительной степени сняло минерально-сырьевой пресс во второй половине 20 века. Проблема существенного прироста запасов руд в настоящее время и в будущем может осуществляться только путем выявления новых генетических типов месторождений и освоение глубинных(300-500 м) ресурсов на известных рудных объектах. С современным этапом связана деятельность широкой плеяды выдающихся ученых: С.Эммонса, Ч.Ван Хайза, А.Бэтмана, Ч.Парка, Г.Шнейдерхена, В.А.Обручева, А.Е.Ферсмана, М.А.Усова, А.Г.Бетехтина, П.М.Татаринова, П.Рутье, С.С.Смирнова, В.И.Смирнова, Н.М.Страхова, А.Д.Щеглова, А.Митчелла, Г.Кинга, В.Силлитое, Т.Сато и многих других.

Литература

- **Авдонин В.В. и др.** Полезные ископаемые Мирового океана Москва, 2000. 160 с.
- **Агаты Караганды.** Караганда, 2012. 12 с.
- **Агрикола Г.** О горном деле и металлургии. М.: Изд-во АН СССР, 1962, 509с.
- **Андреев С.И.** Кобальтовые руды Мирового океана, СПб.: ВНИИОкеангеология, 2002, 167с.
- **Андреев С.И., Черкашев Г.А., Юбко В.М., Сергеев М.Б.** Минеральные ресурсы мирового океана: изучение и возможности освоения на период до 2030г., «ФГУПВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга», 2011, 30с.
- **Андреев С.И., Аникеева Л.И.** Основы минерагении Мирового океана. Смирновский сборник -2012, М.: 2012, с.23-49.
- **Аристов В.В., Роков А.Н., Русецкая Г.Г.** Очерки по истории поисков и открытий месторождений полезных ископаемых. Москва, 2000. 622 с.
- **Арсанова Г.И.** Вода, вулканизм, гидротермы и гидротермальное рудообразование. Смирновский сборник -2011, М.: 2012, с.179-195.
- **Архангельская В.В., Усова Т.Ю., Лагонский Н.Н., Чистов Л.Б.** Руды редкоземельных металлов России. Москва, 2006. 72 с.
- **Археология.** Под редакцией академика РАН В.Л.Янина. Москва, 2006. 608 с.
- **Баженов Ю.М., ЛыковаВ.И.** Золото в языческих культах, верованиях и представлениях об окружающем мире. См.сборник.М.: 2008, с. 249-257.
- **Баркин Ю.В.** Механизм активной жизни земли и других небесных тел. М.: Изв.секции Наук о Земле РАЕН, вып.20, 2011, с. 5-17.
- **Бек Кристиан.** История Венеции. Москва, 2002. 192 с.
- **Бондаренко С.С., Куликов Г.В.** Подземные промышленные вводы. М.: Недра, 1984, 355с.
- **Беккерт М.** Железо. Факты и легенды. Москва, «Металлургия», 1988. 240 с.
- **Бок И.И.** Агрономические руды. Алма-Ата, 1955. 307 с.
- **Бонгард-Левин Г.М., Ильин Г.Ф.** Индия в древности. Москва,1985. 758 с.
- **Буканов В.В., Бурлаков Е.В., Козлов А.В., Пожидаев Н.А.** Приполярный Урал: минералы хрусталеносных жил. Минералогический Альманах. Том 17, выпуск 2. Москва, 2012. 136 с.
- **Бушинский Г.И.** Геология бокситов. М., Недра, 1975, 411с.
- **Викентьев И.В.** Условия формирования и метаморфизм колчеданных руд. М.:Научный мир, 2004, 340с.
- **Всеволожский В.А.** Основы гидрогеологии. М.: Изд-во МГУ, 2007. 448 с.
- **Горяинов П.М., Иванюк Г.Ю.** Самоорганизация минеральных систем. М.:Геос, 2001, 312с.
- **Государственный доклад** «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов РФ в 2012году» М.: 2013, с.289-301.
- **Гохран России.** Календарь 2003г. Рекламно-издательский комплекс «Галерия», 2003.
- **Грамберг И.С. и др.** Арктика на пороге третьего тысячелетия. Санкт-Петербург,2000. 247 с.
- **Григорьев В.М., Портнов А.М.** Рождение и жизнь руд. Москва, 1986. 144 с.
- **Гумилев Л.Н.** Этносфера: История людей и история природы. Москва, Экопрос, 1993. 544 с.
- **Гумилевский Л.И.** Вернадский. Москва, «Молодая гвардия», 1988. 256 с.

- **Дали Сальвадор.** Ювелирные изделия. Издание Фонда Гала-Сальвадор Дали. Фигерос, 2011. 127 с.
- **Дворниченко А.Ю.** Российская история с древнейших времен до падения самодержавия. Москва, Издательство «Весь мир», 2010. 944 с.
- **Деревянко А.П., Шунькова М.В.** Новые археологические открытия на Алтае и проблема формирования Homo Sapiens. Вестник Российской Академии наук. Том 83, номер 6, 2013; стр. 488-496.
- **Дорогами тысячелетий.** Сб. ист. ст. и очерков. Москва, 1991. 288 с.
- **Дюжиков О.А.** Самородная медь и бронзовый век Таймыра. См.сборник.М.: 2008, с. 241-249.
- **Дюмезиль Ж.** Скифы и нарты. Москва, «Наука», 1978. 230 с.
- **Ершов Э.Д.** Общая геокриология: учебник.- М.:Изд-во МГУ, 2002.- 682с.
- **Живов В.Л., Бойцов А.В., Шумилин М.В.** Уран. Геология, добыча, экономика. Москва, 2012. 304 с.
- **Живопись в камне.** Изд. Минер. музея им. А.Е. Ферсмана. Москва, 2009. 71 с.
- **Золотая книга. Флоренция.** Город и его шедевры. Москва, 2004. 127 с.
- **Золото России**. М. ОАО «ЭКОС», 2002, 722с.
- **Иванов В.В., Невраев Г.А.** Классификация подземных минеральных вод. М.:Недра,1964, 168с.
- **Иванов К., Пурищев И.** Переславль-Залесский. Ярославль,1986.160 с.
- **Искусство природы в камне.** Экспозиционный комплекс. МГУ, 2011.
- **Исламов О.И.** Из истории геологических знаний в Средней Азии. История геологических знаний в Средней Азии в феодальный период (V в.н.э.- начало X-IX в.). Ташкент, «Фан», 1977. 136 с.
- **История Великобритании.** Под редакцией Кеннета О. Моргана. Москва, Издательство «Весь мир», 2008. 680 с.
- **Кантор Б.З.** Мир минералов. Москва, 2013. 160 с.
- **Кёнигсбергер Гельмут.** Европа раннего нового времени (1500-1789). Москва, 2006. 320 с.
- **Киевленко Е.Я.** Геология самоцветов. Москва, 2000. 582 с.
- **Клиге Р.К., Данилов И.Д., Конищев В.Н.** История гидросферы. М.: Научный мир, 1998. 368с.
- **Козловский Е.А., Комаров М.А., Макрушин Р.Н.** Бразилия, Россия, Индия, Китай, ЮАР: стратегия недропользования. Москва, 2013. 438 с.
- **Колисниченко С.В.** Яшмовый пояс Южного Урала. Челябинск, 2007. 310 с.
- **Кривицкий В.А.** Трансмутация химических элементов в эволюции Земли: от гипотезы – к реальности и эксперименту. М.:, МПГУ, 2003, 204с.
- **Кудряшов А.И.** Верхнекамское месторождение солей. Пермь: ГИ УрО РАН, 2001. 429с.
- **Кузнецов Б.Г.** Развитие физических идей от Галилея да Эйнштейна в свете современной науки. 2010.
- **Куприянова И.И., Шпанов Е.П.** Бериллиевые месторождения России. Москва, 2011. 353 с.
- **Ларин В.Н.** Наша Земля. М.: Агар, 2005, 248с.
- **Лесовик В.С.** Геоника. Предмет и задачи: монография. Белгород, 2012. 219 с.
- **Лосев К.С., Мнацакян Р.А., Дронин Н.М.** Потребление возобновляемых ресурсов: экологические и социально-экономические последствия (глобальные и региональные аспекты) Москва, 2005.158 с.

- **Любимов Д.** Искусство Древнего мира. Москва, 2005. 234 с.
- **Максимов М.М.** Истоки учения о рудных месторождениях. Москва, 1973. 142 с.
- **Максимов М.М.** Очерк о серебре. Москва, 1974. 152 с.
- **Малявин В.В.** Конфуций. Москва, «Молодая гвардия», 1992. 335 с.
- **Маракушев А.А.** Происхождение Земли и природа её эндогенной активности. М.:Наука, 1999, 256с.
- **Маракушев А.А., Безмен Н.И.** Минералого-петрографические критерии рудоносности изверженных пород. М.: Недра,1992, 317с.
- **Маркс Карл.** «Капитал» М.:Эксмо,т.1, 2011, 448с
- **Массон М.Е.** К истории горного дела на территории Узбекистана. Ташкент, «Фан», 1953. 74 с.
- **Марфунин А.С.** История золота. Москва, 1987. 245 с.
- **Минералогический альманах.** В мире минералов. Выпуски: том 13, вып. 1,2,3, 2008; том 14, вып. 1,2,3, 2009; том 15, вып. 1,2,3, 2010; том 16, вып. 1,2, 2011; том 17, вып. 1,2,3, 2012; том 18, вып. 1,2, 2013; том 19, вып. 1,2, 2014.
- **Минералы Центрального Казахстана.** Календарь 2014г. Караганда, 2014.
- **Митчел А., Гарсон М.** Глобальная тектоническая позиция минеральных месторождений. М.: Мир, 1984, 496с.
- **Михайлов В.А.** Редкоземельные руды мира. Геология, ресурсы, экономика. Киев, 2010. 222 с.
- **Мочалов И.И., Оноприенко В.И.** В.И.Вернадский: Наука. Философия. Человек. Книга 2. Наука и ее инструментарий: логико-методологические аспекты. Киев, 2012. 631 с.
- **Мудрецы Поднебесной империи.** Авторы-составители: Кожевников А.Ю., Линдберг Т.Б. Москва, ОЛМА Медиа Групп, 2011. 304 с.
- **Наряд московских фасадов.** Фотоальбом. Москва,1987. 280 с.
- **Новые археологические открытия на Алтае и проблема формирования Homo Sapiens.** Доклад академика **А.П. Деревянко** и доктора исторических наук **М.В. Шунькова**. «Вестник Российской Академии наук». Том 83, №6, 2009.
- **Обитаемые подводные аппараты.** Исследование минеральных ресурсов Мирового океана. Санкт-Петербург, 2002. 278 с.
- **Посконина Ольга.** История Латинской Америки. Москва, 2005. 248.
- **Прокин В.А., Душин В.А.** История изучения и освоения рудных месторождений Урала. Екатеринбург. 2010. 222 с.
- **Редкие типы минеральных вод Среднерусского артезианского бассейна.** Редакторы: А.И.Короткава, А.А.Потапова, В.Г. Румынина. СПб.: Наука, 2013. 303с.
- **Русская живопись XVIII века.** Цветные диапозитивы. Москва, 1990. 24 с.
- **Рындина Н.В., Дегтярева А.Д.** Энеолит и бронзовый век. Москва, 2002. 226 с.
- **Самсонов Я.П.** Самоцветы России и сопредельных государств. Москва, 1993. 280 с.
- **Семенов В.Б.** Малахит. Том 1 и 2. Свердловск, 1987. 400 с.
- **Семенов В.Б.** Яшма. Свердловск, 1979.
- **Сокровища Музеев мира.** Москва, 2013. 304 с.
- **Соловки.** Фотоальбом (2 книги). Санкт-Петербург, 2006.
- **Старая Москва.** Внешторгиздат, 1990. 23 с.
- **Старостин В.И., Сорохтин О.Г., Сакия Д.Р.** Развитие Земли и образование месторождений полезных ископаемых. Москва, 2010. 476 с.
- **Старостин В.И., Игнатов П.А.** Классический университетский учебник, М. Академический проект, 2006, 512с.

- **Талассохимия рудогенеза мирового океана.** СПб., ФГУП «ВНИИОкеангеология, 2009, 222с.
- **Тамара.** Русский Астрологический сборник. Изд-во «Белый Медведь», 1993. 95 с.
- **Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А., Голодковская Г.А., Васильчук Ю.К., Зиангиров Р.С.** Грунтоведение М.: Изд-во МГУ, 2005. 1024с.
- **Уран Российских недр.** Под редакцией Г.А. Машковцева. Москва, 2010. 428 с.
- **Хабермас Юрген.** Расколотый Запад. Москва, 2008. 192 с.
- **Хренов А.П., Богатиков О.А., Лексин А.Б., Маханова Т.М.** Огнедышащий край России. Москва, ИГЕМ РАН, 2013. 212 с.
- **Хроленко М.Я.** Мир жадеита. Москва, 2008. 312 с.
- **Черных Е.Н.** Древнейшая металлургия Урала и Поволжья. М.: Наука,1970, 180с.
- **Шабалин Л.И.** Рисуем вместе с природой. Камнеграфии. Альбом №1. Новосибирск, 2009. 36 с.
- **Шабалин Л.И.** Рисуем камнеграфии вместе с природой. Новосибирск, 2011. 157 с.
- **Шатнов Ю.А., Костелов Н.П.** Хрусталеносные месторождения России и стран СНГ. Александров, 2005, 248 с.
- **Шварцев С.Л.** Связанная вода - аккумулятор солнечной энергии в глинах гипергенного генезиса. Геол. и геоф., 2003, №3, 233-239 с.
- **ШварцевС.Л.** Прогрессивная самоорганизация в системе вода–порода. Известия СНЗ РАЕН 2010г, с.
- **Шварцев С.Л.** Вода как главный фактор глобальной эволюции. Вестник РАН, 2013,т.83.№2, 124-131 с.
- **Школьник Э.Л. и др.** Природа фосфатных зерен и фосфоритов крупнейших бассейнов мира. Владивосток-Дальнаука, 1999,, 207с.
- **Энгельс Фридрих.** Диалектика природы. Москва. 1987. 349 с.
- **Энциклопедия для детей. Том 4. Геология.** Москва, 1995. 624 с.
- **Юргенсон Г.А., Кононов О.В.** Шерловая гора: месторождение самоцветов и редких металлов. Минералогический альманах, том19, вып.2, 2014.
- **Fine Minerals of China.** By Guanghua Liu. Switzerland, 2006 г. 366 p.
- **Fine work collection.** Edited by editorial board of mineral cristal treasure. Guangxi, 2005. 112 p.
- **Friedrich von Gnielinski and John Siemon.** Self-guided Walking Tour featuring Building Snones through Brisbane CBD. 2012. 14 p.
- **Yakovenchuk Y.N., G.Yu Ivanyuk G.Yu., Pakhomovsky Ya.A. and Men’shikov Yu.P.** KHIBINI. Laplandia Minerals, Apatity, 2005. 468 s.
- **J. C. RUFFENACH, J. MENES, C. DEVILLERS, M. LUCAS et R. HAGEMANN.** Departement de Recherche et Analyse, Service d'Analyse et d'ktudes en Chimie Nucleaire et Isotopique, Laboratoire de Spectrometne de Masse, C E N /Saclay, Gif-sur- Yvette (France). Etudes chimiques et isotopiques de l'uranium, du plomb et de plusieurs produits de fission dans un echantillon de minerai du reacteur naturel d'oklo. Earth and Planetary Science Letters, 30 (1976) 94-108, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam - Printed in The Netherlands. Applied Geochemistry, Vol. 4, pp. 49-62.1989
- **David Curtis, Timothy Benjamin and Alexander Gancarz.** Isotope Geochemistry Group, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM 87545, U.S.A.
- **Robert Loss, Kevin Rosman and John Laeter.** Department of Applied Physics, Curtin University of Technology, GPO Box U 1987, Perth 6001, Western Australia.
- **James E. Delmore and William J. Maeск.** Idaho National Engineering Laboratory, Idaho Falls, ID 83401, U.S.A. Fission product retention in the Oklo natural fission reactors Applied Geochemistry, Vol. 4, pp. 49-62.1989 Printed in Great Britain.

Научное издание

СТАРОСТИН Виктор Иванович

МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ЦИВИЛИЗАЦИЯ

Учебное пособие
по межфакультетскому курсу лекций

Оригинал-макет и дизайн обложки:
Роман Ермаков

Напечатано с готового оригинал-макета

Подписано в печать 17.11.2014 г.
Формат 60x90 1/8. Усл.печ.л. 20 [+7,5 вкл.]. Тираж 300 экз. Изд. № 257.

Издательство ООО “МАКС Пресс”
Лицензия ИД N 00510 от 01.12.99 г.

119992, ГСП-2, Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова,
2-й учебный корпус, 527 к.
Тел. 8(495)939-3890/91. Тел./Факс 8(495)939-3891.

Отпечатано в ППП «Типография «Наука»
121099, Москва, Шубинский пер., 6
Заказ №

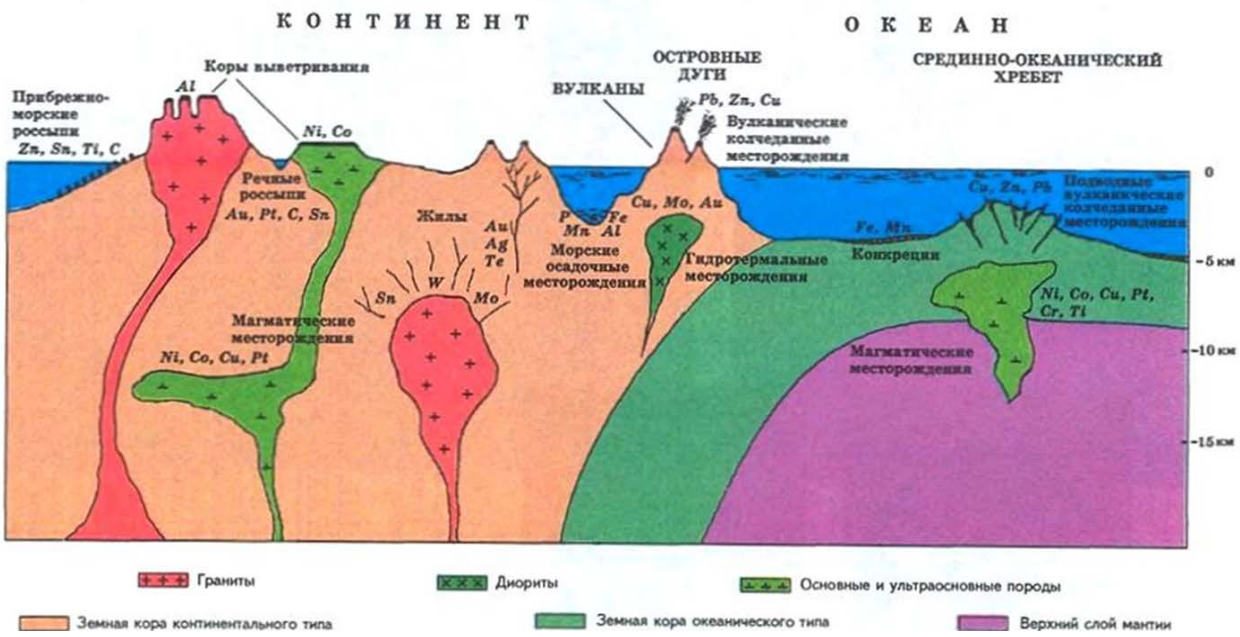


Рис. 1. Положение месторождений полезных ископаемых в разрезе земной коры.

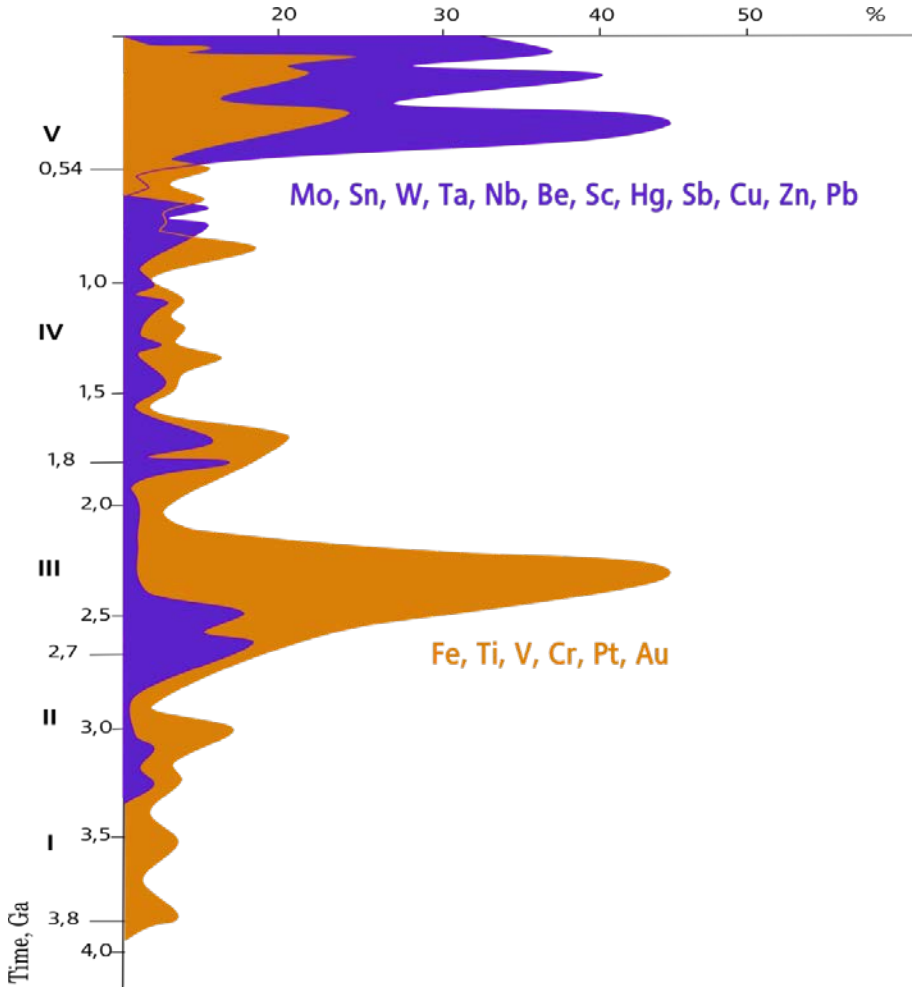


Рис. 3. Масштабы рудообразования в истории Земли

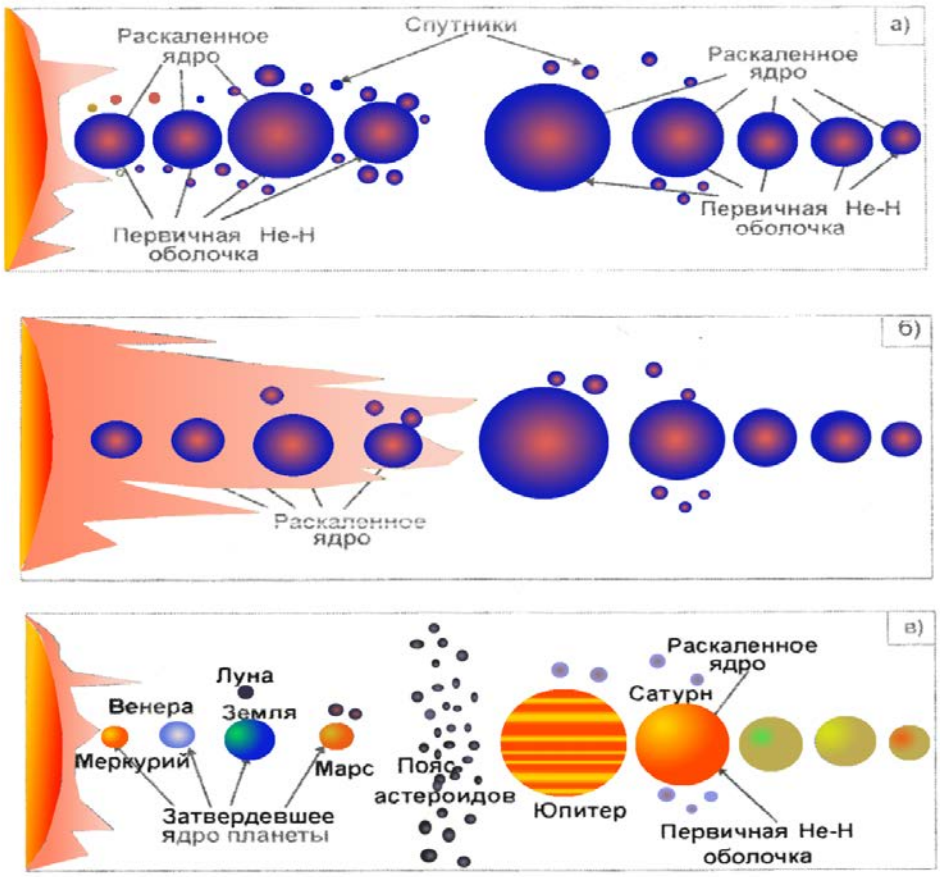


Рис. 4. Эволюция планет Солнечной системы в связи с прохождением Солнцем 4,5 млрд л. стадии Т-Тельца: а) Объединение планетозималей в планеты, состоящие из внешней He-H раскаленной оболочки и внутреннего расплавленного ядра; б) Стадия Т-Тельца Солнца, сопровождавшаяся выбросом мощного светового потока (солнечного ветра), вызвавшего срыв первичных оболочек с ближайших к Солнцу планет (Меркурия, Венеры, Земли и Марса); в) Современное состояние планет земной и неземной групп с разделяющим их астероидным поясом.

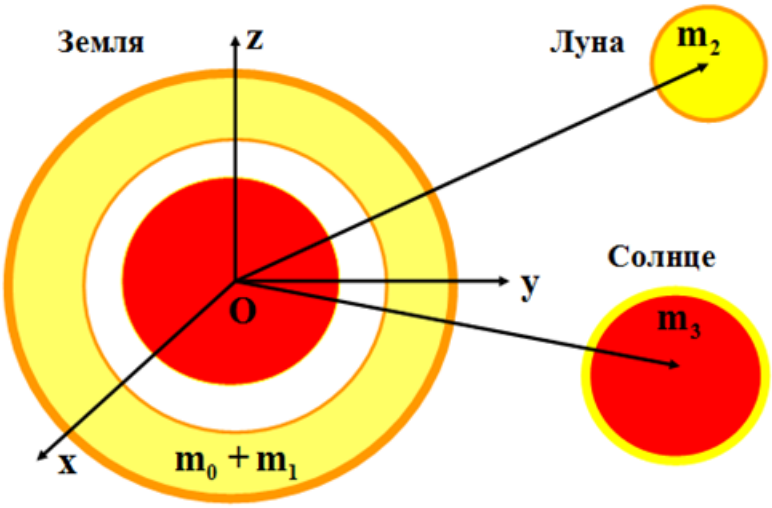


Рис. 6. Система четырех гравитирующих тел: ядро-мантия Земли, Луны и Солнца. (По Ю.В. Баркину, 2011)

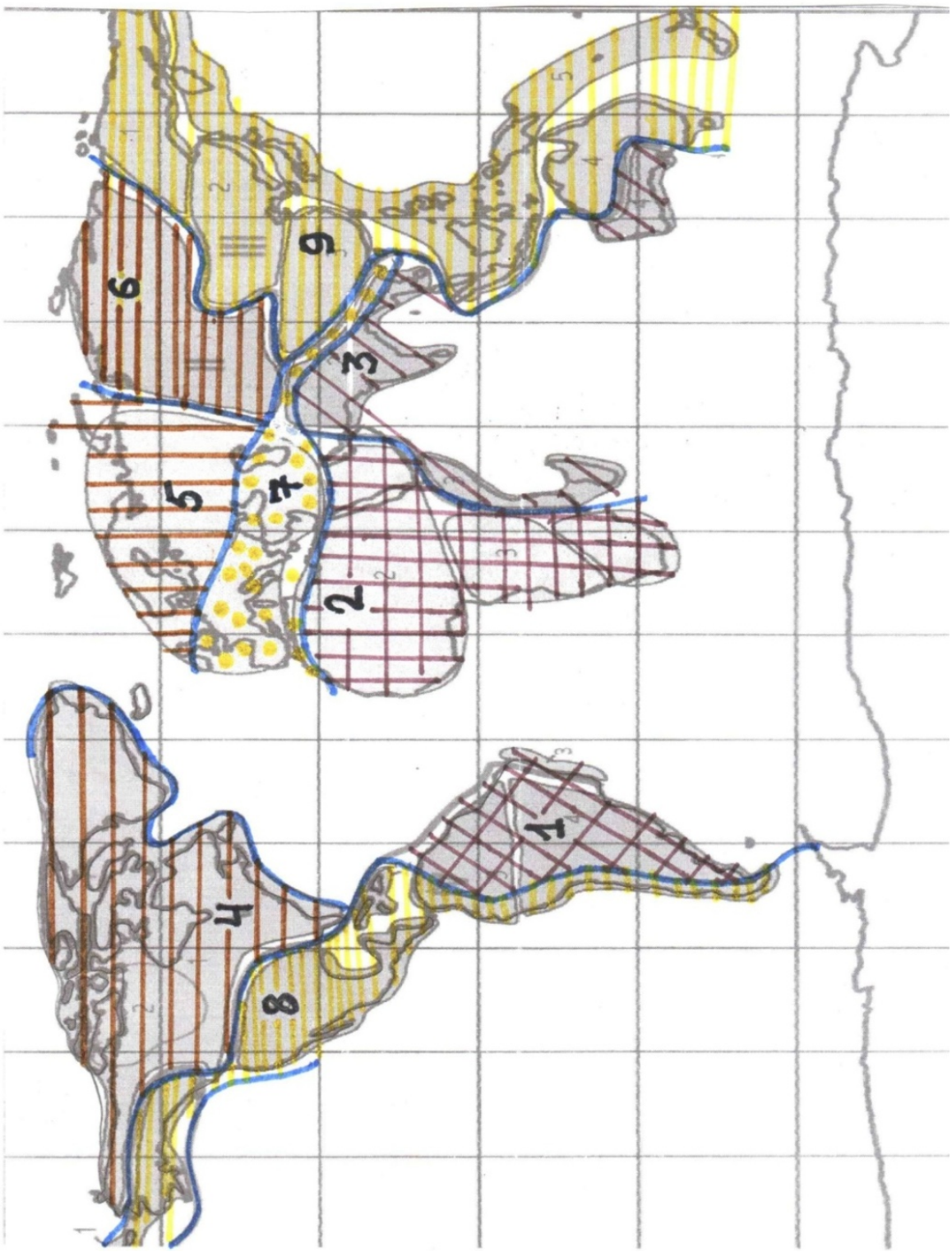


Рис. 10. Глобальные мегаблоки (современная модель). Выделяют 9 мегаблоков.

<u>Фрагменты Гондваны</u>: 1. Южно-Американский; 2. Африканский; 3. Индостано-Мадагаскаро-Западно-Австралийский; <u>Фрагменты Лавразии</u>: 4. Американо-Гренландский; 5. Европейский; 6. Сибирский; Глобальные мобильные металлогенические пояса и количество в их пределах суперкрупных месторождений: 7. Средиземноморско-Центрально-Азиатский (Тетис) (48-48) и Урало-Монголо-Охотский (26-28-83); 8. Андийско(55)-Кордильерский (73); 9. Азиатско-Австралийский (> 100).

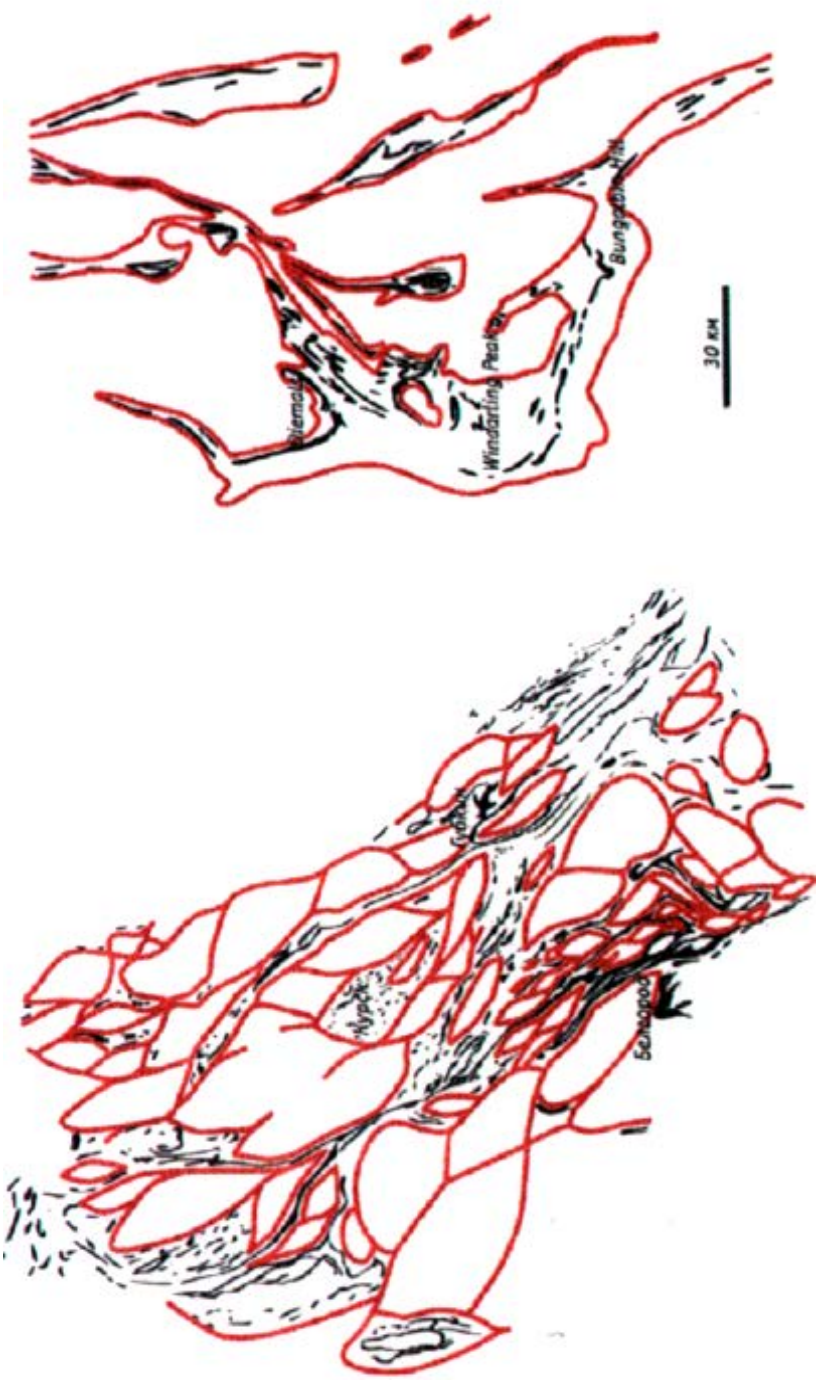


Рис. 11. Структура архейских железорудных комплексов КМА и блока Йилгарн З.Австралия (по Gole, 1981).

Овальные контуры – тоналитовые линзы, пунктирные – железистых кварцитов (из П.М.Горяинова, Г.Ю.Иванюка, 2001). В плане линзы железистых кварцитов всегда криволинейны и группируются в компактные зоны субсогласного простирания. Рудный район, поле, месторождение, отдельная залежь или её фрагмент образуют подобный структурный линзовидный узор размера, зависящего только от масштаба исследования. Основной структурный рисунок рудных проявлений не усложняют и не нарушают ортогональные дизъюнктивы, что не соответствует существующим представлениям о секущем характере поперечных разломов (по П.М.Горяинову, 2010)

Рис. 29. Терракотовое войско властителя Китая

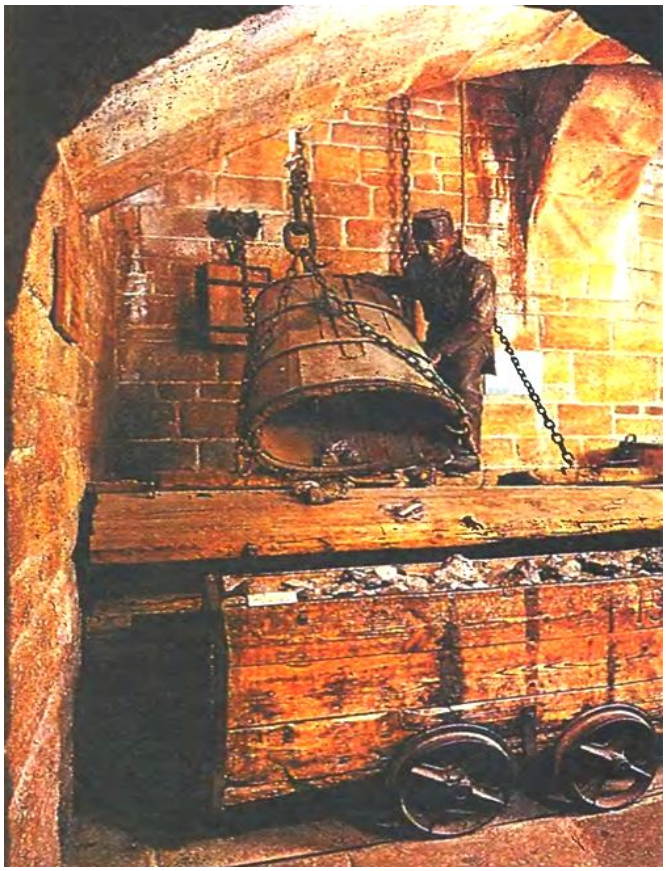


Рис. 37. Использование бадей и вагонеток при ручной отработке месторождений.

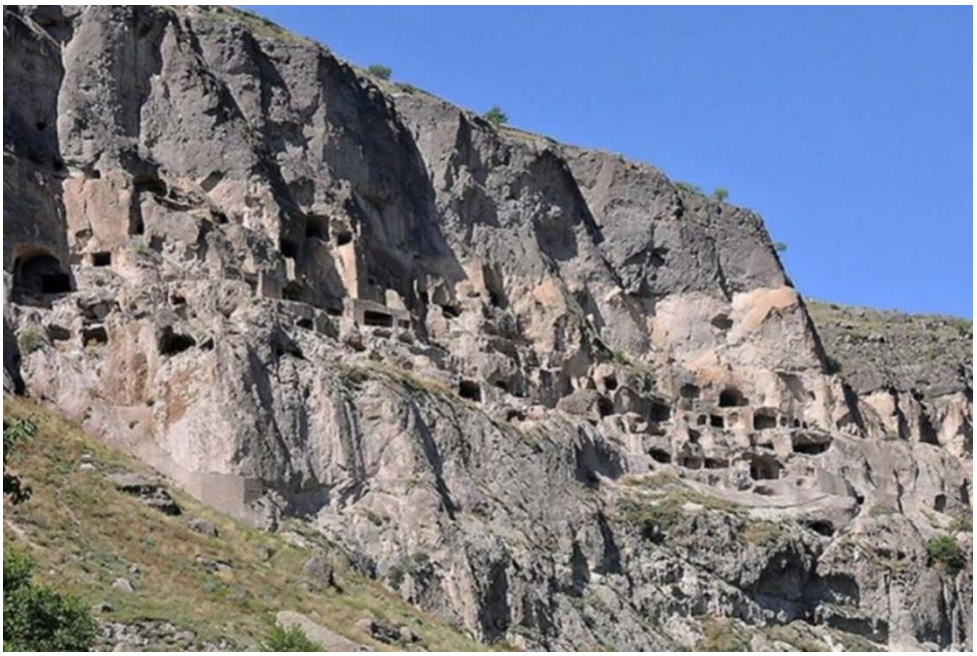


Рис. 38. Пещерный комплекс Вардзиа.

Рис. 39. Карта месторождений строительных материалов в средневековой Европе.

Рис. 40. Собор Сакре Кёр, Монмартр, Париж.

Рис. 41. Средневековый город-крепость Каркасон, построенный из известняка и кирпича. Франция XV-XVI вв.

Рис. 42. Пантеон. Церковь святой Женевьевы. Париж 1764-1790 гг.

Рис. 43. Замок Шамбор (долина реки Луары). Франция XVI в.

Рис. 44. Собор Парижской богоматери. Скульптура химеры, выполненная из известняка. Париж XII-XIII вв.

Рис. 45. Форт Сант'Эльмо, Валетта, Мальта.

Рис. 46. Римский античный город Медина, сохранивший свой облик в неизменном виде до наших дней. Мальта.

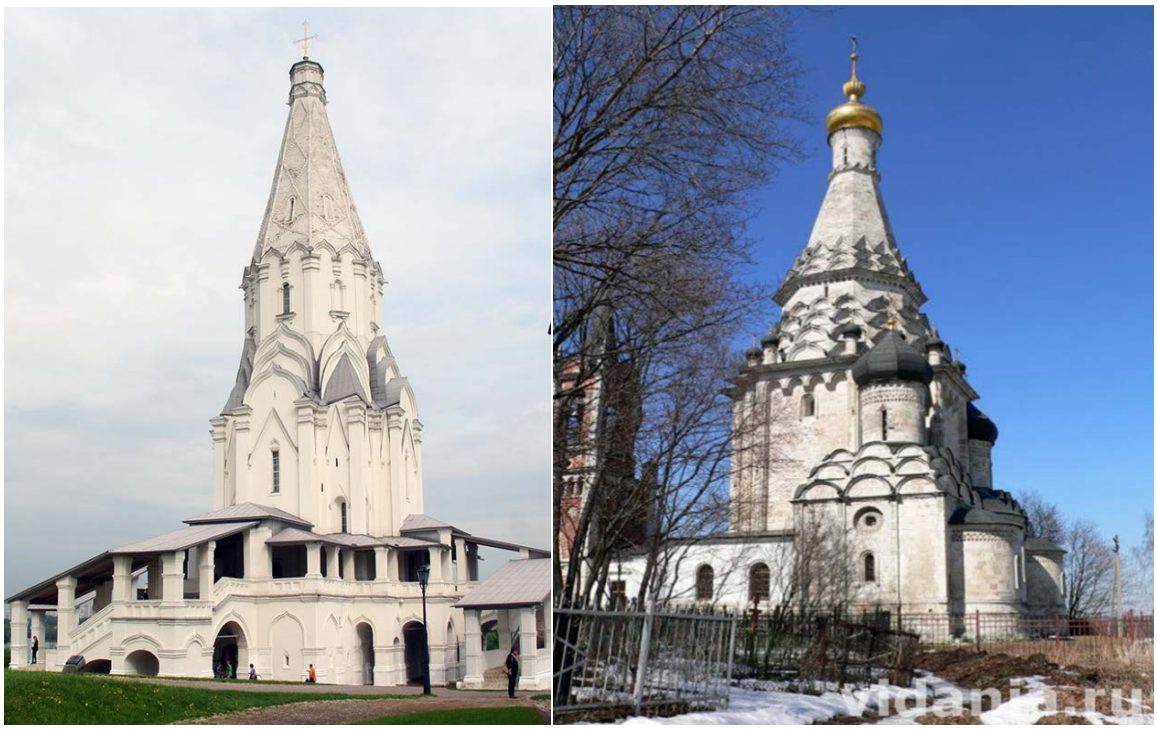


Рис. 47. Шатровые церкви: Вознесения в Коломенском (1532 г.) (слева); Преображенская в с. Остров (конец XVI в.) (справа).

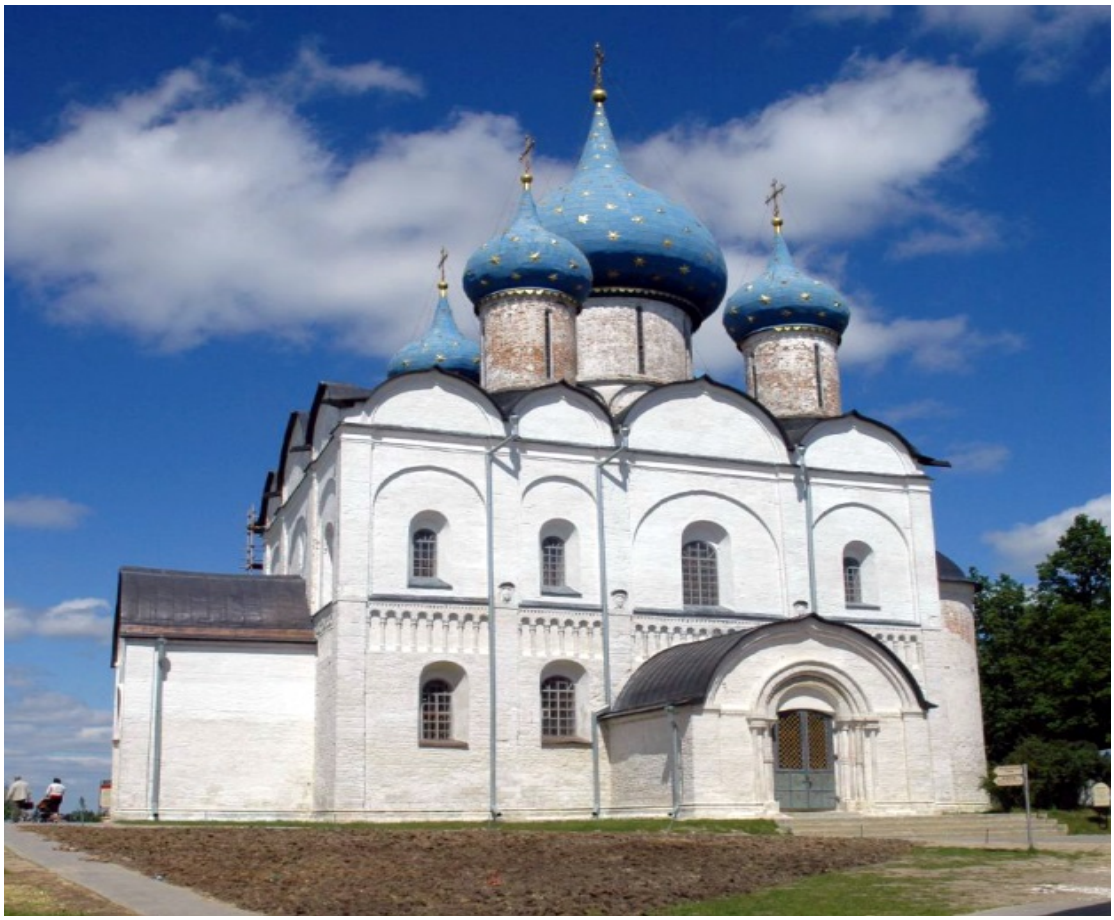


Рис. 48. Рождественский собор. Суздаль XIII-XVI вв.

Рис. 49. Богоматерь. Назарий Истомин (1627 г.). Икона. Фрагмент. Музеи Московского Кремля.

Рис. 50. Церковь Ризоположения (1484-1485 гг.).

Рис. 51. Собор Санта Мария дель Фьоре. Стиль – неоготика. Флоренция. Италия (1294-1461-1587-1887 гг.). Мрамор из карьеров: белый – Каррара; зеленый – Прато; розовый – Мареммы.

Рис. 53. Бухара. Дахма Гиждувани. Медресе Улугбека.

Рис. 54. Франция. Нормандия. Розовый гранит. Аббатство Мон-Сен-Мишель.

Рис. 55. Декоративный лаврикит. Облицовка административного здания. Норвегия. Осло.

Рис. 56. Медресе Шер-Дор в Самарканде.

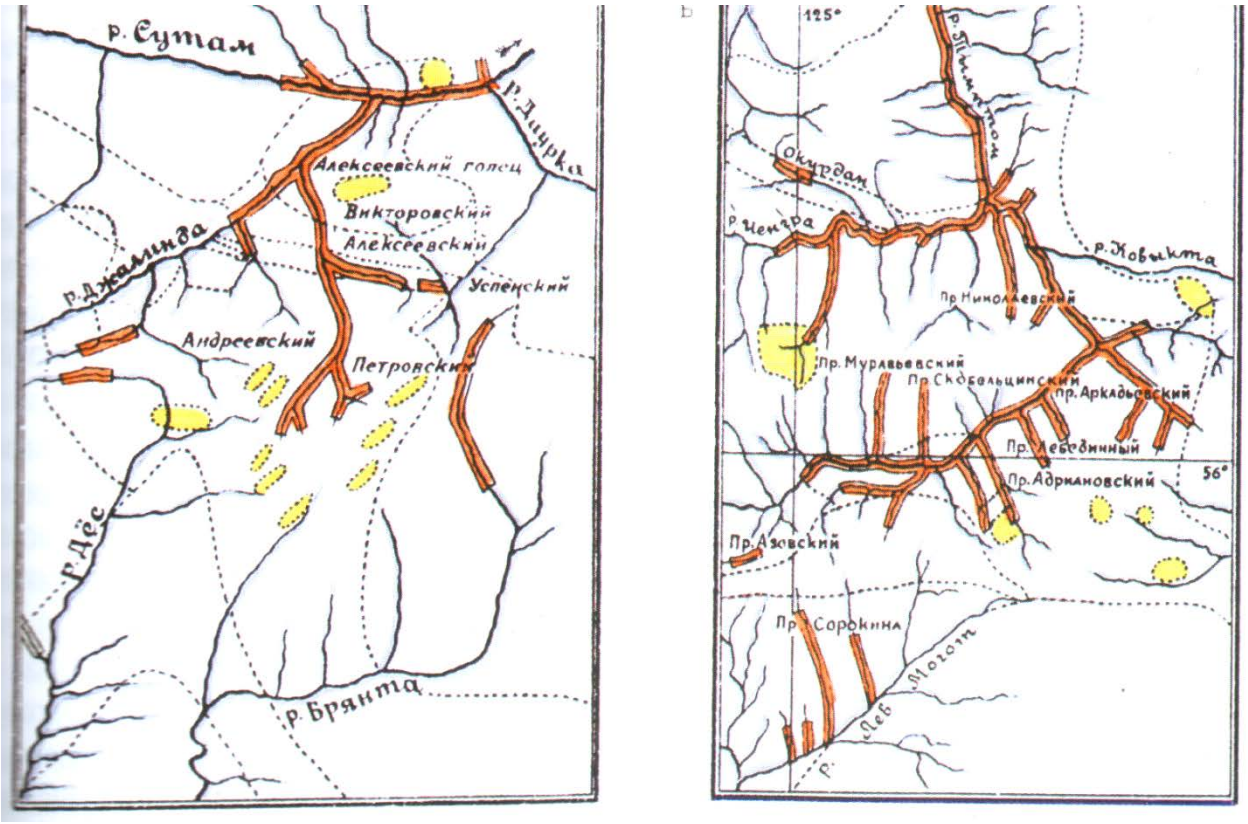


Рис. 57. Схематические карты золотоносных районов и приисков, открытых на территории южной Якутии золотопромышленниками Ниманской и Верхне-Амурской компании, соответственно, в 1891-1892 гг. в бассейне Сутама (А) и в 1897 г. - Тымптома (Б) (Золото России, 2002).

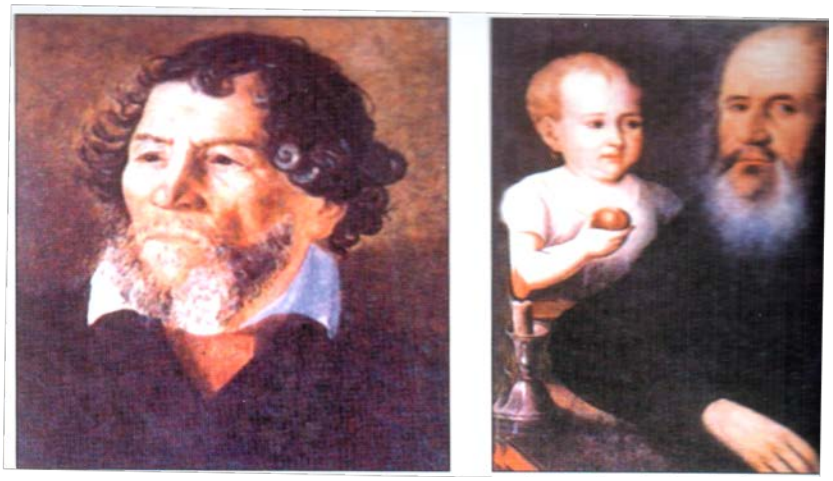


Рис. 58. Потомственные иркутские купцы 1 гильдии династии меценатов золотопромышленников: слева – А.М. Сибиряков (1849 – 1933), золотопромышленник и исследователь Сибири, и справа – основатель династии золотопромышленников П.Д. Трапезников (1747 – 1815) с внучкой.

Рис. 59. Схематическая карта основных россыпей и приисковых отводов в междуречье Кухтуи и Марекана Охотской золотоносной области (по Э. Анерту, начало 20-х годов 20 в.) (Золото России, 2002).

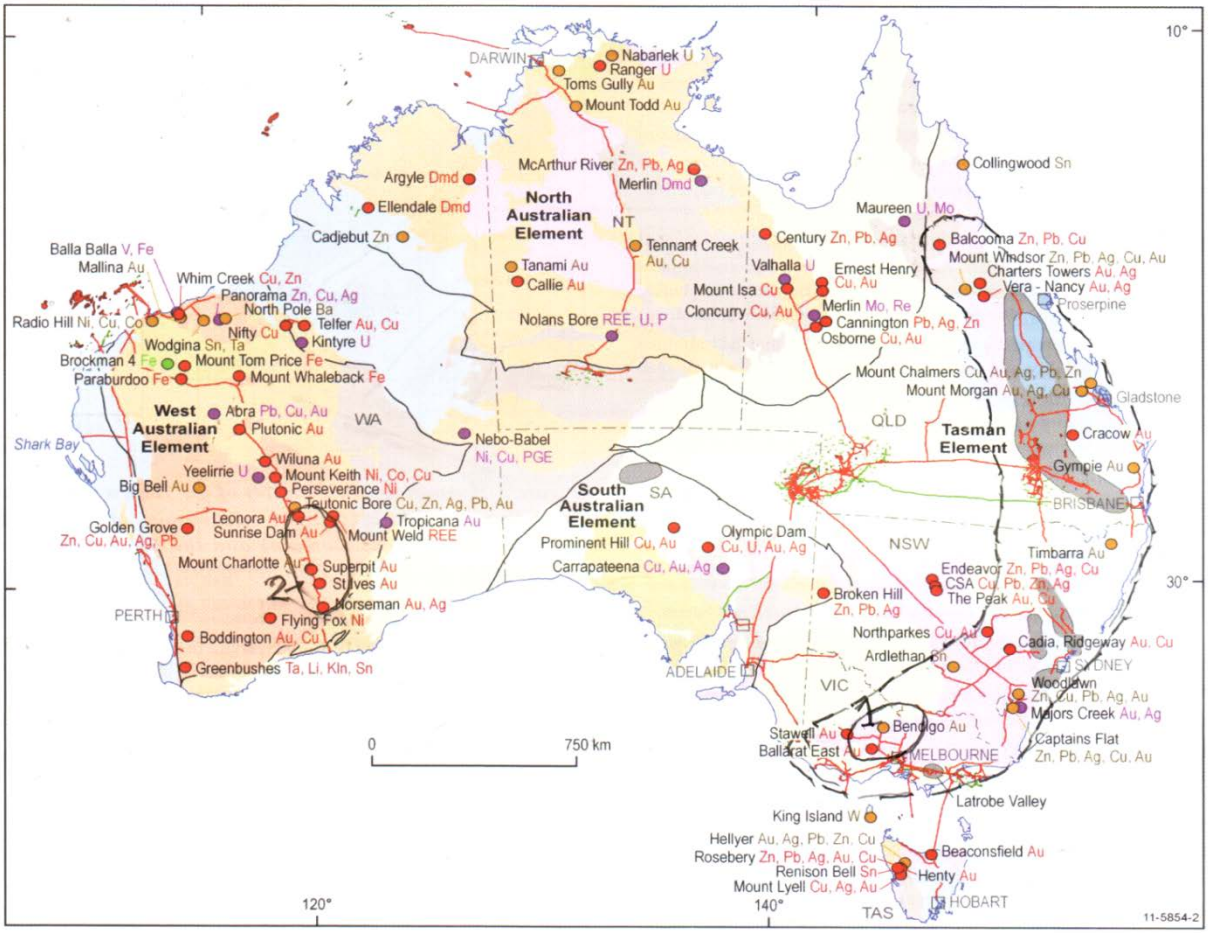


Рис. 61. Расположение районов «золотых лихорадок» и крупных месторождений Австрали:1-Восточно-Австралийская, 2-Западно-Австралийская.

Рис. 62. Ограда Воронцовского дворца (С-Петербург, 1759г.) Ф.Б.Растрелли.

Рис. 63. Каслинский павильон на выставке в Париже (1900г.).

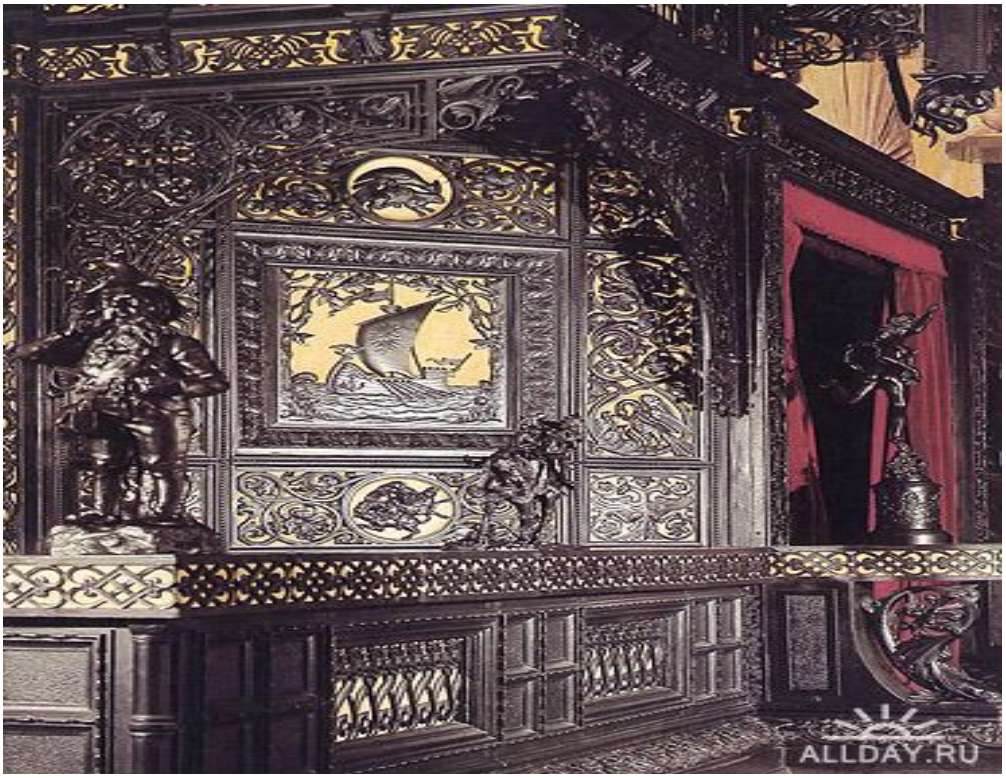


Рис. 64. Фрагмент Каслинского павильона на Выставке в Париже.

Рис. 65. Кони на воле. Каслинское литье.

Рис. 66. Изделия Каслинского завода.

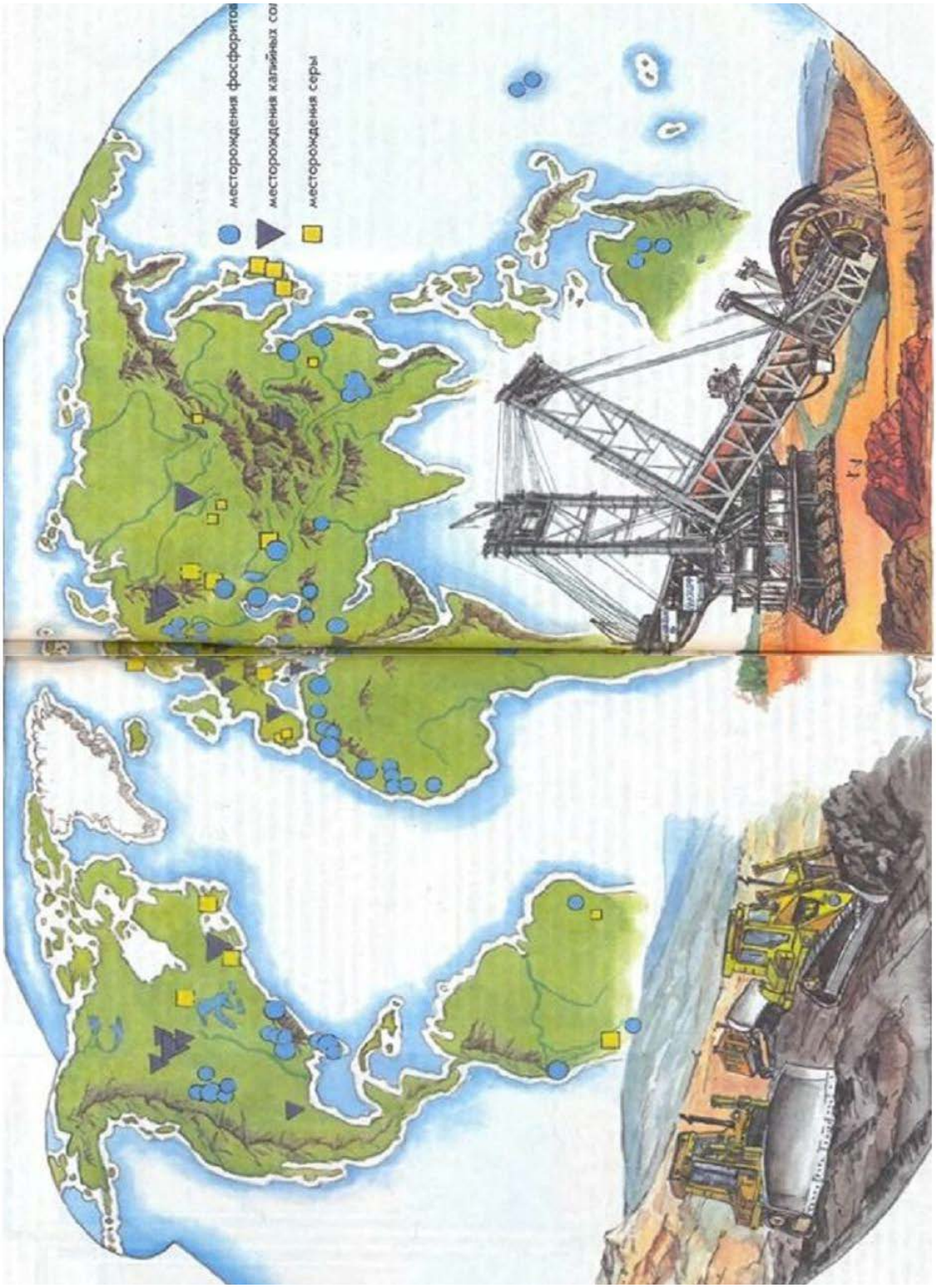


Рис. 68. Карта месторождений фосфатных и калийных руд и серы.

Рис. 72. Карьер месторождения Коашва 2004 г. (по В.Н.Яковенчуку др., 2005 г.).

Рис. 73. Апатит-нефелиновые породы. Карьер Кукисвумчорр (по В.Н.Яковенчуку др., 2005 г.).

Рис. 69. Фосфоритоносный бассейн в районе Улан-Абдун занимает площадь (400 х 100) км. Фосфаты заключены в отложениях маастрихта, палеоцена и нижнего эоцена, слагающих прогибы, где перекрывают породы от докембрия до мезозоя.

Рис. 70. Марокканские фосфоритовые конкреции.

Рис. 75. Чили. Горняцкий поселок. Разработка селитренников.

Рис. 76. Бокситовый рудник на юге Китая.

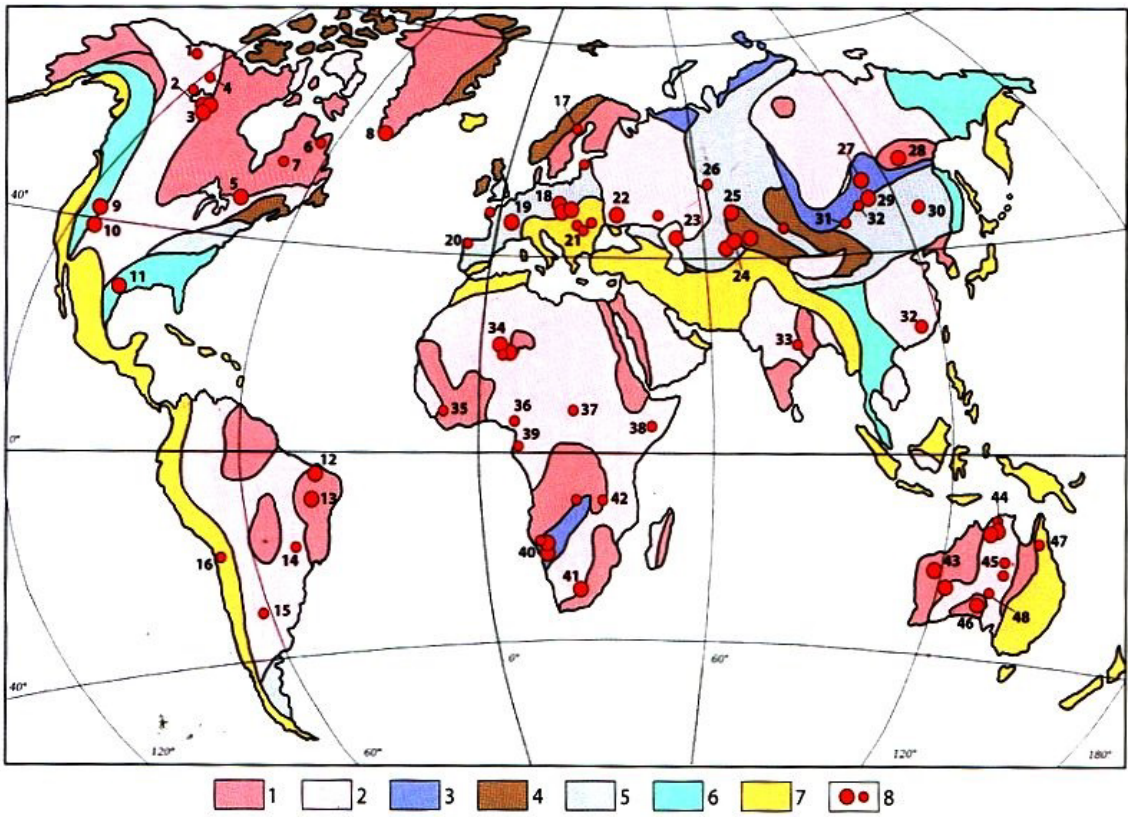


Рис. 79. Карта размещения основных месторождений урана на геотектонической основе. 1 – континентальные ядра (кратоны); 2 – древние платформы с допалеозийским фундаментом; 3-7 – орогенные пояса: 3 – байкалиды (дамариды), 4 - каледониды, 5 – герциниды, 6 – пацифиды (мезозоиды), 7 – альпиды; 8 – урановые месторождения (малый значок) и районы (крупный).

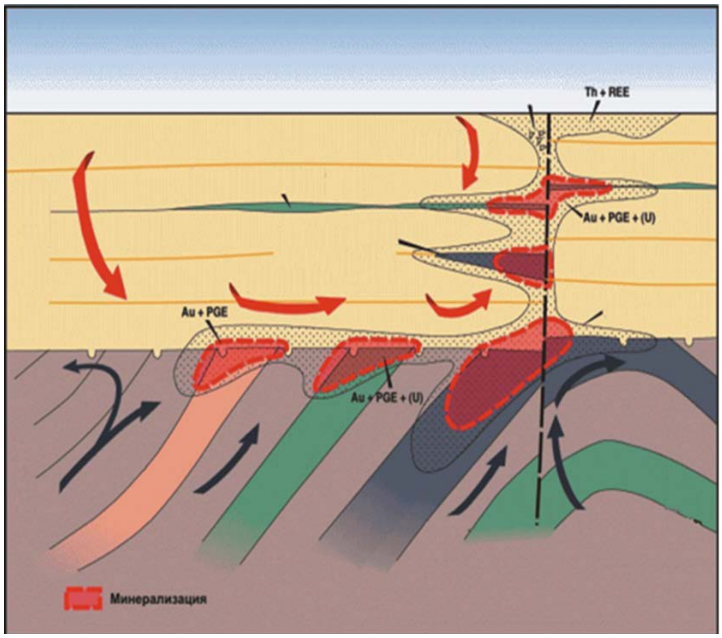


Рис. 80. Схема формирования нижнепротерозойских месторождений несогласия (уран, редкоземельные элементы и золото). Восстановительные (черные стрелки) и окислительные (красные) флюидные потоки (по Живову и др. с изменениями, 2012).

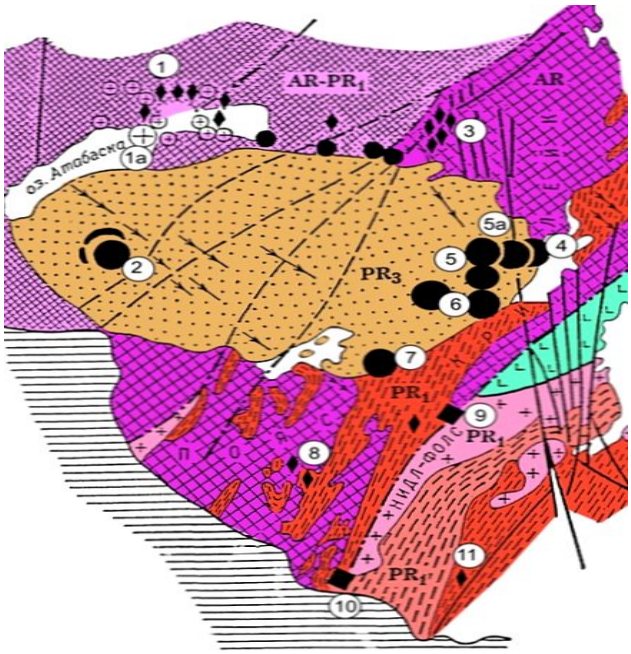


Рис. 83. Схема геологического строения провинции Атабаска и положение урановых районов и месторождений (по Живову и др. с изменениями, 2012).

Канадский щит. Кольцевая структура Карсуэлл; PR_3 – область распространения формации Атабаска; PR_1 складчатые комплексы: граниты, габбро, мигматиты, переработанный архейский фундамент.

Ar-PR_1 - область распространения пород группы Тейзин. Месторождения и рудопроявления урана «типа несогласия»: 1 – района Биверлодж (Гуннар, Эйс-Фей), 2 – Клафф-Лейк, 3 – Шарлебуа-Лейк, 4 – Раббит-Лейк, 5 – Мидуэст-Лейк (Маклин-Лейк), 6 – Уэст-Бёр, 7 – Ки-Лейк, 8 – Кри-Лейк, 9 – Барбидж-Лейк, 10 – Дадридж-Лейк, 11 – Лак-ла-Ронж.

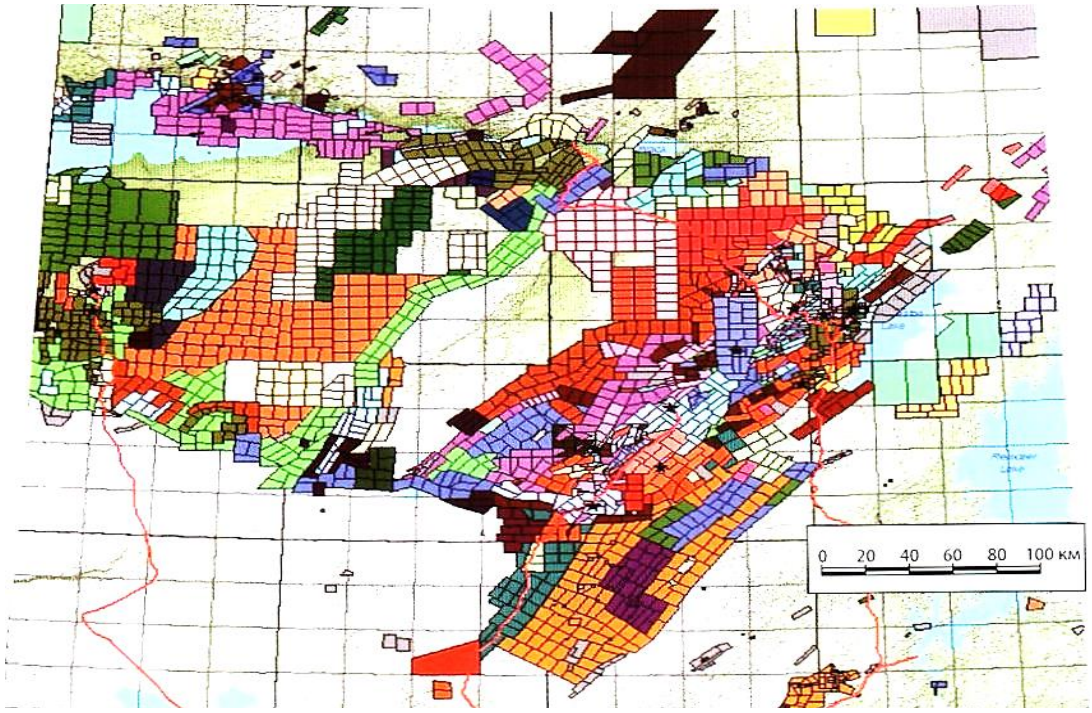


Рис. 84. Лицензионные площади различных компаний в районе Атабаска (Канада) (по Живову и др., 2012).

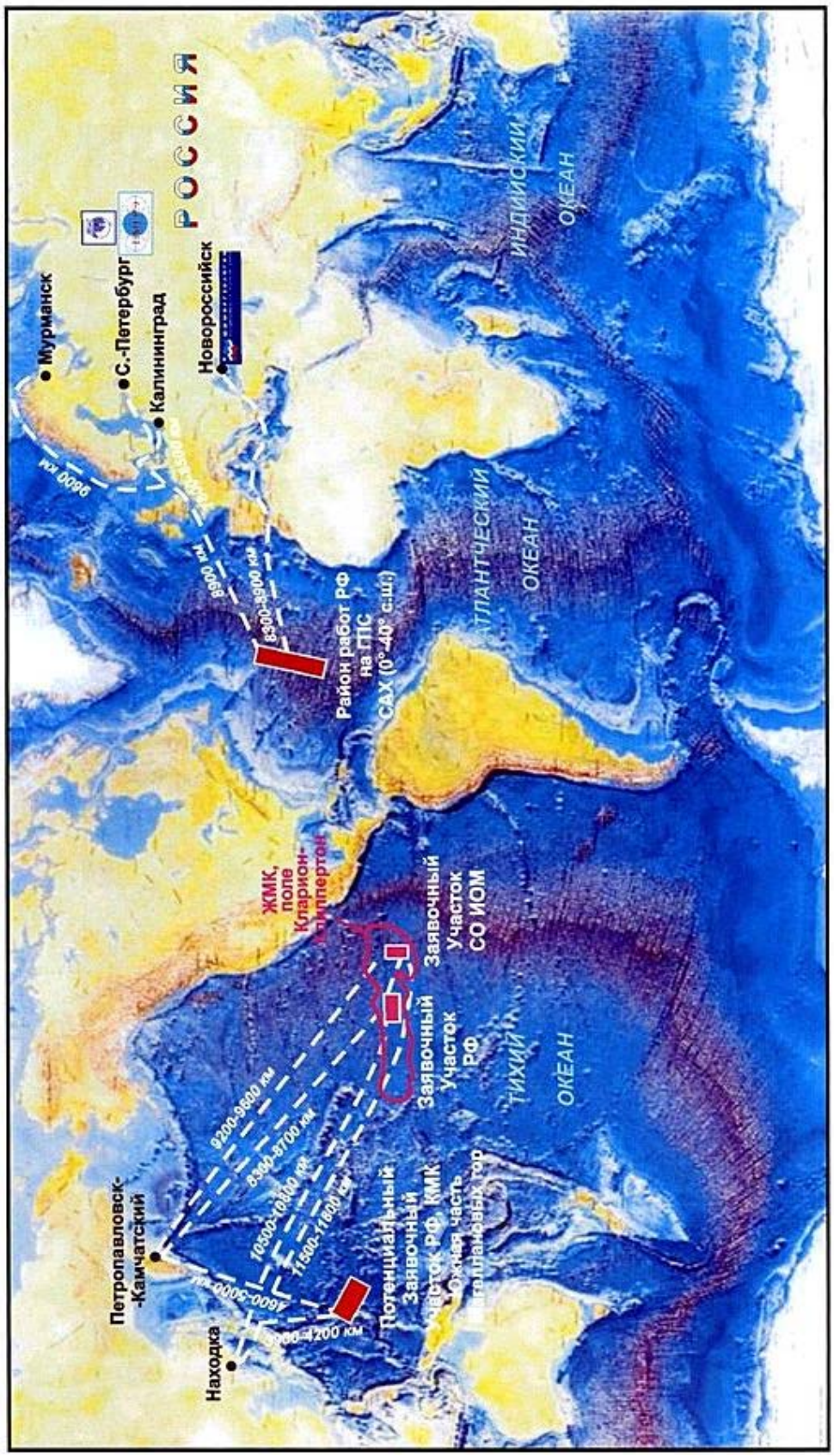
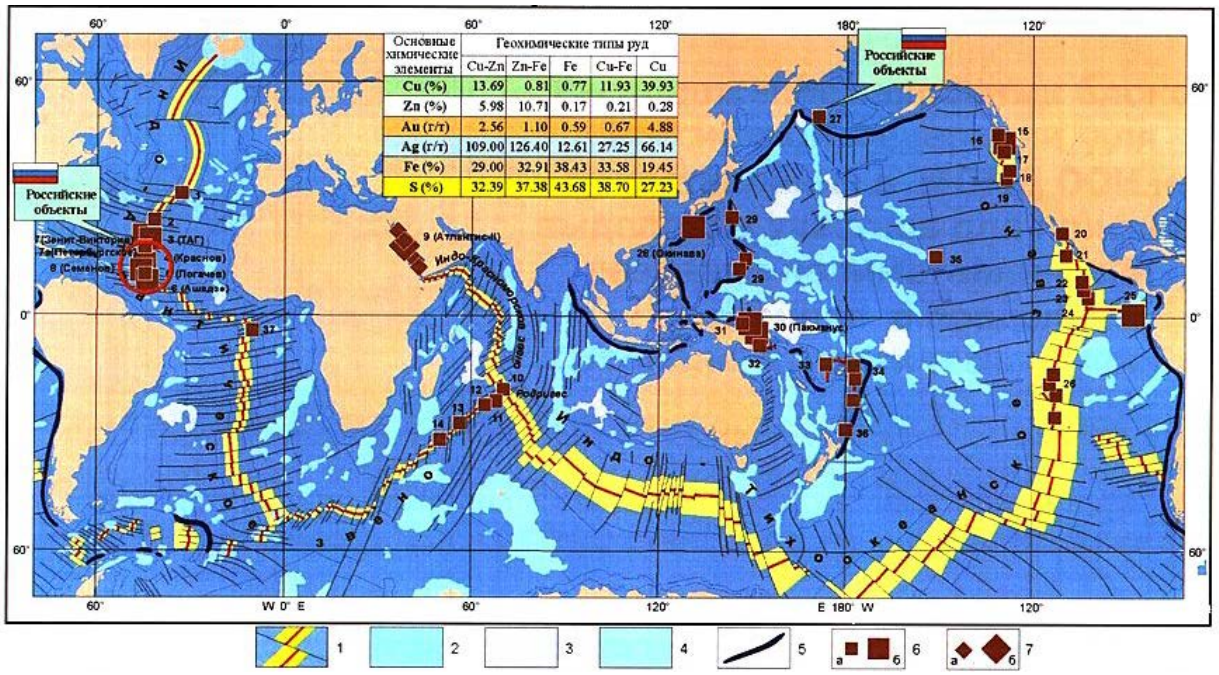


Рис. 88. Морфоструктуры Мирового океана и расположение основных рудных объектов, представляющих экономический интерес для России (Андреев С.И., Черкашев Г.А., Юбко В.М., Сергеев М.Б., 2011)



Основные химические элементы	Геохимические типы руд				
	Cu-Zn	Zn-Fe	Fe	Cu-Fe	Cu
Cu (%)	13.69	0.81	0.77	11.93	39.93
Zn (%)	5.98	10.71	0.17	0.21	0.28
Au (г/т)	2.56	1.10	0.59	0.67	4.88
Ag (г/т)	109.00	126.40	12.61	27.25	66.14
Fe (%)	29.00	32.91	38.43	33.58	19.45
S (%)	32.39	37.38	43.68	38.70	27.23

Рис. 89. Распространение гидротермальных и гидротермально осадочных руд Мирового океана.

1 – осевая зона срединно-океанического хребта (СОХ) с центральным рифтом и трансформным разломом; 2 – вулканические и вулканотектонические поднятия; 3 – поднятия типа «океанских земель»; 4 – микроматерики и аваншельфы; 5 – окраинные желоба; 6 – скопления сульфидных руд: а – мелкие и средние, б – крупные; 7 – скопления металлоносных рассолов: а – мелкие и средние, б – крупные. Основные скопления гидротермальных и гидротермально-осадочных руд океана. Район САХ (0° - 40° с.ш.): 1 – Лаки Страйк; 2 – Брокен Спур; 3 – рудный узел ТАГ (рудное тело Рона, постройка Мир); 4 – рудное поле Красное; 5 – рудный узел Логачев; 6 – рудный узел Ашадзе; 7 – рудное поле Зенит-Виктория; 7а Петербургское; 8 – рудный узел Семенов. Красноморский рифт: 9 – впадина Атлантис 2. Индийский океан – тройное сочленение Родригес: 10 – рудная зона MESO; 11 – Кайри; 12 – гора Джордан. Западно-Индийский хребет: 13, 14 – объекты КНР. Северо-восток Тихого океана: 15 – Миддл-Велли; 16 – хр. Эксплорер; 17 – хр. Эндевор; 18 – хр. Хуан-де-Фука; 19 – хр. Горда. Калифорнийский залив – ВТП: 20 – впадина Гуаймас; 21 – 21° с.ш. ВТП; 22 – 12° с.ш. ВТП; 23,24 – 6°-8° с.ш. ВТП. Галапагосский хребет: 25 – Галапагос. Южная часть ВТП: 26 - 20°-22° ю.ш. Западно-Тихоокеанская транзиталь: 27 – вулкан Пийпа; 28 – трог Окинава; 29 – дуга Идзу-Бонин. Марианская: 30 – Пакманус; 31 – Манус; 32 – Вудларк; 33 – Северо-Фиджийский бассейн; 34 – трог Лау. Океаничиские плиты: 35 – вулкан Лоихи (к юго-востоку от Гавайского поднятия); 36 – вулкан Бразерс. Южная Атлантика: 37 – 5° ю.ш. (Андреев С.И., Черкашев Г.А., Юбко В.М., Сергеев М.Б.,2011).

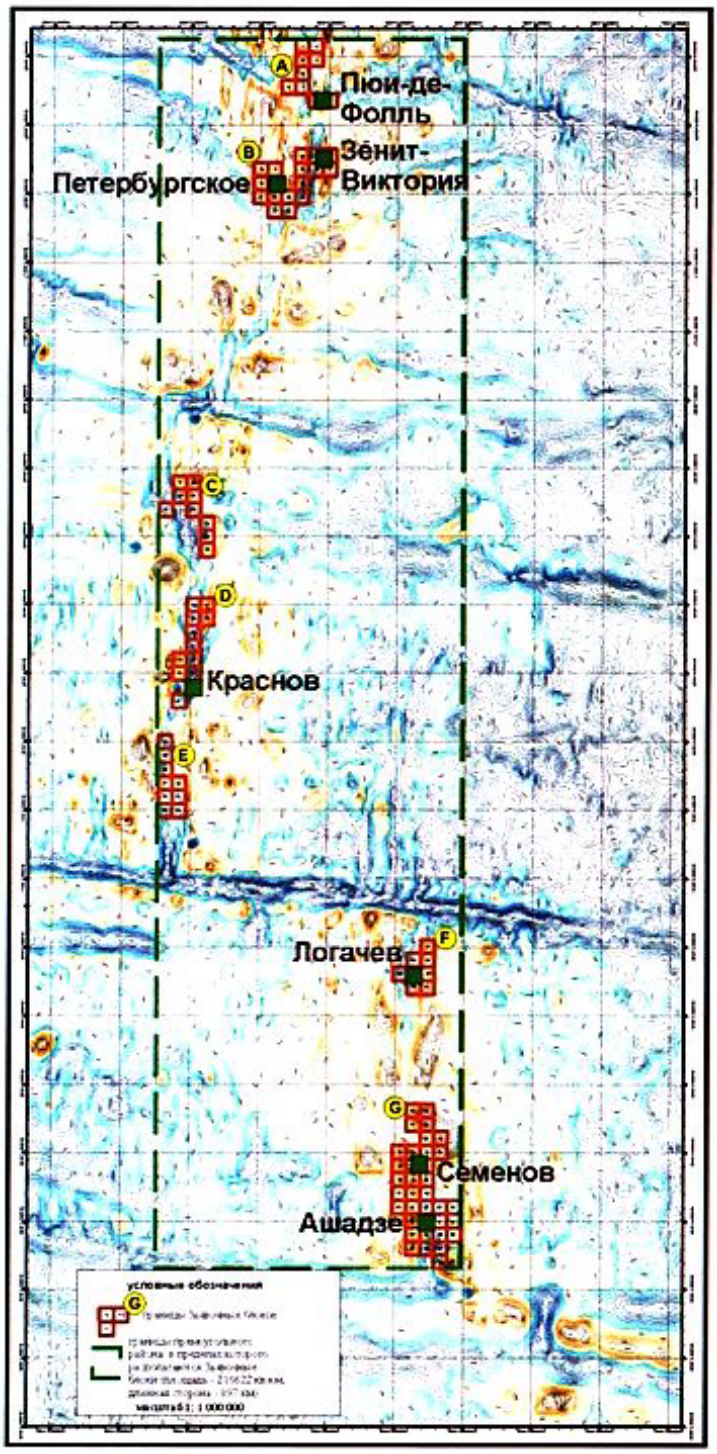
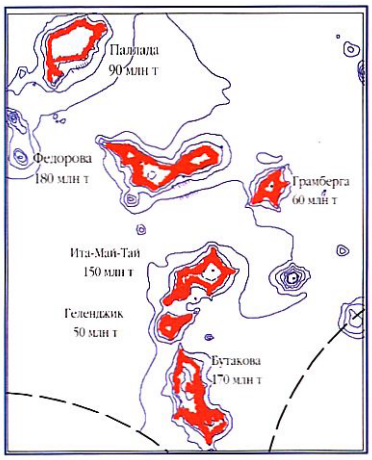
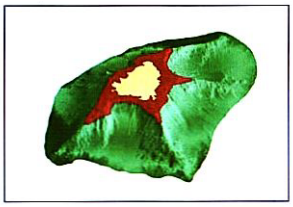


Рис. 90. Расположение заявочных блоков Российской Федерации для представления в МОМД ООН на выделение участков для поисков и разведки полиметаллических сульфидов в пределах Срединно-Атлантического хребта. Зеленым отмечены ГПС (Андреев С.И., Черкашев Г.А., Юбко В.М., Сергеев М.Б., 2011).





Распределение рудных площадей
на поверхностях гайота Грамберга

Продуктивные площади
от 300 до 2200 км^2

Прогнозные ресурсы корок
от 60 до 300 млн т

Общие ресурсы Магеллановых гор
1.8 млрд т.

Рис. 91. Схема расположения перспективных гайотов Магеллановых гор - потенциальных объектов Заявки РФ в международном районе Мирового океана.(Андреев С.И., Черкашев Г.А., Юбко В.М., Сергеев М.Б., 2011).

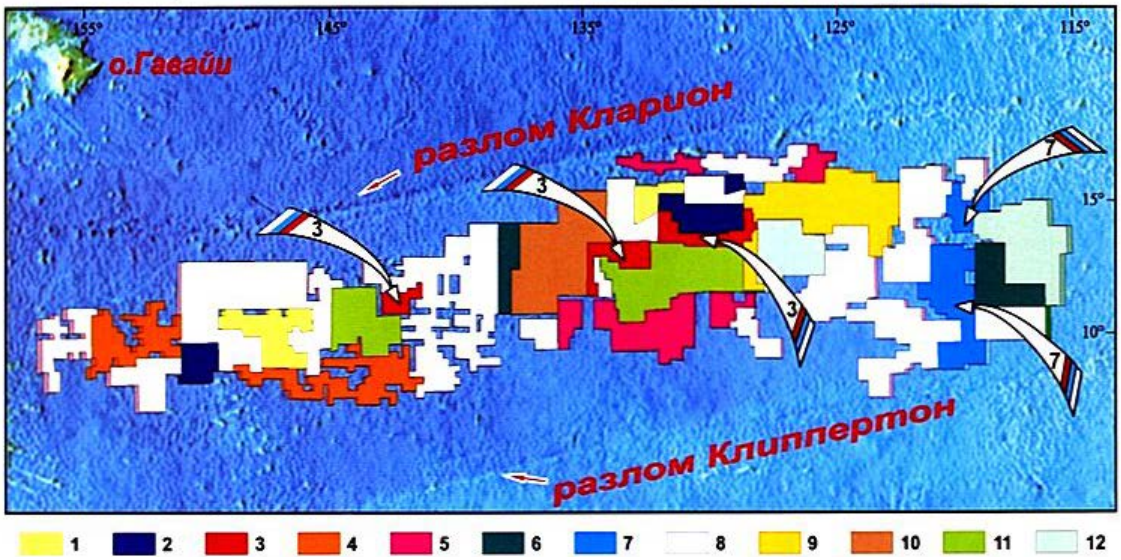


Рис. 92. Схема раздела поля Fe-Mn конкреций Кларкон-Клиппертрон между ведущими странами Мира и Международными консорциумами.

Поле Клоарион-Клиппертон – самое крупное скопление наиболее богатых Ni, Cu, Co, и Mn океанических конкреций (площадь поля – 3601.7 тыс. км^2, прогнозные ресурсы – 17.4 млрд т).Площадь Заявочного Участка России – 75 тыс. км^2 (глубина океана – 4800 м, прогнозные ресурсы сухой руды – 600 млн. т. Плотность залегания конкреций – 14.7 кг/м^2). Содержание металлов в руде (вес. %): Mn – 30.17, Ni – 1.42, Cu – 1.15, Co – 0.23. Участок СО ИНТЕРОКЕАНМЕТАЛ по площади и прогнозным ресурсам адекватен участку России. Участки, зарегистрированные первоначальными вкладчиками: 1 – Япония; 2 – Франция; 3 – Россия; 4 – Китай; 5 – Корея; 6 – Германия; 7 – СО ИНТЕРОКЕАНМЕТАЛЛ; 8 – участки, находящиеся под контролем Международной Организации по морскому дну (МОД ООН). Стрелками указаны участки, принадлежащие России полностью или на долевой основе (СО ИНТЕРОКЕАНМЕТАЛ) (Андреев С.И., Черкашев Г.А., Юбко В.М., Сергеев М.Б.,2011).

Рис. 93. Рудные тела (залежи) вписываются в клавишную структуру и имеют полосовидную в плане форму. Протяженность их достигает десятков км при ширине до (10-15) км. 1 — рудные залежи, 2, 3 — безрудные зоны: 2 — участки выположенного рельефа, 3 — участки крутых склонов (по материалам НПО «Южморгеология», 2010).

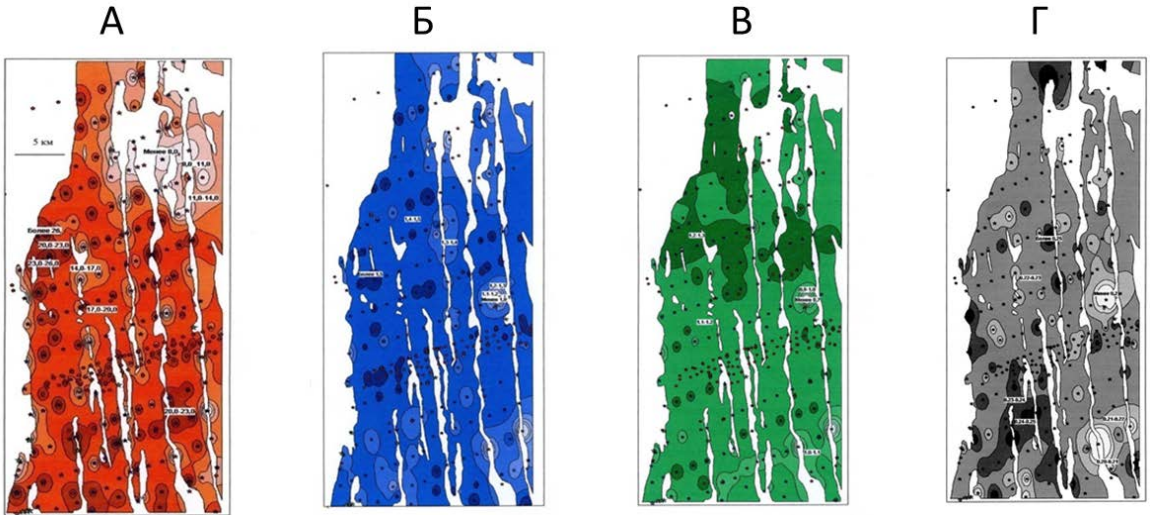


Рис. 94. Пример строения одной из рудных залежей (по материалам НПО «Южморгеология»). Распределение: А – весовой концентрации ЖМК; Б –содержаний Ni; В содержаний Cu; Г –содержаний Co.

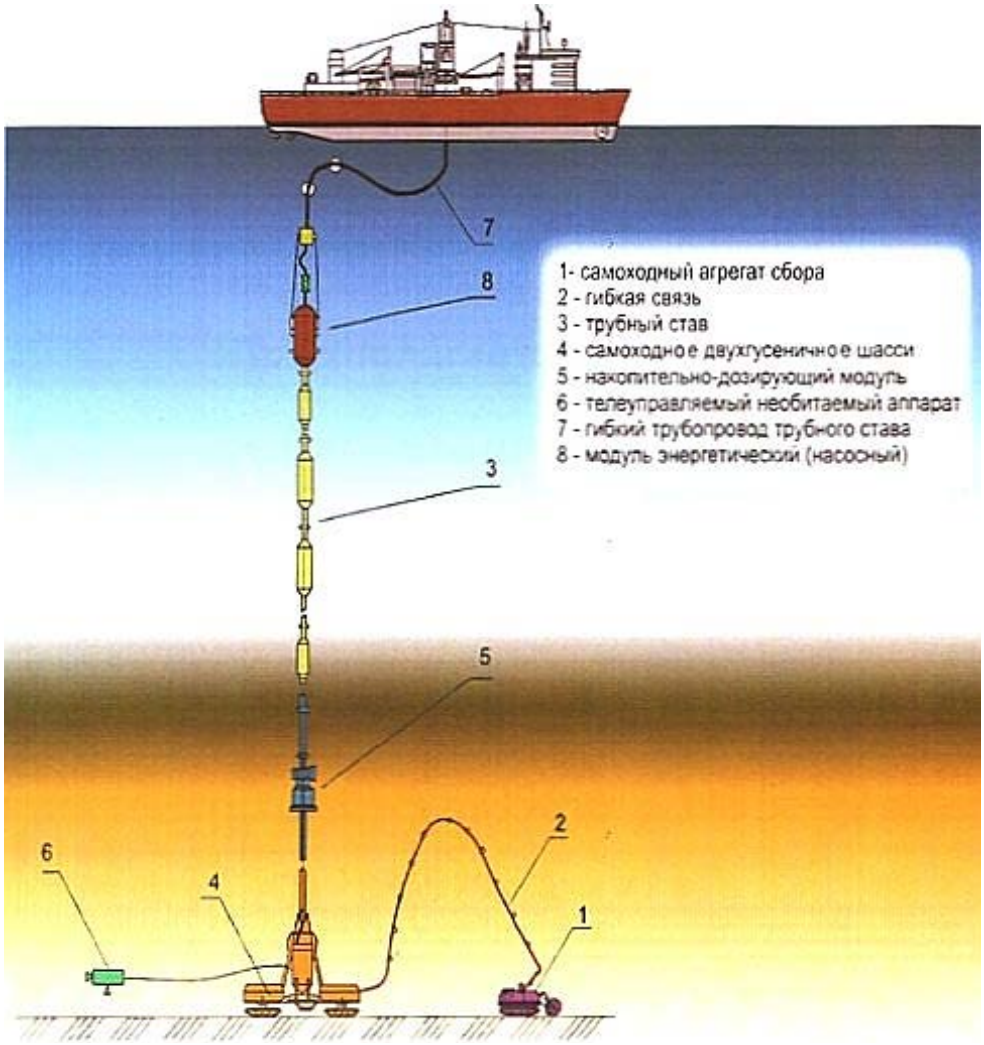


Рис. 96. Добычной комплекс (Андреев С.И., Черкашев Г.А., Юбко В.М., Сергеев М.Б., 2011).

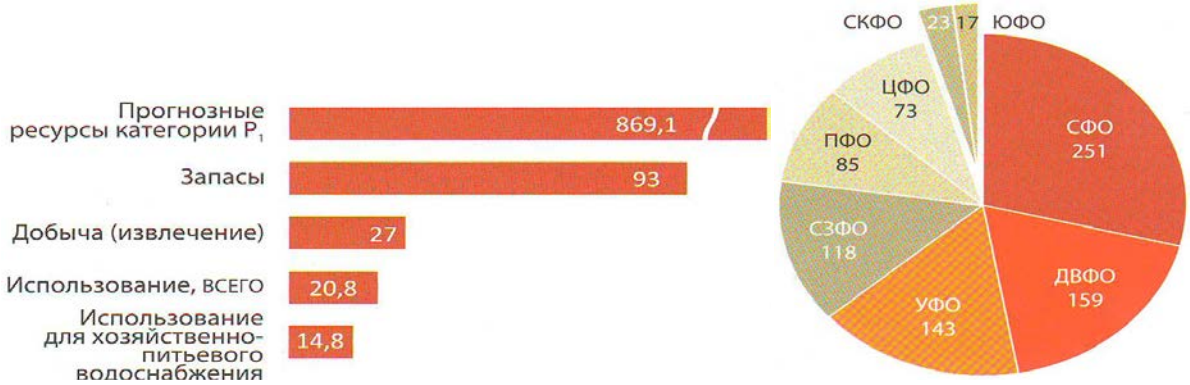


Рис. 115. Прогнозные ресурсы, запасы, добыча, использование и распределение питьевых и технических подземных вод в Российской Федерации в 2012 г., млн. куб.м/сут (Государственный доклад «О состоянии …», 2013).

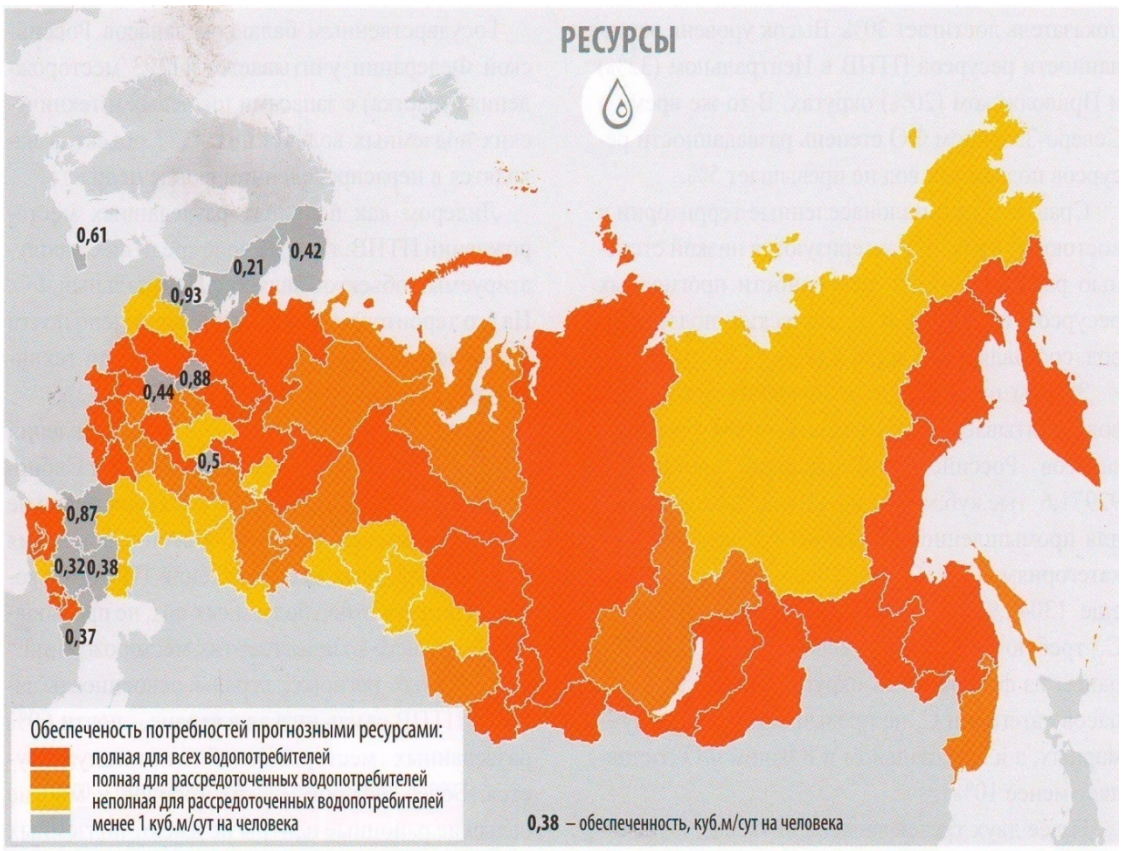


Рис. 116. Обеспеченность потребностей прогнозными водными ресурсами РФ (Государственный доклад «О состоянии …», 2013).

Рис. 117. Динамика роста числа месторождений (участков) питьевых и технических подземных вод в Российской Федерации в 2004-2012 гг (Государственный доклад «О состоянии …», 2013).

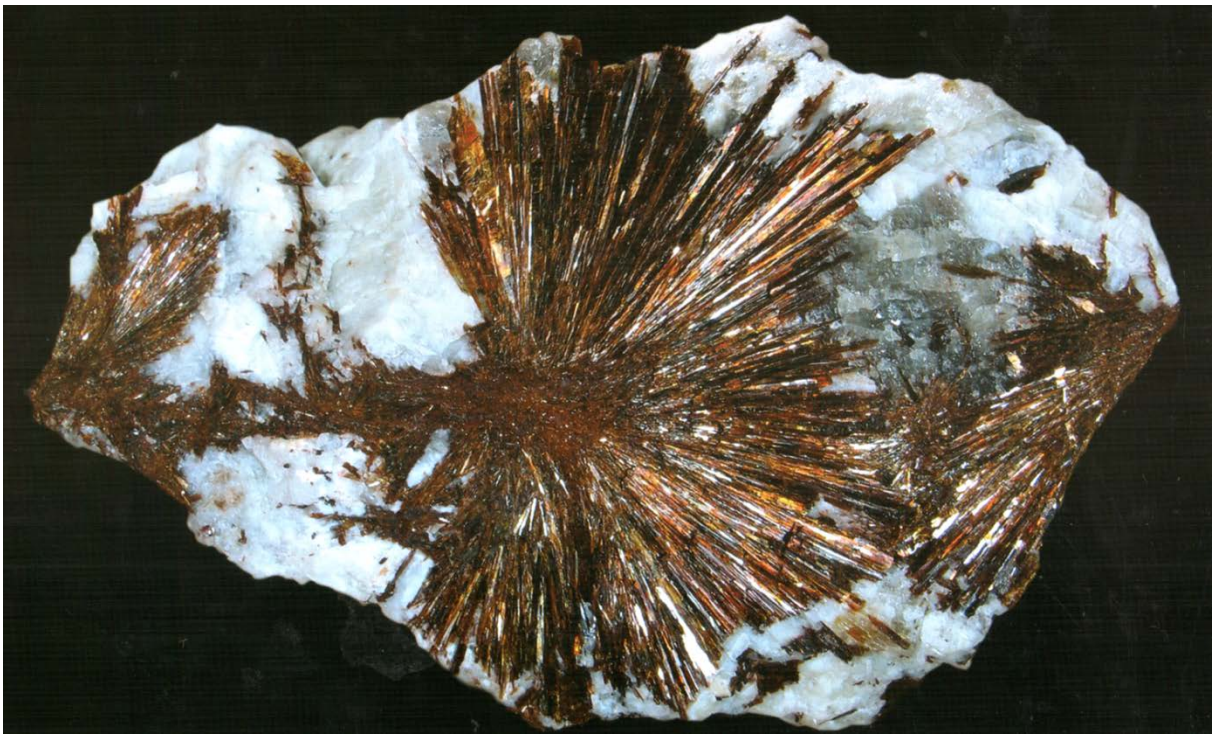


Рис. 123. Астрофиллит в альбитизированной эгирин-микроклиновой жиле. Месторождение Кукисвумчорр (В.Н.Яковенчук и др., 2005).

Рис. 124. Азурит. Китай. Внутренняя Монголия.

Рис. 125. Друза виллиамита из пектолит-виллиамитовой жилы в уртите, Кукисвумчорр, Хибины, Кольский полуостров (по В.Н.Яковенчук и др., 2005.)

Рис. 126. Друза стибнита. Китай.

Рис. 127. Халькантит. Колчеданное месторождение − Ср.Урал, Нижний Тагил, 80 мм. Фото Колтавой.

Рис. 128. Кристаллы киновари. Китай.

Рис. 129. Серебро, Конгсберг, Норвегия. Подарок шведского короля Оскара I. Коллекция герцога Лихтенбергского.

Рис. 131. Метеорит «Палласово железо», привезенный П.С. Палласом из одной естественнонаучной экспедиции. Минералогический музей им. А.Е.Ферсмана.

Рис. 132. Яйцо «Цесаревич Алексей» Неоконченное императорское пасхальное яйцо, 1917 г. Фирма Фаберже. Минералогический музей им. А.Е.Ферсмана.

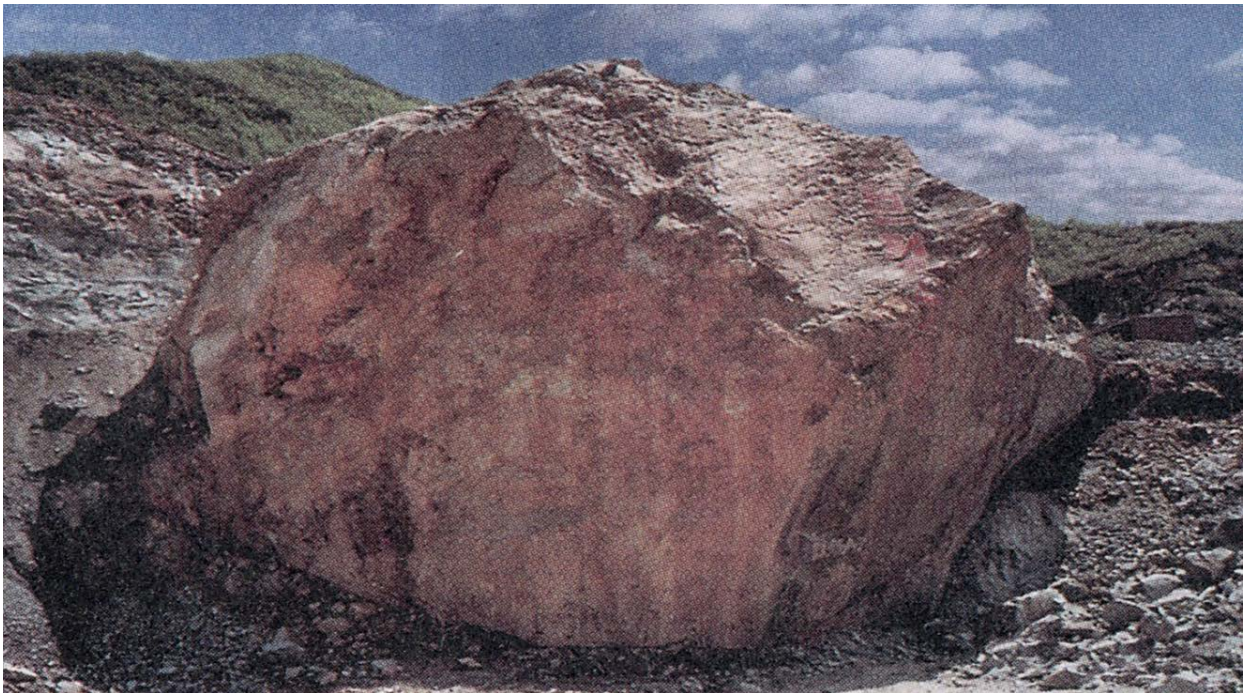


Рис. 133. Гигантская глыба нефрита, найденная в Китае.

Рис. 134. Знаменитый Нефритовый Будда.

Рис. 135. Фрагмент украшения храма - фигурка священного нефритового быка.

Рис. 136. Чаша из серо-желтого жадеита стоит у входа в храм Нефритового Будды в Аншане.

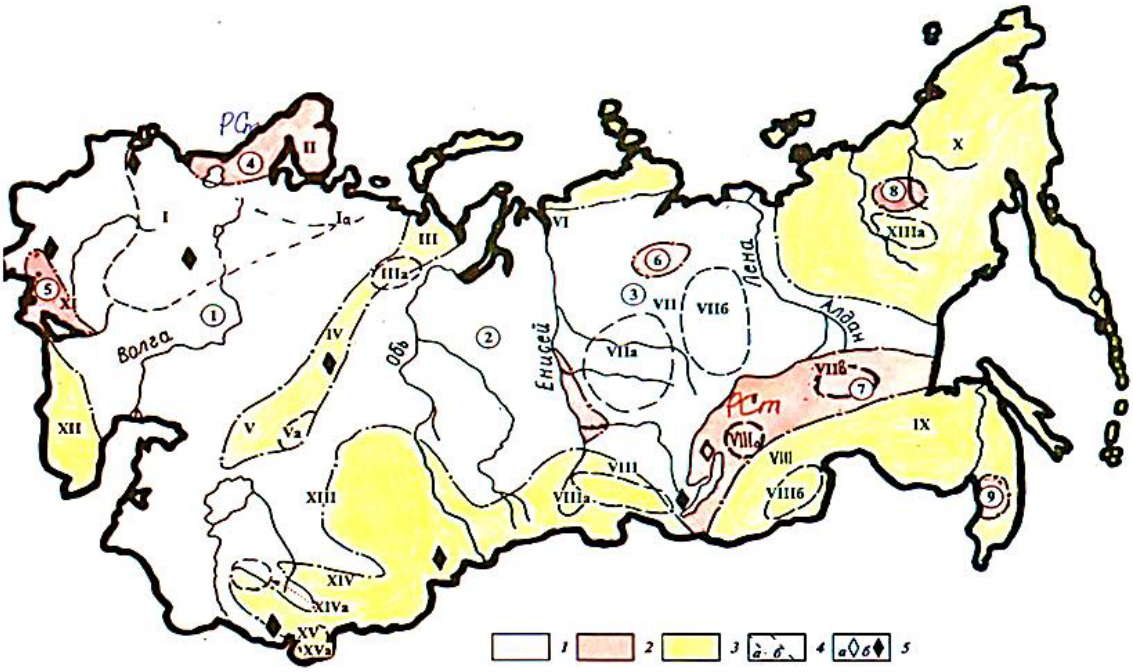


Рис. 137. Камнесамоцветные провинции СНГ. 1 - чехлы платформ, 2,3 - обл. складчатости: 2-Рст, 3-фанерозойские, 4-границы, 5 – предприятия. Провинции СНГ: I-II-Европейская – янтарь, алмаз, агаты; II-Карело-Кольская – беломорит, гранат; III-С.Урал-Тиман-Пайхой – агат, горн.хрусталь, аметист; IV-Ср.Урал – изумруд, александрит, турмалин, топаз, малахит; V-Ю.Урал – яшма; VI-В.Сибирь – агат, сердолик, халцедон; VII-Ц.Сибирь – алмаз, горн.хрусталь, аметист, чароит, хромдиопсид; VIII-Ю.Сибирь – нефрит, жадеит, лазурит, аквамарин; IX-Приморье – турмалин, топаз, демантоид; X-Чукотка-Камчатка – демантоид; XI-Украина – топаз, лабрадор, аквамарин, цитрин, горн. хрусталь; XII-Кавказ – агат; XIII-Казахстан – жадеит, хризопраз, гематит; XIV-Ср.Азия – бирюза; XV-Памир – лазурит, шпинель, рубин, корунд, горный хрусталь. (Я.П.Самсонов, 1993).

Рис. 138. Яшмовый топор, 5-8тыс.лет д н.э. Ю. Урал. Река Таналык (С.В.Колесниченко, 2007).

Рис. 139. Глыба иременьской яшмы в русле р. Нижний Иремень (С.В.Колесниченко, 2007).

Рис. 140. Карабашская яшма (С.В.Колесниченко, 2007).

Рис. 141. Старомуйнаковские яшмы (С.В.Колесниченко, 2007).

Рис. 142. Калиновская яшма. Г. Орск (С.В.Колесниченко, 2007).

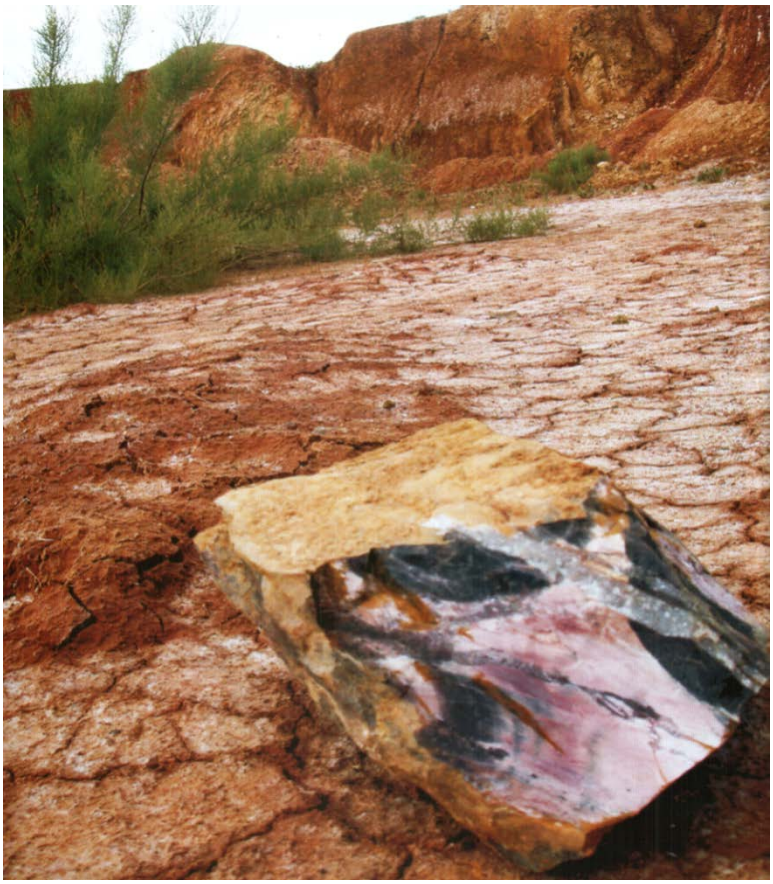


Рис. 143. Орская яшма (г. Орск, Гора Полковник) (С.В.Колесниченко, 2007).

Рис. 144. Орская яшма (г. Орск, Гора Полковник) (С.В.Колесниченко, 2007).

Рис. 145. Давлетовская яшма. Сибай. Гора Карамалыташ. Коренные обнажения (С.В.Колесниченко, 2007).

Рис. 146. Давлетовская яшма. Сибай. Гора Карамалыташ (С.В.Колесниченко, 2007).

Рис. 147. Сибайская яшма. Эттутканский карьер. Сибай (С.В.Колесниченко, 2007).

Рис. 148. Сибайская яшма. Мозаичное панно «Петербургский канал». Сибай (С.В.Колесниченко, 2007).

Рис. 149. Калканская яшма. Учалы. Ваза. Конец XVIII в. Павловский дворец (С.В.Колесниченко, 2007).

Рис. 150. Киот храма «Спас на крови». Резьба по камню. Яшмы: аушкульская, тунгатаровская; ревневская; родонит (Урал) (С.В.Колесниченко, 2007).

Рис. 151. Малахит. 25х18 см. Гумешевское месторождение. Средний Урал. ГГМ им. В.И.Вернадского. Фото М.Лейбова и Н.Парашкевича.

Рис. 152. Орлец (поделочный родонит) из свинцово-цинкового месторождения Чекмарь (Рудный Алтай).

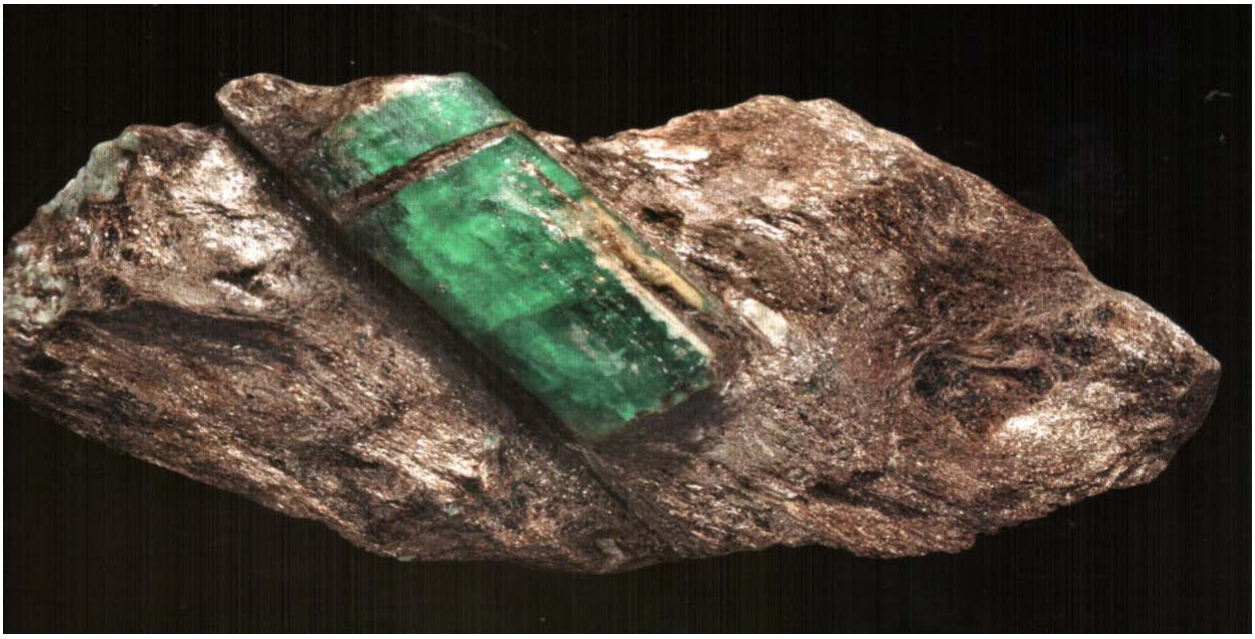


Рис. 154. Кристалл изумруда в слюдяной массе. Изумрудные копи Урала.

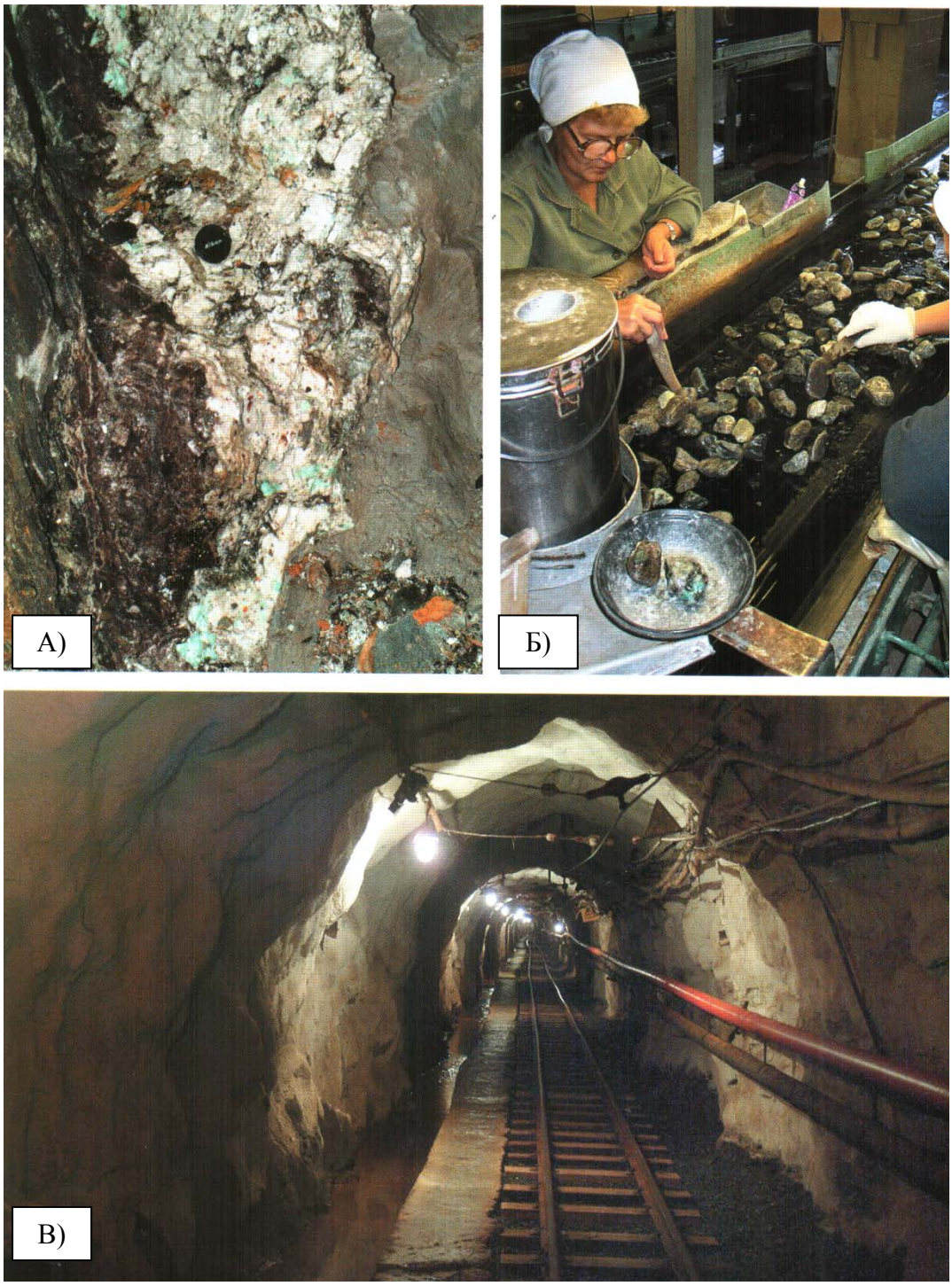


Рис. 155. А) - Изумруды в забое горной выработки, в флогопитовых сланцах (слюдитах), в плагиоклазах. Мариинское месторождение, горизонт - 30 м. (Глубина 280 м).Фото. Варена Ф. Бойда; Б) - На изумрудоизвлекающей фабрике. 2006г. Фото. М.П. Попова; В) - Мариинское месторождение, горизонт -30 м. (Глубина 280 м). Фото. Варена Ф. Бойда. Участок 10-км железнодорожных путей.

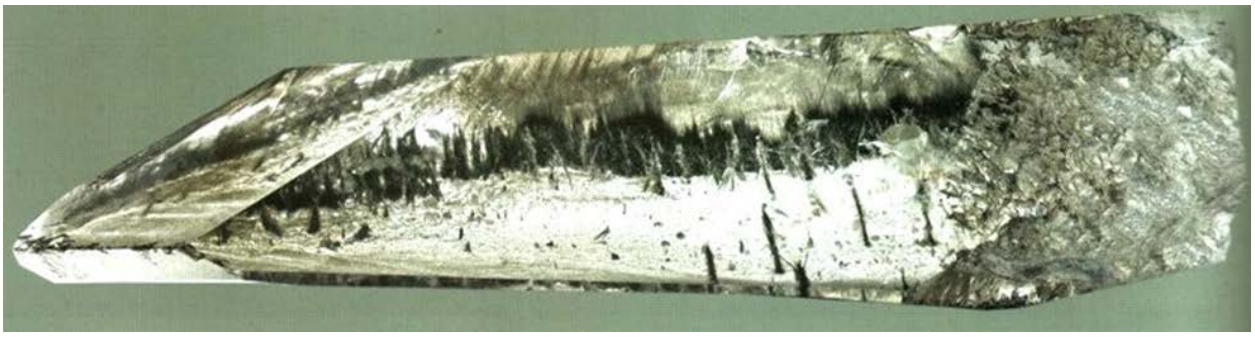


Рис. 156. Кварц с включениями «Зимний пейзаж» 38×6. Пирамида. Музей Землеведение МГУ им. Ломоносов. Фото: М.А. Богомолов.

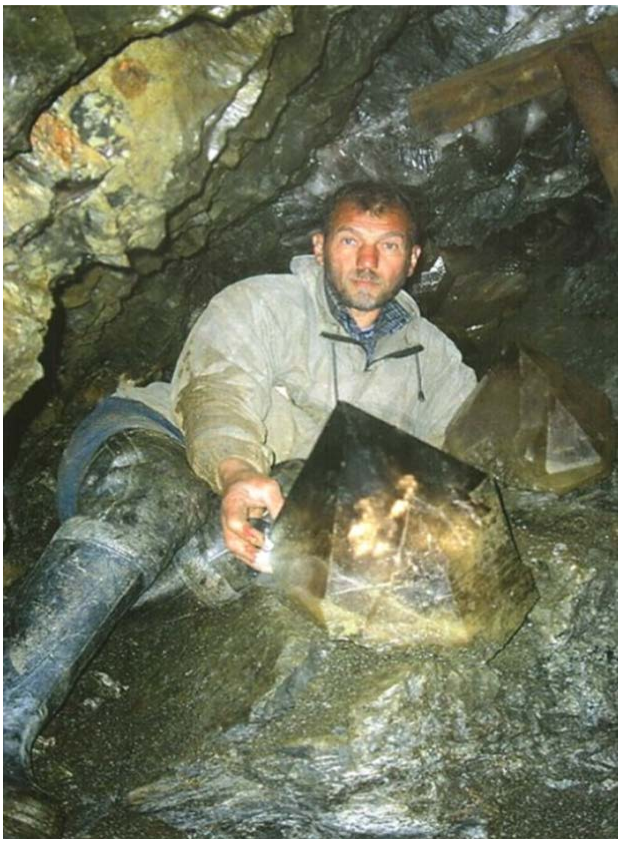


Рис. 157. Н.И.Хоханов в хрусталеносном гнезде Пуйвы Фото Е.В.Бурлаков.

Рис. 158. Кварц с включениями. 38×6 см. Николай-Шор. Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, 1946 г. Фото: М.Б. Лейбов.

Рис. 159. Кварц крученый 17х17 см. Пуйва. Обр. С.ван Скрайвер. Фото М.Б. Лейбов.

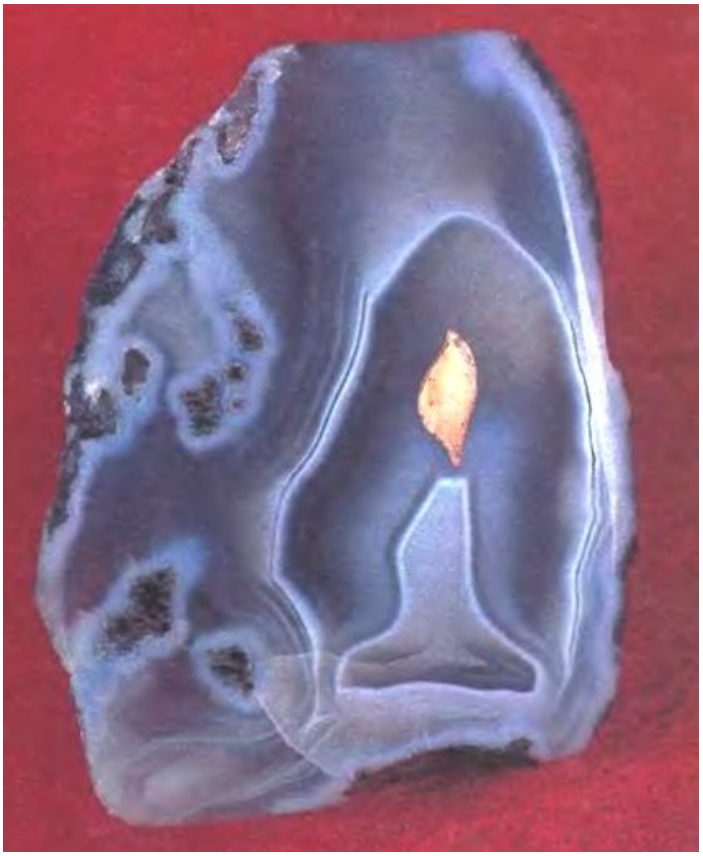


Рис. 160. Агат с голубыми полосами, в центральной части которого – силуэт свечи с красным пламенем. Из коллекции М.Н. Хрущёва.

Рис. 161. Заполярье. Осень. Апатиты.

Рис. 162. Заполярье. Хибины. Зима. Северное сияние.

Рис. 163. В.В.Коробков. Даль. Яшма, нейзильбер, малахит. 1970-е гг. (Е.Л.Соколова, 2009).

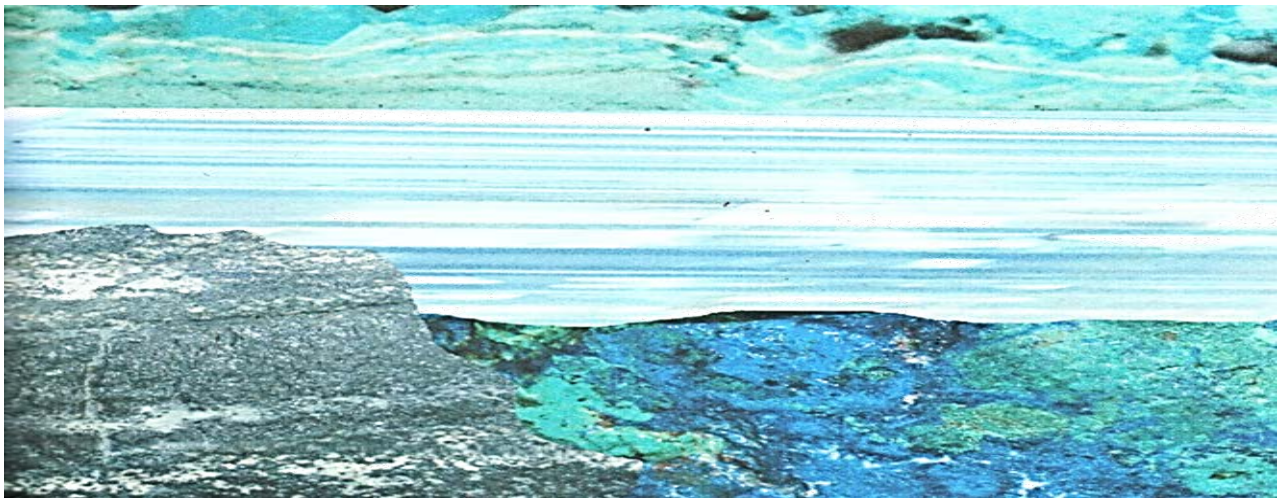


Рис. 164. Fe-Ti-V- месторождение Хактыг-Ой (В.Саян) (Л.И.Шабалин).

Рис. 165. Сорское месторождение в Хакасии. Пейзаж Л.И.Шабалин.

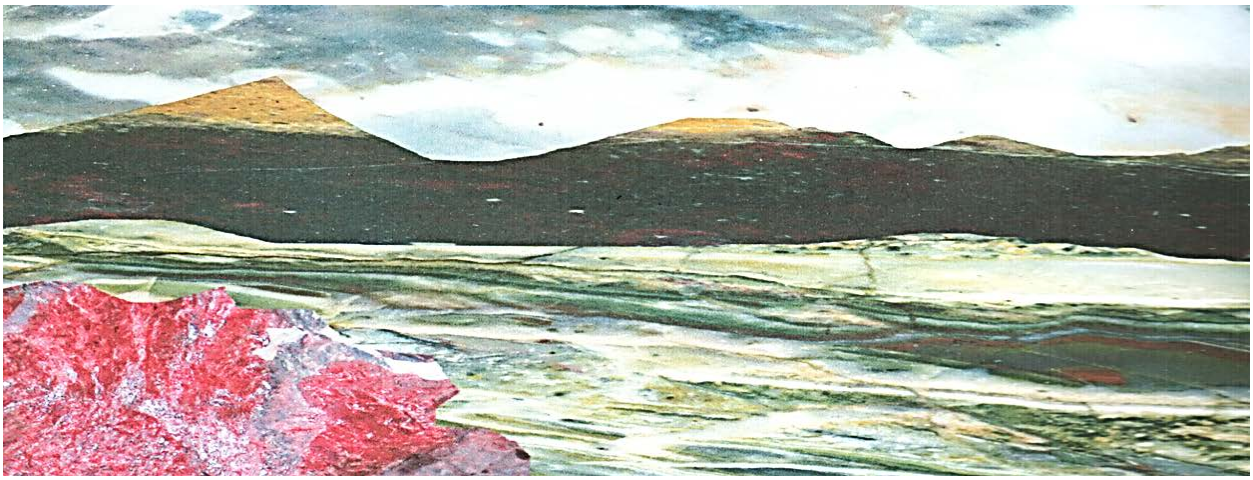


Рис. 166. Акташское месторождение (Алтай) (Л.И.Шабалин).

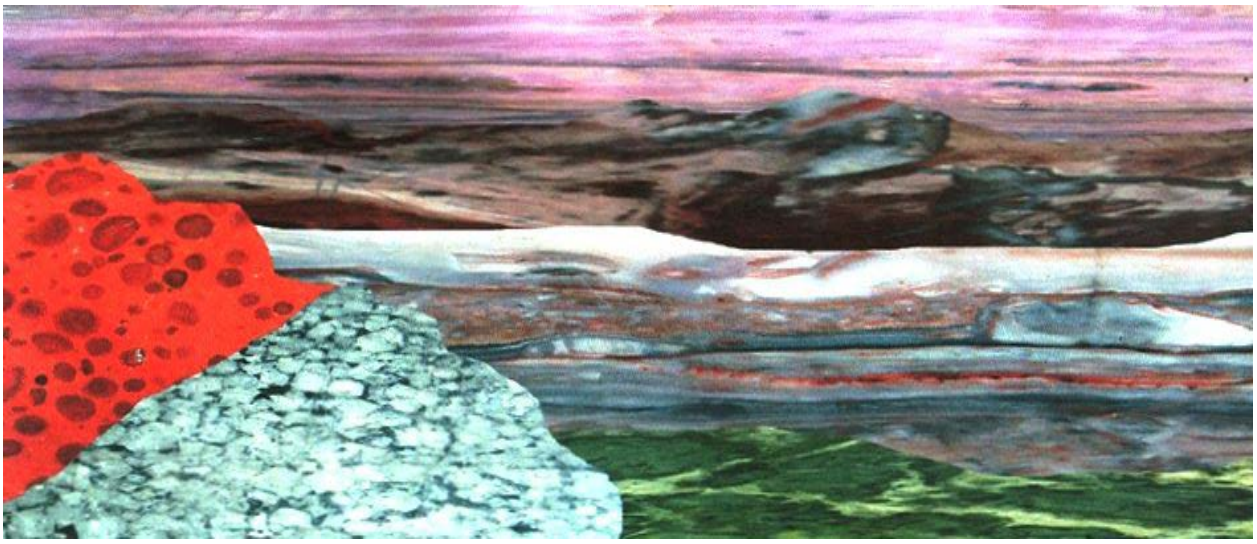


Рис. 167. Бокситовое (алюминий) месторождение Красная Шапочка (Урал) (Л.И.Шабалин).

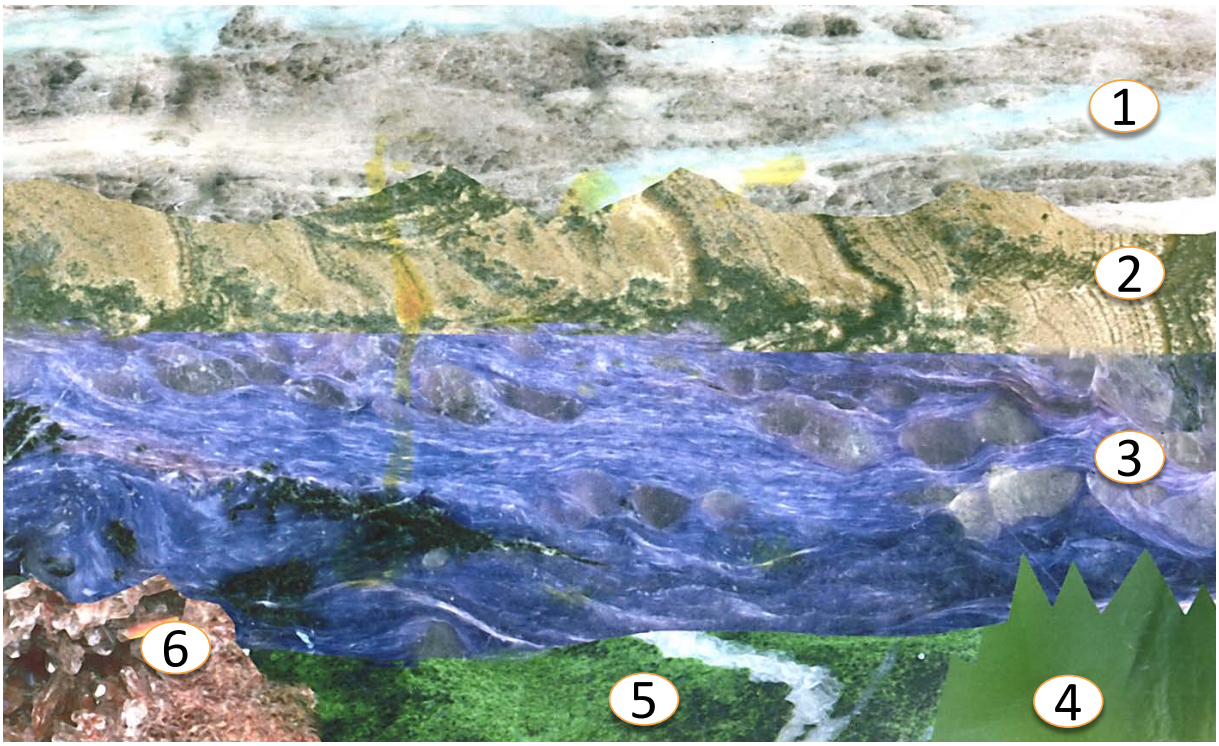


Рис. 168. Композиция «Бурный поток». 1 – кварцит в голубом мраморе (оз. Байкал); 2 – датолит-геденбергитовый скарн (Д.Восток); 3 – чароит (Якутия); 4 – друза барита (Алтай); 5 – зеленый гранат-уваровит в хромите (Урал); 6 – нефрит (Бурятия) (Л.И.Шабалин).

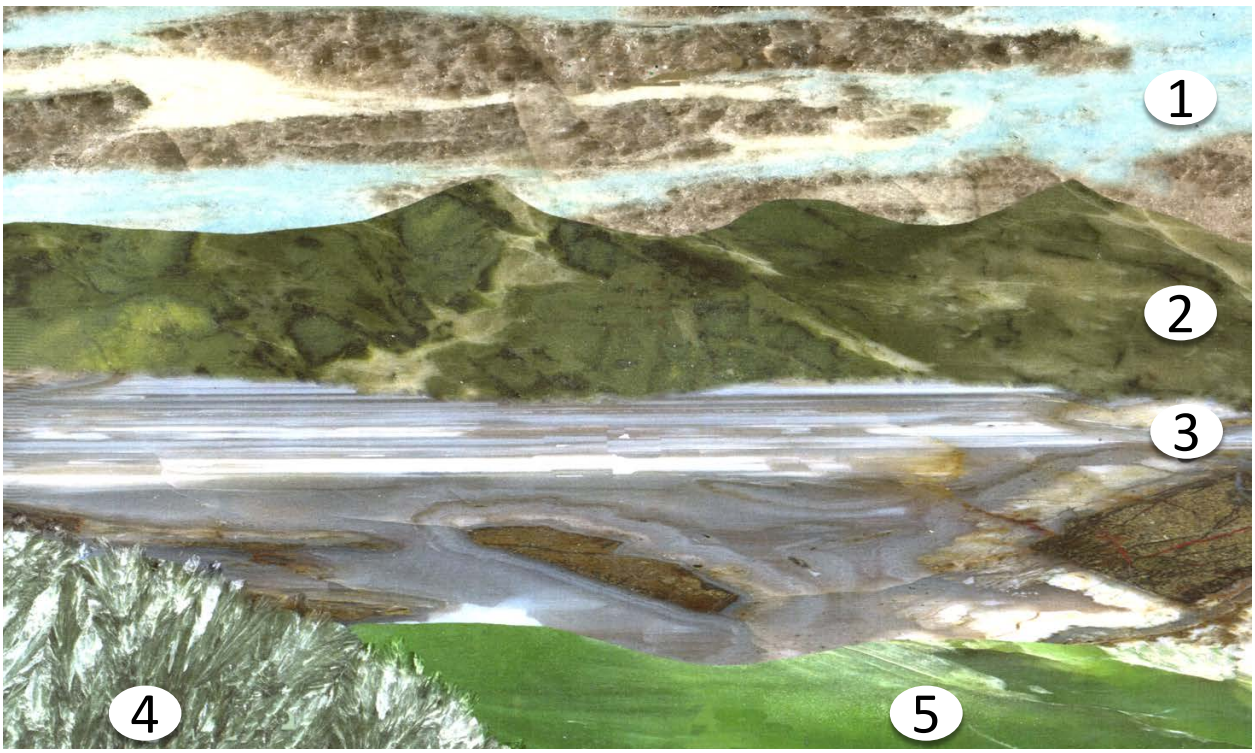


Рис. 169. Композиция «Озеро» 1 – кварцит в голубом мраморе (оз. Байкал); 2 – яшма ревневская (Алтай); 3 – агат (Кемеровская обл.); 4 – клинохлор (Иркутская область); 5 – нефрит (Бурятия) (Л.И.Шабалин).

Рис. 170. Композиция «Земля, вода, небо» 1 – чароит (Якутия); 2 – агат (Кемеровская область); 3 – яшма (Урал) (Л.И.Шабалин).

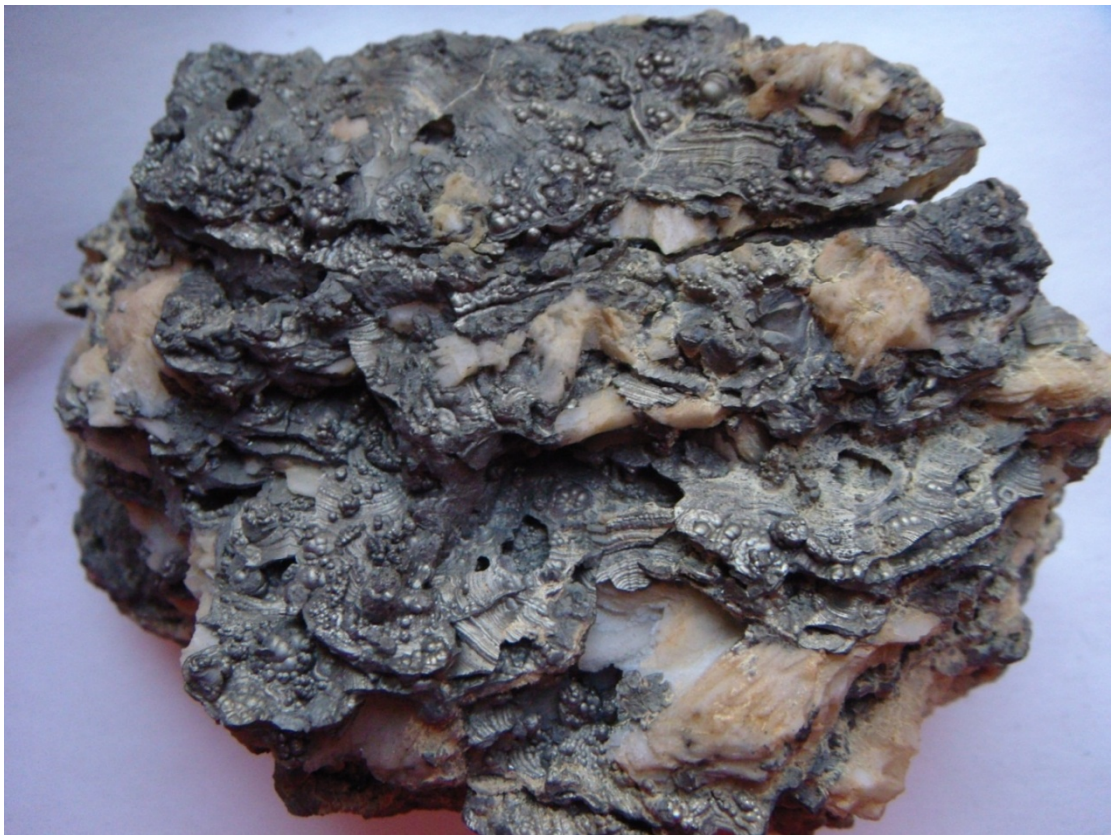


Рис. 171. Сфалеритовые колломорфные руды в гидротермальной камере месторождения Трепча, Сербия 1967г. «Пещерная конструкция».

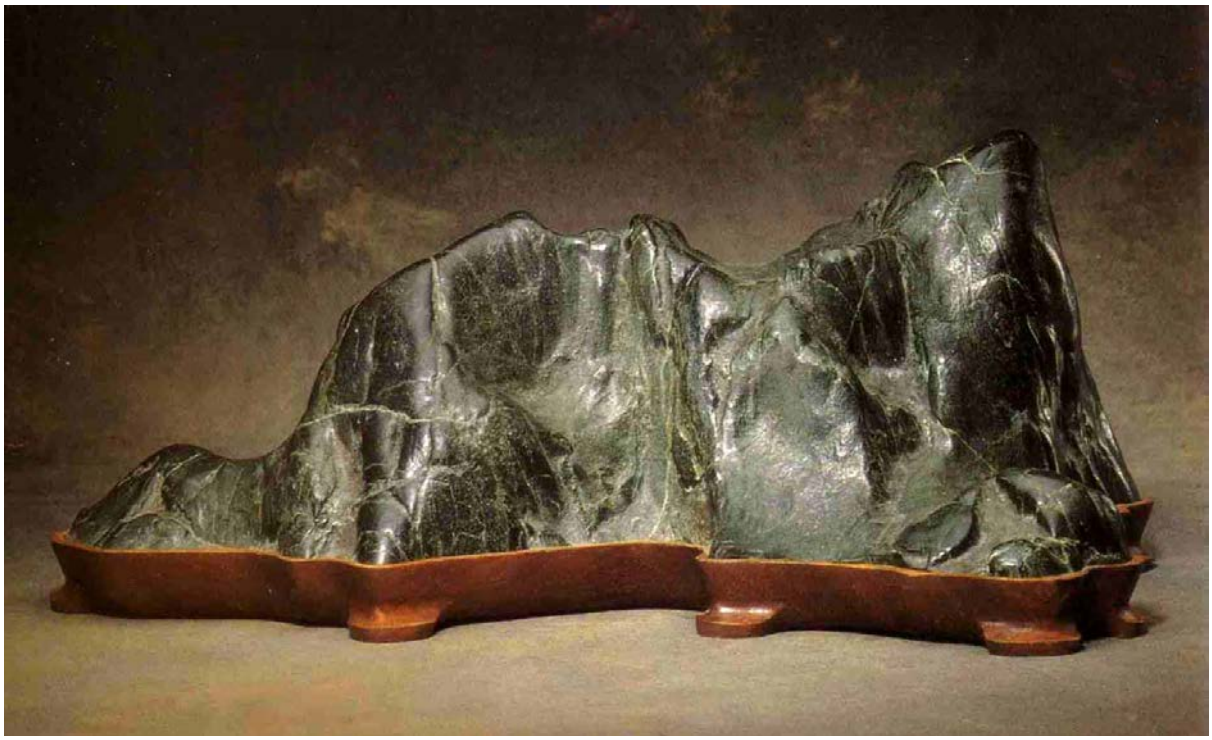


Рис. 172. Отдыхающий морской лев.

Рис. 173. Палеогеновые прибрежные песчаники. Средиземное море. «Ящур» из коллекции Л.Разина, 2011г.

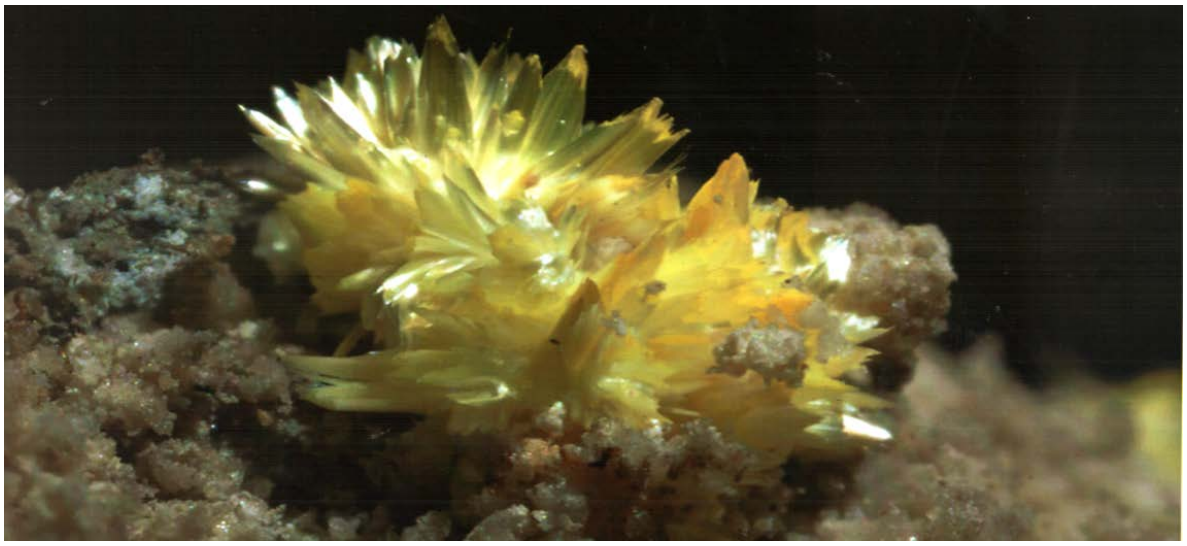


Рис. 174. Раббитит. Размер кристаллов – 2 мм. Белореченское месторождение, Сев. Кавказ, РФ. Фото и сборы: П. Мартынов.

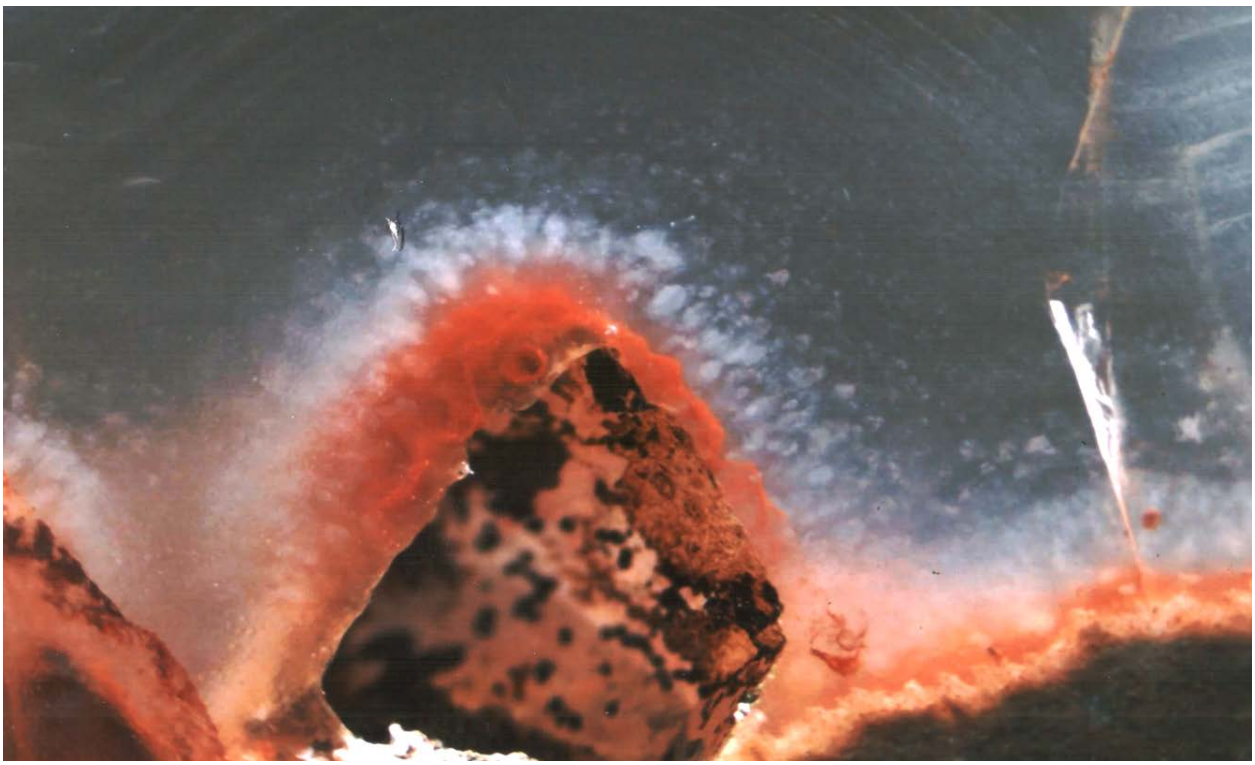


Рис. 175. Агаты.ФотоН.Колтовой1,5 мм.

Рис. 177. Искусственно выращенные во ВНИИСИМСе (г.Александров) кристаллы кварца.

Рис. 178. Образец кварца, выращенный в автоклавах ВНИИСИМСа.

Рис. 179. Самородок золота «Мефистофель», Гохран России (Колыма. 1944 г., 20,25 г.).

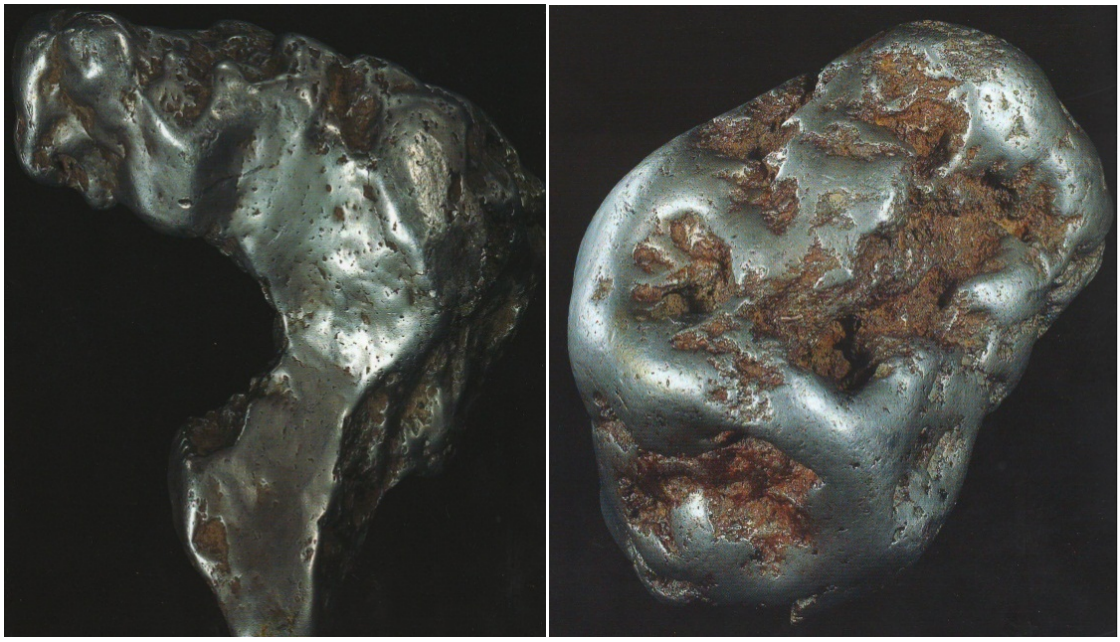


Рис. 187. Знаменитые Уральские платиновые самородки. Слева - «Челюсти» 4760,4 г. Алмазный фонд №12; справа – безымянный. 4097,0г. Алмазный фонд №11. Фото М. Лейбов (В.Н.Орлов,2010).

Рис. 188. Рудник «Медвежий ручей», Норильский рудный район.

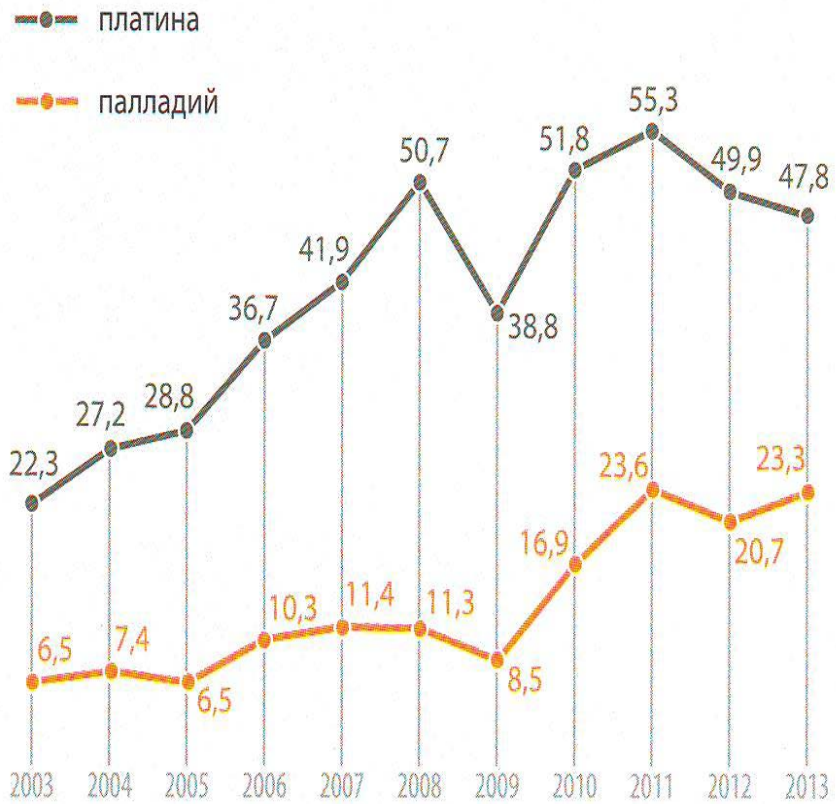


Рис. 189. Среднегодовые цены на МПГ в 2003 – 2013 гг. на Лондонском рынке платины и палладия, долл./г.