

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ  
БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА

В. Д. ВОЙЛОШНИКОВ  
Н. А. ВОЙЛОШНИКОВА

# КНИГА О ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ



МОСКВА "НЕДРА" 1991

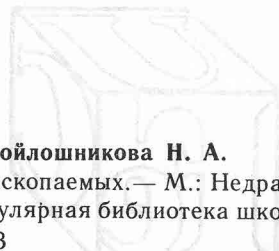
ББК 26.325

В 65

УДК 553

Библиотека основана в 1986 году

Рецензент д-р геол.-минер. наук *В. П. Федорчук*



**Войлошников В. Д., Войлошникова Н. А.**

**В 65** Книга о полезных ископаемых. — М.: Недра, 1991. — 175 с.: ил. (Научно-популярная библиотека школьника).

ISBN 5-247-00547-3

В доступной для широкого круга читателей форме рассказано о различных полезных ископаемых, их происхождении, классификации месторождений, запасах. Рассмотрены топливно-энергетическое сырье (нефть, газ, уголь, горючие сланцы, уран), черные, цветные, благородные металлы, алмазы, асбест, графит, слюды, агрохимическое сырье (калийные соли, фосфориты, сера, бром, йод, плавиковый шпат), полезные ископаемые дна Мирового океана. Большое внимание уделено охране и рациональному использованию недр, использованию различных полезных ископаемых в народном хозяйстве.

Для широкого круга читателей, интересующихся науками о Земле.

**В** 1804060000—025  
043(01)—91 337—90

**ББК 26.325**

ISBN 5-247-00547-3 © В. Д. Войлошников, Н. А. Войлошникова, 1991

**О ЧЕМ ЭТА КНИГА?**

Сегодня весь мир волнует мысль о том, что ресурсы земных недр истощаются.

Что мы оставим в наследство нашим потомкам? — вопрошают журналисты.

В мире разразился энергетический кризис, угольный и нефтяной голод! — вещают буржуазные политики.

В перспективе будет еще хуже! — предсказывают футурологи...

Действительно, какими же ресурсами сегодня располагает мир, человечество? Надолго ли их хватит? Какие полезные ископаемые истощаются в самом деле? Что придет им на смену? — эти и многие другие вопросы не только задаются, но и решаются уже сегодня учеными и практиками-геологами и другими специалистами. Геологов-специалистов в науке о полезных ископаемых интересуют: во-первых, обобщение и переоценка запасов минеральных ресурсов и их месторождений на континентах; во-вторых, выявление и изучение минеральных ресурсов Мирового океана и его недр, шельфовых областей, путей их освоения; в-третьих, исследование и вовлечение в хозяйство новых видов полезных ископаемых; многие из них заменяют традиционные виды полезных ископаемых; в-четвертых, решение задач комплексного использования известных видов минерального сырья и их месторождений на базе новых технологий и новой техники. Нашими крупнейшими учеными Н. А. Быховером, М. А. Жарковым, Ю. А. Заниным, Е. А. Козловским, И. Г. Магакьяном, А. К. Матвеевым, В. А. Перваго, В. И. Петровым, Е. А. Радкевич, В. И. Смирновым, В. С. Соболевым, П. М. Татариновым, Г. А. Твалчрелидзе, П. П. Тимофеевым, А. А. Трофимук, Н. А. Шило, Е. Ф. Шнюковым, А. Д. Щегловым, А. Л. Яншиным и многими другими на протяжении последних 25 лет написано много фундаментальных обобщающих работ по этим проблемам.

Огромно число книг и статей, посвященных отдельным видам полезных ископаемых. Есть специальные организации, в которых накапливается и обобщается информация о полезных ископаемых (например, Всесоюзный геологический фонд, объединение ВНИИЗарубежгеология Министерства геологии СССР и др.).

Ежемесячно выходит реферативный журнал «Геология», «География» и другие, в которых в кратких статьях-

рефератах рассказывается о всех публикациях, посвященных полезным ископаемым.

Полезные ископаемые (минеральные ресурсы) — это природные минеральные образования, которые при данном уровне техники могут рентабельно использоваться в хозяйстве в обработанном или необработанном виде. В комплексе они составляют минерально-сырьевую базу каждой страны и являются основой ее производительных сил.

В 1987 г. произведенная человечеством промышленная продукция превысила 6 трлн. дол., продукция сельского хозяйства 1,6 трлн. дол., а объем добычи минерального сырья оценивается в 200 млрд. дол. Но это стоимость только добытого сырья, из которого сначала извлекается полезный компонент, применяемый затем в производстве разнообразной продукции — от различных конструкций до сложнейших современных машин и приборов. Значение и потребление минеральных ресурсов постоянно растет. Каждый год объем добычи их по сравнению с предыдущим годом возрастает на 4—5 %.

Начал человек с того, что насадил на палку каменный наконечник, заострил крупные обломки галек ударами друг о друга для того, чтобы превратить их в каменный топор или долото. Было это почти 3 млн. лет назад в эпоху самой древней «галечниковой культуры», известной сегодня по находкам Роберта Лики в Кении.

Именно тогда в руках «человека умелого» камень стал впервые полезным ископаемым. Потом полезными ископаемыми стали глины (неолит), медь и олово (бронзовый век) затем железо (железный век).

А сегодня? Наше время называют по-разному: космический век, атомный век, век синтетических материалов и т. д. Металлург Е. М. Савицкий по этому поводу пишет, что «если быть верным традиции и давать название эпохе по главному материалу, из которого изготавливаются в основном орудия труда, то гораздо правильнее по-прежнему называть наше время железным веком, или веком металла, который остается материалом № 1 — каркасом, остовом всей материальной культуры человечества, хребтом индустрии». И, действительно, железо — главный металл вчера, сегодня, и, наверное, завтра человечества. И все-таки... В наш век НТР человек использует в той или иной мере почти все известные минералы и горные породы, а их соответственно более 3500.

Школьники изучают полезные ископаемые на уроках природоведения, географии, химии, физики, истории. Столько волнующих открытий, увлекательных историй поисков место-

рождений они узнают из книг, радио- и телепередач. Романтика поиска...

Между прочим, многие месторождения в нашей стране открыты вовсе не геологами, а любознательными людьми, в том числе часть из них обнаружена ребятами, хорошо знающими родной край.

В своей книге мы лишь кратко расскажем о происхождении полезных ископаемых. Впрочем, учащиеся уже кое-что об этом знают из школьных курсов географии. Например, им известно, что горные породы и минералы имеют осадочное, магматическое и метаморфическое происхождение. Аналогичным образом формируются и полезные ископаемые, ведь они являются либо горными породами, либо скоплениями минералов.

Всего человечеству сегодня известно около 250 видов минерального сырья. Можно добавить еще 200—250 разновидностей драгоценных и поделочных камней, число которых постоянно увеличивается. Однако не все виды минерального сырья представляют одинаковый интерес. Поэтому существует (наряду с другими классификациями) промышленная классификация важнейших полезных ископаемых (в основе ее лежит применение тех или иных полезных ископаемых в народном хозяйстве), включающая только те виды минерального сырья, по которым определяются основные государственные задания и устанавливается прирост запасов в СССР (в США и других несоциалистических странах они называются стратегическим сырьем).

Промышленная классификация включает следующие 60 важнейших видов минерального сырья.

Топливо-энергетическое сырье: нефть, газ, уголь, горючие сланцы, уран.

Металлы: руды железа, марганца, хрома, титана, ванадия, никеля, кобальта, вольфрама, молибдена, циркония, тантала, ниобия, алюминия, магния, меди, свинца, цинка, олова, висмута, ртути, сурьмы, лития, бериллия, германия, кальция, кадмия.

Благородные металлы: золото, серебро, платина, металлы платиновой группы (палладий, иридий, родий, осмий, рутений).

Итак, из 82 металлов таблицы Д. И. Менделеева к промышленно важным относятся только 34.

Химическое и агрономическое сырье: калийные соли, фосфатное сырье (фосфориты и апатиты), борные руды, сера, бром, йод, плавиковый шпат (флюорит).

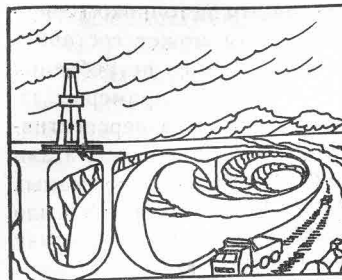
Техническое, или индустриальное, сырье: алмазы, асбест,

графит, пьезооптическое минеральное сырье (пьезокварц, исландский шпат), слюды (мусковит, флогопит).

Флюсы и огнеупоры: известняки (и доломиты), магнезит, огнеупорные глины, кварциты.

Строительные материалы: цементное сырье, каменные строительные материалы.

Вот об этих видах полезных ископаемых (за исключением флюсов, огнеупоров и строительных материалов) мы и расскажем на страницах нашей книги.



## «ЗАКОНСЕРВИРОВАННАЯ» ЭНЕРГИЯ

Один раз в три года собирается Мировая энергетическая конференция. Эта организация создана в 1924 г. и объединяет 78 отдельных стран и зон (территорий). В 1986 г. XIII конгресс (XIII-МИРЭК) проходил в Каннах (Франция), а задачи его были лаконично сформулированы в девизе «Энергия: потребность, прогнозы».

Чтобы делать обоснованные прогнозы, надо достаточно ясно представлять себе современную картину, привести все виды используемых ресурсов к единому знаменателю. Табл. 1 наглядно иллюстрирует соотношения запасов различных ресурсов и их различные сочетания по регионам мира.

Если в XIX в. и в первой половине XX в. среди первичных энергоресурсов и в топливно-энергетическом балансе мира главное место принадлежало углю (мы не учитываем мускульную энергию, древесину, ветровую энергию и гидроресурсы), то в 60-е гг. XX в. ТЭБ стал преимущественно нефтегазовым. На XIII-МИРЭКе было высказано мнение, что с начала сле-

Таблица 1  
Мировые запасы угля, нефти, природного газа, пригодные для промышленной разработки на 1985 г. (в млрд. т, в пересчете на млрд. ТУТ\*)

Страны	Всего	Уголь	Нефть	Природный газ
Весь мир	1052,3	771,4	166,2	114,7
Западная Европа	104	91,3	5,9	6,8
Восточная Европа и СССР	297,6	219,7	30,4	47,5
Страны Ближнего и Среднего Востока и Северной Африки	137,7	9,5	91,7	36,5
Южная Африка	51,9	51,9	—	—
Северная Америка	240,5	218,4	11,5	10,5

\* ТУТ — тонна условного топлива. При сгорании 1 кг условного топлива выделяется 29 310 кДж/кг (в угольном эквиваленте).

дующего века уголь вновь станет главным источником энергии. В 2000 г. производство угля и нефти может составить примерно по 4 млрд. ТУТ, а их доля в балансе потребления топливно-энергетических ресурсов возрастет примерно на 30 %. При этом для промышленных стран мира перспективными энергоносителями будут уголь, атомная энергия, а для развивающихся — уголь и нефть. В докладе о «Прогнозных нагрузках на мировые энергоресурсы» на XIII-МИРЭК было отмечено, что капитальные вложения в мировую энергетику на ближайшие 15 лет составят 600—1100 млрд. дол. в среднем в год. Был сделан вывод о том, что для обеспечения перспективных потребностей человечества в первичных источниках энергии необходимо всемерно развивать экономию потребления энергии. Вклад от этого может оказаться даже большим, чем от использования нетрадиционных источников энергии. Наконец, сама проблема энергетических ресурсов — это не проблема их физической нехватки, а проблема распределения — социальная, политическая и экономическая, решение которой должно способствовать расширению международного сотрудничества.

**Нефть и природный газ.** Важными источниками энергии являются нефть и газ. Газ делят на природный (образует самостоятельное скопление в виде газовых месторождений) и попутный (находится в нефти в растворенном состоянии; на 1 т нефти попутно добывают 100—150 м<sup>3</sup> газа).

Помимо нефти и газа выделяют еще газоконденсат, который является смесью нефти и газа — природной системы взаиморастворенных газообразных и легкокипящих жидких нефтяных углеводородов, находящихся в глубинах Земли. Охлаждение и снижение давления приводят к выпадению из этой системы жидкой фазы — конденсата, в связи с чем газоконденсат в расчетах в последние годы обычно дается вместе с нефтью (нефть и газоконденсат).

Нефть — это маслянистая темно-коричневая жидкость с красноватым или зеленоватым оттенком, иногда черная, красная, синяя или светлая и даже прозрачная (светло-коричневая) с характерным резким запахом. Бывает нефть белая или бесцветная как вода (например, в Суруханском месторождении в Баку, в некоторых месторождениях Алжира). В более редких случаях нефть очень плотная, полутвердая (в ней много парафина).

Различают легкие (плотность менее 0,9 г/см<sup>3</sup>) и тяжелые нефти. Нефти с более высокой плотностью до 1,04 г/см<sup>3</sup> редки (они встречаются, например, в месторождениях Калифорнии). Как правило, светлые нефти — легкие разновидности, они же

по большей части содержат бензин, керосин; из тяжелой нефти получают различные смазочные вещества (тракторное горючее, битум, мазут, масла). Легкие нефти извлекаются насосами, иногда фонтанным способом, а очень тяжелые — даже шахтным (например, нефть Ярегского месторождения в Коми АССР).

Температура застывания нефтей колеблется от +11 °С до —20 °С. Легкие нефти начинают кипеть при температуре ниже 100 °С, тяжелые — выше. В отличие от других полезных ископаемых нефть и газ не образуют самостоятельных пластов, они заполняют пустоты (поры между песчинками, трещины) в породах. Их залежи принимают форму вмещающих отложений.

По составу нефть — смесь углеводородов (парафины, нафтены, ароматические углеводороды). Основные сорта нефти содержат 80—87 % углерода, 10—14 % водорода, 0—5 % серы, 0—3 % кислорода, 0—2 % азота.

Нефть — универсальное топливо, ее теплота сгорания 37,6—49,3 МДж/кг (чем меньше плотность нефти, тем больше она выделяет тепла при сгорании). Так, 10 т нефти дают столько же тепла, сколько 13 т антрацита, 31 т бурого угля, 34 т дров. Нефть очень горюча. Она сохраняет это свойство даже находясь на поверхности воды (океана, моря, озера, реки), где способна воспламениться от горящего факела, пока не растечется в тончайшую радужную нефтяную пленку. Однако в реальных условиях волны постоянно сбивают пламя с растекающейся нефти, поэтому нефтяных пожаров в океане на поверхности воды практически не бывает. Нефть используют после обогащения (удаления воды, вредных примесей), она подвергается перегонке на фракции: при нагревании до 40—180 °С выделяются пары авиабензина, при 180—200° — автобензина и лигроина, при 200—300° — керосина, 270—350° — газойля (рис. 1). После светлых нефтепродуктов выделяются вначале мазут, а затем гудрон. Всего из нефти производят более 560 различных нефтепродуктов (рис. 2).

Нефть и ее продукты являются основой энергетики всех отраслей хозяйства, широко используются в химической промышленности (для производства пластмасс, синтетического каучука, синтетических волокон, жиров, спирта, органических кислот, растворителей), из нефти получают различные смазочные материалы и промышленные масла, а также белки, входящие в состав животных и растительных пищевых продуктов. Известна и лечебная нефть, богатая нефтеновыми и ароматическими углеводородами, с незначительным содержанием в ней легких фракций.

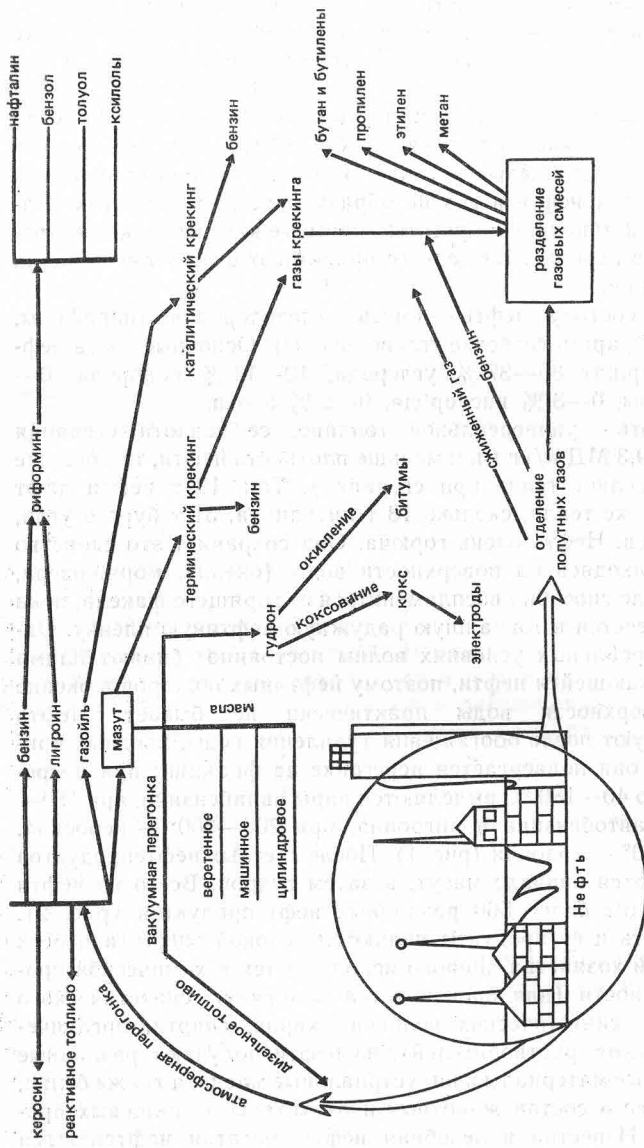


Рис. 1. Схема переработки нефти

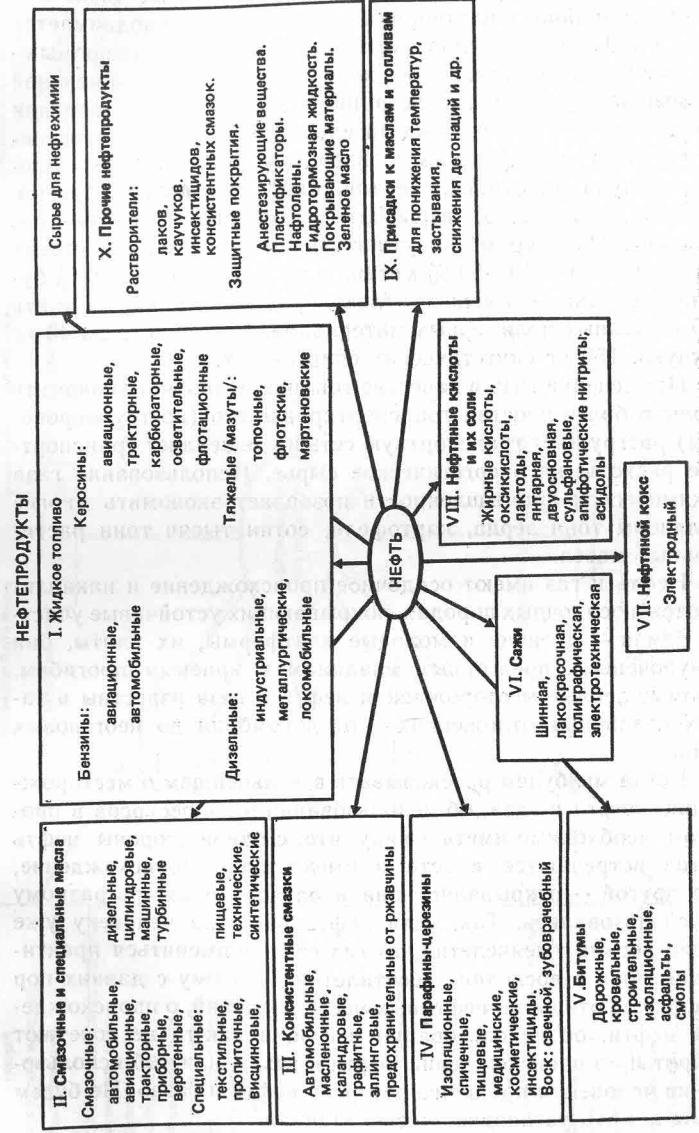


Рис. 2. Нефть и нефтепродукты в народном хозяйстве

Попутный и природный газ состоит из углеводородов с примесью азота, углекислого газа, сероводорода и в небольших количествах аргона и гелия. Газ — наиболее экономичный вид топлива, теплотворная способность его поднимается до 41,8 МДж/м<sup>3</sup>. Он используется в качестве топлива промышленными предприятиями черной металлургии, цементной промышленности, электростанциями, для удовлетворения коммунально-бытовых нужд населения. Газ широко применяется в качестве сырья для производства синтетических волокон, каучука, пластмасс, спиртов, жиров, азотных удобрений, аммиака, ацетилена, взрывчатых веществ, медикаментов (рис. 3). Из 1000 м<sup>3</sup> попутного нефтяного газа (в состав которого входят 40—50 % метана и пропана, до 20—60 % бутана, пентана и высших углеводородов) можно получить 200 кг ценных полимерных материалов, в том числе до 40 кг каучука, 150 кг синтетических спиртов и т. д.

Применение газа в качестве топлива позволяет экономить уголь, а более простая транспортировка его (по трубопроводам) разгружает транспортную сеть и удешевляет транспортные расходы на энергетическое сырье. Использование газа в химической промышленности позволяет экономить многие миллионы тонн зерна, картофеля, сотни тысяч тонн растительных масел.

Нефть и газ имеют осадочное происхождение и накапливаются в осадочных породах, покрывающих устойчивые участки Земли — древние и молодые платформы, их плиты, они приурочены к предгорным впадинам и краевым прогибам. Промышленные месторождения нефти и газа известны в самых различных отложениях — от докембрия до неогеновых толщ.

Когда мы будем рассказывать в дальнейшем о месторождениях нефти и газа, об использовании этих ресурсов в прошлом, необходимо иметь в виду, что, с одной стороны, нефть и газ встречаются вместе и имеют одно происхождение, а с другой — открывались они в разное время, по-разному и использовались. Так, если нефть известна человеку уже около восьми тысячелетий, то газ стал применяться практически лишь в последние десятилетия. Поэтому с давних пор говорят об открытии нефтяных месторождений, о происхождении нефти, об использовании нефти, и как-то не сочетают обороты: «о происхождении нефти и газа», или «об использовании человеком прошлого ресурсов нефти и газа». Не будем и мы ломать установившиеся традиции.

Расскажем теперь об истории освоения, затем происхождении, ресурсах и размещении на Земле нефти и газа.

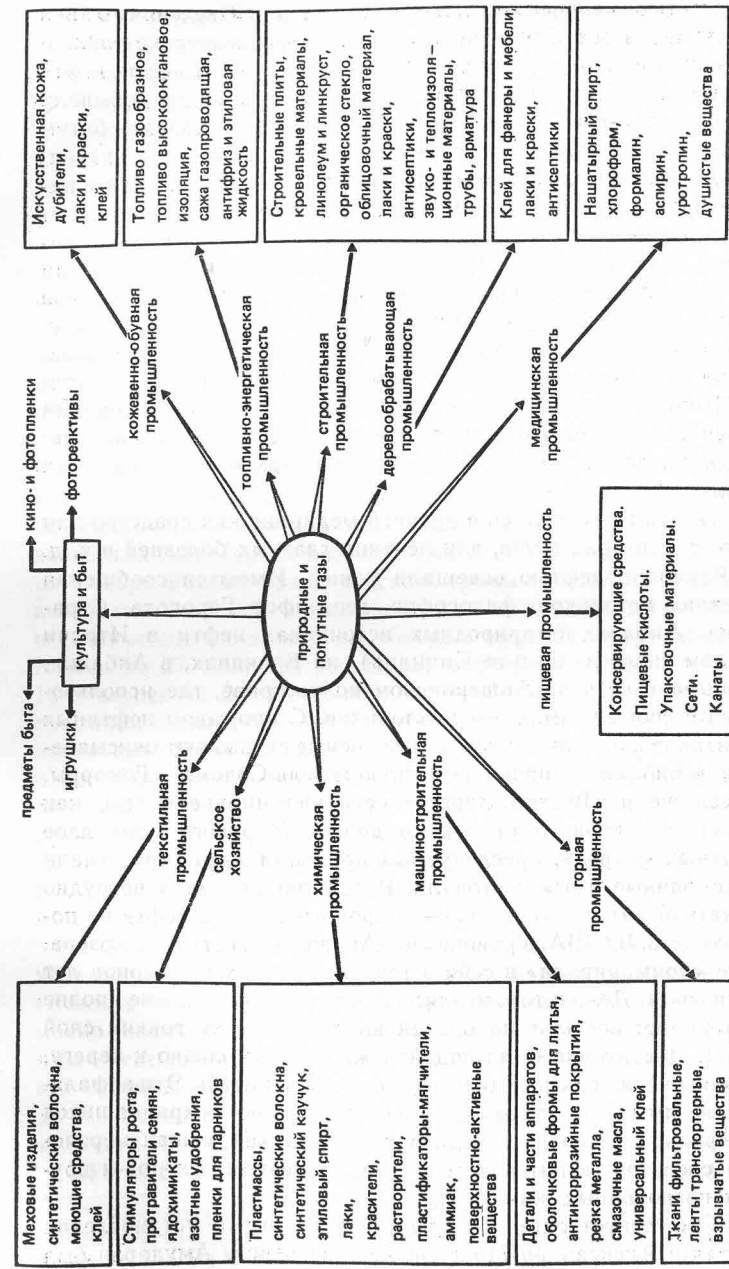


Рис. 3. Использование природного и попутного газа в народном хозяйстве

С нефтью человек познакомился давно. Сведения о ней пришли к нам с Ближнего Востока. Археологические раскопки свидетельствуют о том, что еще в долине р. Евфрат нефть и продукты ее окисления (асфальты и др.) люди добывали 8—6 тысячелетий назад. Древние шумеры использовали битум вместо связующего раствора в кладке, как клей для закрепления кремневых лезвий в орудиях труда (серпах и т. д.) и аппликаций в великих городах индийской цивилизации (5 тыс. лет назад), тесно связанной с ближневосточной. Битумом покрывали дно бассейнов. Применяли битум для предохранения от гниения деревянных балок, дверных и оконных блоков и т. п. Знамениты круглые блюдцеобразные лодки Между речья — гуффы, с незапамятных времен их плели из прутьев, а затем обмазывали асфальтом для водонепроницаемости. В Древнем Египте асфальт применялся для бальзамирования мумий. Известно, что вавилонские и египетские жрецы использовали нефть для огненных надписей и знаков на стенах своих обителей.

Нефть применялась в древней медицине как средство для заживления ран и язв, для лечения глазных болезней и т. д. В Вавилоне нефтью освещали улицы. Имеются сообщения древних историков, философов, географов Геродота, Страбона, Диодора о природных источниках нефти в Италии (в том числе и на о-ве Сицилия), на Балканах, в Албании. Добывали ее и на Апшеронском полуострове, где использовали в своих храмах огнепоклонники. С прорывом нефтяных фонтанов и пожарами некоторые ученые связывают описываемую в Библии и широко известную гибель Содома и Гоморры. Здесь же в «Ветхом Завете» есть упоминание о том, как во время одной из стычек в долине Мертвого моря двое местных «царей», преследуемых праотцом Авраамом, упали в «смоляные ямы» и утонули. В «смоляных ямах» нетрудно узнать асфальтовые озера — природные выходы нефти на поверхность. В США, в районе Лос-Анджелеса, есть такие озера. Они «приманивали» к себе в течение многих миллионов лет животных. Дело в том, что выглядят эти озера внешне вполне безобидно: асфальт находится внизу, а сверху тонкий слой воды. Достаточно было подойти животному близко к берегу, как он увязал в асфальте и его засасывало вглубь. Эти асфальтовые ямы «подарили» нам сотни хорошо сохранившихся (асфальт — инертная среда, как янтарь, как вечная мерзлота) скелетов гигантских ленивцев, саблезубых тигров и других позвоночных животных.

Существует легенда о том, что во время установления палатки Александра Македонского на берегу Амударьи был

обнаружен нефтяной источник. Он использовал это как великое предзнаменование, которое положило конец его колебаниям, и полководец решил на свой индийский поход.

Нефть применялась и для поджога стен и домов во время штурмов городов еще древними греками, римлянами и индийцами. В истории известен так называемый «греческий огонь» — смесь нефти сырой с селитрой, — использовавшийся византийцами для огнеметов.

В раннем средневековье нефть уже добывается из колодезцев, затем появляются первые скважины глубиной до 200—300 м в Северной и Средней Италии, в Германии (в Китае бурение известно было еще до н. э.). На Украине в Прикарпатье добывают нефть с начала XVIII в. В XVIII — начале XIX вв. появляются первые асфальтированные улицы в Париже и Петербурге.

Однако широкую популярность нефть приобрела во-первых, благодаря использованию нефтепродуктов для освещения, изобретению керосиновой лампы и связанным с этим технологическим разработкам методов перегонки нефти, известных еще в средневековье. Так, уже в 1745 г. на р. Ухте на Севере России архангельским промышленником и рудопромышленником Ф. С. Прядуновым был построен первый в мире нефтеперегонный завод, на котором ежегодно перерабатывалось до 27 т вязкой ухтинской нефти; из нее получалось 16 т керосина. В 1848 г. появляется первая промышленная нефтяная скважина в Баку. Затем была разработана технология выработки смазочных масел, анилиновых красителей и т. д. (90-е годы XIX в.). Во-вторых, нефть стала необходима для разработанного к концу XIX в. двигателя внутреннего сгорания (Россия) и дизеля (Германия). В-третьих, в начале XX в. нефть становится универсальным топливом. Важную роль в этом процессе сыграл изобретенный инженером В. Г. Шуховым метод крекинга \* нефти.

В 30-е и особенно в 40—50-е годы нашего столетия получает широкое развитие химия полимеров: пластмасс, синтетических каучуков, смол и других нефтепродуктов. Одновременно нефть и природный газ продолжали использовать в качестве топлива. Сегодня пришли в жесткое столкновение две стороны нефтеиспользования, поскольку прав оказался Д. И. Менделеев, предрекавший еще около века назад, что «топить нефтью все равно, что топить ассигнациями».

Интерес представляет вопрос о происхождении нефти.

\* При крекинге тяжелые углеводороды нефти, соляра, лигроина расщепляются и перестраиваются с образованием бензина и газообразных углеводородов — ценного химического сырья.



Впервые он возник, вероятно, еще в начале нашей эры. И уже тогда, как отмечал Плутарх (96—127 гг.), он «вызывал горячие споры». О чем спорили соотечественники Плутарха, нам неизвестно, но о самой сущности происхождения нефти, органическом или неорганическом, и по сей день не умолкают споры. Вернемся к нашему времени. Примерно 100 лет назад немецкий химик Карл Энглер (в 1890 г.) предложил гипотезу об органическом происхождении нефти. Эту гипотезу до наших дней поддерживают большинство ученых; ее разработкой занимался и советский академик Н. М. Губкин. Гипотезу происхождения нефти абиогенным путем развивают также многие крупные ученые, среди которых почетное место занимает Д. И. Менделеев. Он первым получил в своей лаборатории из неорганических веществ нефтяные углеводороды.

Сторонники органического происхождения нефти считают, что образуется она из растительных и животных остатков, накапливающихся на морском дне вместе с осадочными породами. Сегодня известно, что в недрах планеты находится примерно от  $2 \cdot 10^{16}$  до  $3 \cdot 10^{17}$  т отмерших организмов. Эти накопления представлены главным образом простейшими организмами, скопившимися за последние полмиллиарда лет, т. е. за 1/9 истории Земли. Эти растительные и животные остатки, отмирая и скапливаясь на морском дне («дождь трупов»), подвергались переработке микроорганизмами. Некоторые аэробные бактерии извлекают кислород, азот, фосфор, серу из органических веществ, увеличивая таким путем относительный уровень углерода и водорода; иные бактерии сами производят природный газ метан  $\text{CH}_4$  и т. д. Сам переход органического вещества в нефть очевидно совершается на глубинах от 2,5 до 6 км, при температуре 60—160 °С («главная зона нефтеобразования»), при естественной дистилляции, почти без доступа кислорода и при высоком давлении. Возможно здесь происходит дополнительный приток водорода из глубинных источников.

На преобразование вещества, очевидно, оказывают влияние какие-то катализаторы. Влияет и время, длительность которого исчисляется в десятках и сотнях миллионов лет. В результате всех этих сложных преобразований рождается так называемая рассеянная нефть или микронепфть. Обычно принимают содержание микронепфти в захороненных ископаемых организмах, равным 3%, а это уже  $9 \cdot 10^{14}$  т, или 900 трлн. т (что примерно в 3000 раз больше, чем предполагаемые запасы нефти в земной коре по самым смелым современным расчетам). Микронепфть связана исключительно с глинистыми и известковыми (в особенности рифовыми)

породами. В разных лабораториях мира из 1 т таких пород удавалось «выжать» до 10 кг рассеянной нефти. Этот факт и является основным аргументом сторонников органического происхождения нефти.

Второй аргумент: нефть имеет специфические оптические свойства (плотность колебаний световых волн в луче поляризованного света, пропущенного через колбу с нефтью, перемещается вправо), характерные только для органических соединений. Третий аргумент: в нефти содержатся определенные элементы, называемые порфиринами (они имеют сходство как с хлорофиллом растений, так и с гемоглобином крови животных). Четвертый аргумент: в 99 случаях из 100 нефть встречается в морских осадочных породах; редко известна она в магматических и метаморфических образованиях или в пресноводных осадочных породах, но всегда эти типы пород располагаются рядом с морскими осадочными толщами, откуда, очевидно, и мигрирует микронепфть.

Итак, нефть и газ образуются в материнских породах (известняки и темноокрашенные за счет органики глины в нефтепроизводящих районах), а затем перетекают и скапливаются в промышленных количествах в так называемых коллекторах (пористых и проницаемых породах). Здесь эти ископаемые перемещаются в горизонтальном и вертикальном направлениях, пока не попадают в так называемые структурные ловушки. В этих ловушках, когда коллектор снизу и сверху ограничен водоупорными слоями (чаще глинами), происходит скопление нефти и газа, выжимаемых снизу подземными (чаще солеными) водами (рис. 4). В этих структурных ловушках газ, нефть и вода залегают отдельными слоями, поскольку нефть не растворяется в воде и она легче ее, а газ растворим в очень малой степени, он располагается над нефтью. В 1 м<sup>3</sup> песчаника содержится до 130—250 кг нефти.

Все это лишь предположения. Миграция микронепфти в коллекторы, а по ним в структурные ловушки — самое необъяснимое явление, которое пока никто не наблюдал и никто из сторонников органической теории нефти не доказал.

Сторонники неорганического происхождения нефти объясняют этот процесс таким образом: в глубинах мантии Земли под действием огромных температур из углерода и водорода образуются углеводородные радикалы; они поднимаются в верхние слои Земли (возможно, по глубинным разломам), где, соединяясь с водородом, образуют различные нефтяные углеводороды. Эти соединения и скапливаются в структурных ловушках. Доказательства: нефть открыта в трещинах магматических пород на дне Индийского океана, в фумаролах и кра-

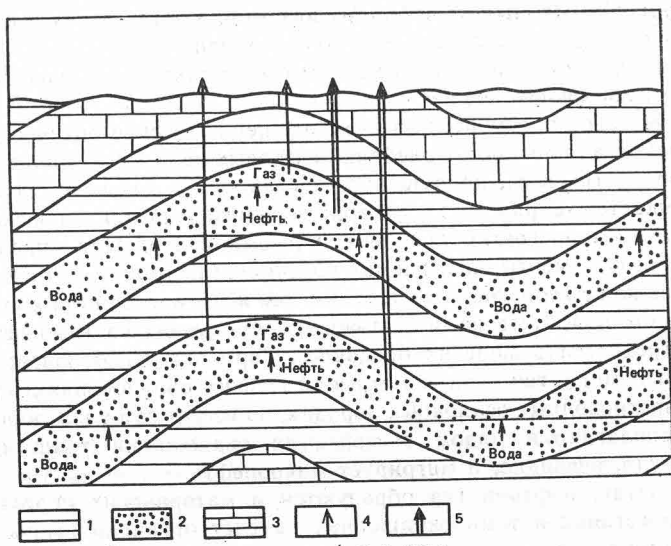


Рис. 4. Условия залегания нефти и газа

1 — глины; 2 — песчаники (нефтегазоносные коллекторы); 3 — известняки; скважины: 4 — газовые, 5 — нефтяные

терах вулканов Камчатки. Некоторые исследователи считают, что нефть имеет даже космическое происхождение.

На 1988 г. доказанные мировые запасы нефти, пригодные для промышленной разработки, оцениваются в 121,5 млрд. т, а мировые прогнозные ресурсы — около 170 млрд. т. Региональное распределение мировых достоверных запасов (в скобках — прогнозных), в млрд. т: страны Ближнего и Среднего Востока 54 (72), СССР, КНР, страны Восточной Европы 11 (22), Южная Америка 12 (20), Северная Америка 5 (17), прочие (Западная Европа, Африка, Австралия и др.) в сумме 13 (39). Доказанные запасы нефти в несоциалистических странах в 1988 г. составили 110,5 млрд. т, из 57 стран этой группы, имеющих нефтяные месторождения. Наиболее богаты из капиталистических стран доказанными запасами нефти (в млрд. т): Саудовская Аравия — 24, Кувейт — 11, Мексика — 8, Иран — 6,5, Ирак — 6, США — 4,5, Объединенные Арабские Эмираты, Венесуэла — по 4, Ливия — 3, Нигерия — больше 2. В этих странах размещено 90 % запасов нефти несоциалистического мира.

Уникальными месторождениями нефти здесь являются: в Кувейте Большой Бурган (более 8 млрд. т), в Саудовской Аравии Гавар (4,2 млрд. т), в Ираке Румейла и Сев. Румейла (3,2 млрд. т) и др. Перспективные сегодня на нефть и газ

территории занимают около половины суши и содержат примерно 60 % прогнозных ресурсов.

Американский ученый-нефтяник М. Т. Хэлбути в докладе, сделанном на пленарном заседании 27-го Международного геологического конгресса в Москве в августе 1984 г., убедительно показал, что главные нефтегазоносные богатства человечество еще не открыло: сегодня известно около 160 нефтегазоносных бассейнов, на самом деле на Земле их не менее 600. Значит, 440 практически еще не открыты или не изучены в достаточной степени.

Залежи нефти и газа располагаются в основном на глубинах, превышающих 3 км, где первичное вещество в условиях температуры 100 °С и высоких давлений преобразуется в углеводороды. Поисковая же работа на нефть с помощью буровых работ все предыдущие годы велась обычно мелкими скважинами.

Мировые доказанные запасы природного газа в 1987 г. оценивались в 103 трлн. м<sup>3</sup>, а мировые прогнозные ресурсы превышали 250 трлн. м<sup>3</sup>. Распределение их примерно следующее (в %): 43 приходится на СССР, 25 — на Ближний и Средний Восток (Иран — 12, Катар — 4, Саудовская Аравия — 3,5), 13 — на материка Северная и Южная Америка (США — 5, Канада — около 3), более 8 на страны Западной Европы (Норвегия — 3), 5,5 — на страны Африки (Алжир — 3), остальные 5,5 — на страны Южной и Юго-Западной Азии, Австралии и Океании.

Доказанные запасы природного газа несоциалистических стран в 1987 г. оценивались в 59 трлн. м<sup>3</sup>, из них более половины газа размещено в месторождениях Ирана (14), США (5,6), Алжира и Канады (по 3), Мексики и Норвегии (по 2,2).

Итак, наиболее крупными запасами нефти и газа обладает СССР. Здесь известно около 2 тыс. месторождений нефти и газа (открывается ежегодно 80—90 месторождений), размещающихся в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции (500 месторождений), в Северо-Кавказской и Азербайджанской (300), в Западно-Сибирской (около 300 месторождений), Среднеазиатско-Западноказахстанской (150 месторождений) и Восточно-Сибирской провинциях, в 3-х провинциях на Украине и в отдельных нефтегазоносных областях — Тюмено-Печорской, Припятской, Прибалтийской, Курино-Колхидской, Ангаро-Ленской, Вилюйской (газоносной), Сахалинской.

Сегодня главные запасы нефти сосредоточены в Волго-Уральской провинции и на юге Западно-Сибирской, 2/3 всех запасов газа — на севере Западной Сибири, в Средней Азии и Предкавказье.

Большие запасы нефти и газа обнаружены за последнюю четверть века в мезозойских отложениях Западно-Сибирской плиты. Первые промышленные притоки газа были получены в 1953 г. В 1962 г. на севере Тюменской области открыто первое уникальное Тазовское месторождение газа. Несколько позже были открыты и другие уникальные газовые месторождения: Уренгойское, Ямбургское, Заполярное, Медвежье, Губкинское, нефтяное месторождение Самотлорское. В 1963 г. введено в эксплуатацию Березовское газовое, а в 1964 г. — Усть-Балыкское, Трехозерное и Мегионское нефтяные месторождения. В Западной Сибири разведано более 450 залежей нефти, газоконденсата и газа.

В 1987 г. в СССР добыто нефти (включая газовый конденсат) 0,6 млрд. т, природного газа около 0,7 трлн. м<sup>3</sup>, из них 50 % добывается в Западной Сибири.

Волго-Уральская нефтегазоносная провинция размещена между Волгой и Уралом и занимает территорию юго-восточной части Восточно-Европейской платформы и краевую часть Предуральского краевого прогиба. Использование богатств здесь началось с открытия в 1929 г. нефтяного месторождения у пос. Чусовские Городки (у Соликамска) и в 1932 г. в Ишим-баевском районе у г. Уфы. Промышленные запасы нефти и газа приурочены к верхнепалеозойским отложениям (девон — пермь); наибольшие запасы нефти сосредоточены в девоне и нижнем карбоне. Если нефть известна всюду на территории провинции, то газ преобладает в Саратовско-Волгоградском Поволжье и Предуральском прогибе.

Среднеазиатско-Западноказахстанская нефтегазоносная провинция, так же как и Западно-Сибирская, имеет исключительно большие запасы нефти и газа, приуроченные главным образом к мезозойским отложениям. Первое нефтяное месторождение Челекен было открыто в Закаспии в 1872 г. Первую нефть получили в 1904 г. (месторождение Чимион в Фергане). В 1949 г. было открыто нефтегазовое месторождение Кум-Даг, а спустя 10 лет — Котурдепе (Ленинское). В 1953 г. открыты газовые месторождения в окрестностях Бухары (Каганская группа), а также Газли. В мае 1959 г. в центре пустыни Каракум у пос. Дарваз вырвался первый газовый фонтан. В 1962 г. на полуострове Мангышлак было выявлено Жетыбайское, а позднее и Узеньское месторождение нефти. Наибольшие запасы нефти сосредоточены в районе Мангышлака и в Западной Туркмении, а газа — в Восточной Туркмении (Шатлыкское и Газли).

Тимано-Печорская область представляет собой как бы северное продолжение Волго-Уральской провинции. Большие

перспективы вырисовывались здесь после 1962 г., когда были открыты месторождения Вуктыльское газовое и нефтяные Западно-Тэбукское и Пашнинское.

В Северо-Кавказской нефтегазоносной провинции наибольшее количество нефти размещено в Прикумском, Западно-Кубанском, Терско-Сунженском районах.

Азербайджанская нефтегазоносная провинция — район старейших нефтяных разработок страны. Основные залежи сосредоточены на Апшеронском полуострове и прилегающей акватории Каспийского моря с островами Нефтяные Камни, Жилой, Банка Дарвина.

На Украине выделяются три нефтегазоносные провинции: Днепроовско-Донецкая впадина, Карпатская и Крымско-Причерноморская. Первая из них, открытая еще в 1937 г. (Ромны), включающая около 50 нефтегазовых месторождений, дает более 80 % добычи нефти и газа. Карпатская нефтегазоносная провинция охватывает Закарпатье, Украинские Карпаты, Прикарпатье с прилегающей с востока частью Воыно-Подолли.

Из остальных нефтегазоносных территорий СССР выделяют Северно-Прикаспийскую провинцию, приуроченную к мезозойским отложениям (месторождения Кенкияк и др.), о-в Сахалин с продуктивными миоценовыми толщами (35 нефтяных и газовых месторождений).

Значительные запасы нефти и газа имеет Румыния (нефть Мойнештинского района, нефть и газ Плоешти, Балтеньской области, газ Трансильванского бассейна), а также КНР (месторождения нефти Дацин, Ляохе, Даган, Шанли, Чжунь ань и др.).

Итак, первая нефтяная скважина в мире пробурена в 1848 г. в Баку. Именно этой скважиной, как принято считать, и начинается промышленная добыча нефти в мире. Хотя, это событие произошло даже раньше, но тоже в России, когда в 1745 г. на Севере европейской части России начал вести промышленную добычу и переработку нефти архангельский промышленник и рудоискатель Ф. С. Прядунов. С того времени и до настоящего добыто человечеством около 80 млрд. т нефти.

При современном уровне добычи (около 3 млрд. т в год) из недр Земли извлекается ежегодно примерно 2,5 % доказанных запасов нефти.

В 1860 г. на Земле было добыто 5 тыс. т нефти, а в 1910 г. только в России добывалось около 10 млн. т, к настоящему времени из недр только нашей страны извлечено около 10—12 млрд. т нефти, а на Земле в целом почти в 7 раз больше.

Наивысший уровень мировой добычи нефти отмечен в 1979 г. — 3,1 млрд. т. Из табл. 2 наглядно виден быстрый и неравномерный рост добычи нефти (и газового конденсата) и природного газа за последние 40 лет.

Добыча нефти по отдельным странам распределяется неравномерно: в 1986 г. на долю СССР пришлось 0,6 млрд. т, а на КНР более 0,1 млрд. т. Добыча нефти в развитых капиталистических и развивающихся странах в том же году составила (в млрд. т): 2,2, из них в США 0,48, Саудовской Аравии 0,25, Мексике 0,14, Великобритании 0,13, Ливии 0,1.

На долю СССР приходится почти треть добываемого в мире природного газа (0,64 трлн. м<sup>3</sup>). В странах несоциалистического мира значительное количество газа добывается в США (0,55 трлн. м<sup>3</sup>).

Богатые нефтью, но слабо развитые страны Ближнего и Среднего Востока экспортируют нефть в другие страны. В этих странах, расположенных на побережье Персидского залива, каждая из скважин здесь дает ежегодно 250—500 тыс. т нефти, тогда как скважины на нефтяных промыслах США имеют ежегодный дебит до 1000 т (т. е. в 500 раз меньше).

Стоимость нефти на капиталистическом рынке в середине 80-х гг. снизилась по сравнению с предыдущими годами до 15—16 дол. за баррель (1 баррель — около 136 кг); т. е. составляет 105—110 дол. за 1 т. В 1983—1984 гг. она составляла 210—230 дол. за 1 т, а в 1970 г. она не превышала 7—8 дол. за 1 т.

Политико-экономический анализ динамики мировых цен на нефть с 1970 г. по настоящее время, сделанный И. Сейфулмулюковым, отмечает два «скачка» вверх и резкий «провал» в 1986 г. — примерно до уровня 1973 г. Появление «скачков» связано с факторами, приведенными В. П. Максаковским: 1) ухудшением горно-геологических условий добычи топлива, перемещением ее в районы с экстремальными природными

условиями, на континентальный шельф, с повышением требований к охране окружающей среды; 2) обострением противоречий в мировом капиталистическом хозяйстве, борьбой развивающихся стран за свои нефтяные ресурсы и другими факторами.

Нефтяная промышленность — одна из отраслей экономики капиталистических стран, на примере которой особенно ярко выявляются засилье монополий, острота борьбы между отдельными монополистическими группами, «нефтяная» политика США и других развитых капиталистических стран, эксплуатации рабочих, спад добычи в связи с кризисом.

В то же время в этой отрасли отчетливо прослеживаются и другие тенденции — вытеснение из экономики развивающихся стран иностранных монополий (национализирована собственность большей части монополий — концессионеров в Иране, Венесуэле, Кувейте и др.; Саудовская Аравия, Абу-Даби, Оман, Бахрейн борются за передачу нефтедобывающей промышленности государству), объединили силы развивающиеся страны в борьбе с засильем иноземных монополий, создав ОПЕК (Организацию стран-экспортеров нефти).

**Ископаемые угли.** Это твердые продукты изменения древних растительных остатков, используемые в промышленности в виде энергетического топлива, а также в качестве технологического и химического сырья. Но это определение приемлемо и для ископаемых углей, и для горючих сланцев. Поэтому условно принято различать их по зольности (остатки вещества после сгорания). Если зольность ниже 40—50 %, — это ископаемые угли, если выше — горючие сланцы.

По составу исходного вещества ископаемые угли подразделяются на:

- 1) гумусовые (они преобладают и имеют наибольшее промышленное значение), в образовании которых принимают участие высшие растения;
- 2) сапропелевые и гумусо-сапропелевые, исходным материалом которых являются в основном водоросли.

В составе углей содержится влага, органическая и минеральная масса. Органическая масса состоит из углерода (60—98 %), водорода (1—12 %), кислорода (2—20 %), азота (1—3 %), в небольших дозах — серы и фосфора. Минеральная масса — это кремний, алюминий, железо и другие «неорганические» элементы. По степени насыщения угольной массы органическим материалом различают угли бурые, каменные и антрациты. И если уж учитывать сам процесс формирования угольных залежей, то и угли, и то, что было до них, и во что могут впоследствии превратиться угли — все это выстраи-

Таблица 2

Мировая добыча нефти (и газового конденсата) и природного газа

Годы	Добыча нефти, млрд. т	Добыча газа, трлн. м <sup>3</sup>	Годы	Добыча нефти, млрд. т	Добыча газа, трлн. м <sup>3</sup>
1950	0,5	0,2	1980	3,0	1,6
1960	1,0	0,5	1986	2,9	2,1
1970	2,3	1,1			

ваются в один ряд, где прослеживаются переходные и конечные стадии. Все начинается с торфа или сапропеля, который постепенно под давлением и при отсутствии кислорода превращается в бурый уголь. Последний переходит в каменный уголь, а затем (в более редких случаях) в антрацит. В специфических геологических условиях (сильное давление, высокие температуры) уголь может превратиться в шунгит и графит.

Бурые угли — угли еще низкой степени углефикации, в сущности переходные формы от торфа к каменному углю, очень неплотные, даже рыхлые образования, бурого или черно-бурого цвета, содержащие наименьшее количество углерода (64—78 %), наименьшее — водорода (4,5—6 %), много влаги (30—40 %). Они имеют низкую теплотворную способность (27,2—31,4 МДж/кг) и выделяют много летучих веществ (иногда более 42 %). Это низкокачественные угли, поэтому используются они в основном как энергетическое сырье, а также применяются для пылевидного сжигания (бытовое топливо), их брикетируют, используют для газификации, производства углещелочных реагентов и монтанвоска (горного воска). В последнее время из бурого угля изготавливают стимуляторы роста растений и животных. В некоторых странах (в Германии) из них получают металлургический кокс (коксобрикеты). В перспективе бурый уголь будут использовать для производства жидкого топлива, энерготехнологического сырья, полукокса, термоугля.

Общие мировые ресурсы бурых углей (до глубины 600 м) составляют 4,9 трлн. т, мировые запасы подсчитанные — 1,3 трлн. т (СССР, Германия, Польша, ЧСФР, Австралия). В СССР общие геологические запасы и ресурсы бурых углей оцениваются в 2 трлн. т. Основные бассейны в СССР: Канско-Ачинский, Илийский, Подмосковский, Днепровский, Челябинский, Иркутский и др. Главные прогнозные ресурсы этих углей сосредоточены в двух бассейнах — Ленском (около 1 трлн. т) и Канско-Ачинском (0,5). Важнейшие буроугольные бассейны зарубежных стран: Латроб-Валли (Австралия), Форт-Юнион и часть Альберты (США), Нижнерейнский Тюринго-Саксонский и Магдебургский (Германия), Миссисипский и Техасский (США), Марицкий (Болгария), Косовский (Югославия), Анатолийский (Турция), Нейвели (Индия), Алта-Амазона (Бразилия).

В 1986 г. мировая добыча бурого угля составила 1,2 млрд. т., из них около 0,34 млрд. т приходится на развитые капиталистические и развивающиеся страны.

Каменные угли — переходная форма от бурых углей

к антрацитам; это очень плотные образования, имеют более высокую степень углефикации, в них больше углерода (76—92 %), меньше водорода (2,5—5,7 %), влаги (6—25 %); они обладают большей теплотворной способностью (31,4—36,6 МДж/кг) и меньшим выходом летучих веществ (9—37 %). По технологическим свойствам эти угли подразделяют на 10 марок: длиннопламенные (Д), газовые (Г), газовые жирные (ГЖ), жирные (Ж), коксовые жирные (КЖ), коксовые (К), коксовые вторые (К<sub>2</sub>), слабоспекающиеся (СС), отощенные спекающиеся (ОС), тощие (Т). От марки Д к марке Т наблюдается последовательное увеличение углерода, уменьшение выхода летучих веществ от 42 до 7—12 %.

Из углей путем их переработки можно получить более 400 различных продуктов, стоимость которых, по сравнению со стоимостью самого угля, увеличивается в 20—25 раз (!), а побочные продукты, получаемые на коксохимических заводах, намного превосходят стоимость самого кокса. Сегодня в мире имеется около 400 коксохимических заводов, ежегодно перерабатывающих до 450 млн. т каменного угля в 350 млн. т кокса. Побочные продукты коксования — около 5 млн. т бензола и 15 млн. т каменноугольной смолы перерабатываются затем на углехимических установках в ароматические соединения и другие углепродукты. Мощность установок по переработке каменноугольной смолы в мире составляет 19 млн. т.

Очень перспективным является сжижение (гидрогенизация) угля с образованием жидкого топлива. Для производства 1 т нефти расходуется 5 т бурого угля или 2—3 т каменного угля. На КАТЭК\* уже есть установка СТ-75, на которой в сутки вырабатывается 75 т нефти. Проводится также газификация угля.

Опытные установки для подземной газификации углей работают у нас в Канско-Ачинском и Кузнецком бассейнах, Ангрене.

Из каменных углей получают искусственный графит. Используются они в качестве неорганического сырья. При переработке каменных углей из них в промышленных масштабах уже извлекают ванадий, германий, серу, галлий, молибден, цинк, свинец. Зола от сжигания углей, отходы добычи и переработки используются в производстве стройматериалов, керамического, огнеупорного сырья, глинозема, абразивов, раскислителей.

Мировые геологические запасы (ресурсы) каменных углей составляют 9,4 трлн. т, а общие геологические запасы их

\* Канско-Ачинский топливно-энергетический комплекс.

в СССР — 4,6 трлн. т натурального топлива (или 3,9 трлн. ТУТ). Главные каменноугольные бассейны в СССР: Донецкий, Карагандинский, Южно-Якутский, Минусинский, Бурейнский. Исключительно крупными потенциальными ресурсами каменных углей обладают Тунгусский, Ленский, Таймырский бассейны. Крупнейшими зарубежными каменноугольными бассейнами являются Аппалачский и Пенсильванский (США), Рурский (Германия), Верхнесилезский (Польша) и Остравско-Карвинский (продолжение Верхнесилезского в ЧСФР), Шаньси (КНР), Южно-Уэльский (Великобритания).

Антрациты — наиболее сильно метаморфизированные угли. По внешнему виду они очень отличаются от других углей: цвет серовато-черный и черно-серый с желтоватым оттенком и ярким металлическим блеском. В антрацитах больше всего углерода (94—97 %), мало водорода (1—3 %) и летучих веществ, поэтому они горят бездымным пламенем. В этих углях почти нет влаги. Образование антрацитов по большей части происходило в результате регионального метаморфизма всей толщи углесодержащих пород при погружении последних в область повышенных температур (в интервале 350—550 °С) и высоких давлений. Антрациты обладают наиболее высокой теплотворной способностью (34,7—36,6 МДж/кг). Антрациты (марки А) применяются в качестве высококачественного бездымного энергетического топлива, как технологическое сырье в черной и цветной металлургии, химической и электротехнической промышленности. Используется антрацит и для производства термоантрацита, углеграфитовых блоков, электродов, электрокорунда, карбидов кальция и кремния, термографитов, микрофонного порошка, при агломерации железных руд и обжиге карбонатных пород.

Добыча каменных углей в 1986 г. в мире составила более 3,2 млрд. т, примерно поровну между социалистическими и развитыми капиталистическими и развивающимися странами.

Мировые ресурсы углей всех видов составляют около 15 трлн. т, почти половина их заключена в недрах Советского Союза (7 трлн. т). При анализе закономерностей размещения угольных месторождений по странам следует иметь в виду, что в отличие от других полезных ископаемых (включая нефть и газ) основные угольные месторождения размещены в промышленно развитых странах, на долю же развивающихся стран приходится более 5 % общих и до 2 % достоверных запасов.

В отдельных расчетах учитывается лишь сегодняшний уровень техники, когда экономически целесообразно извлечения

угля из недр с глубин 600—800 м, но в ближайшее десятилетие экономически целесообразными глубинами шахтной добычи угля станут 1200—1800 м или даже 2000 м.

На Земле известно более 3600 угольных бассейнов и месторождений, которые в совокупности занимают 15 % земной суши, в том числе в СССР 30 бассейнов и более 450 самостоятельных месторождений. Геологи установили, что максимумы угленакпления на Земле пришлось на два этапа: позднепалеозойский (карбон и пермь) и позднемезозойский (юра, мел). Это связано с бурным развитием растительности, с одной стороны, и образованием тектонических впадин (куда сносился древесный материал) — тектонических ловушек в основном в предгорьях, зарождающихся горных стран, с другой стороны.

Подавляющее большинство угольных ресурсов приходится на Азию, Северную Америку и Европу и сконцентрировано в семи гигантских бассейнах, с запасами более 0,5 трлн. т в каждом.

Распределение угольных запасов по территории нашей страны неравномерно: 27 % разведанных запасов приходится на европейскую часть и 73 % на восточные районы. Четыре из семи известных в мире бассейно-гигантов находятся на территории нашей страны (Ленский — 2,7 трлн. т, Тунгусский — 1,8 трлн. т, Канско-Ачинский — 1,2 трлн. т, Кузнецкий — 0,6 трлн. т).

Мировая добыча угля в 1950 г. составляла немногим более 1,5 млрд. т, через 20 лет произошло ее удвоение, затем почти утроение (около 4,2 млрд. т, в 1986 г.). Таким образом, общегеологические запасы углей мира превышают уровень мировой добычи примерно в 3000—3500 раз. При этом надо помнить, что учтены еще не все угольные ресурсы. Однако годовая добыча растет и к 2020 г., по предположению экспертов, достигнет 13 млрд. т.

Добыча углей осуществляется двумя способами: 1) открытым, наиболее прогрессивным и экономичным, когда можно более широко использовать технику (рис. 5). В этом случае производительность труда рабочего превышает производительность шахтера приблизительно в 10 раз, а себестоимость добычи угля меньше в 5 раз. В перспективе на ближайшие годы добыча угля будет расти в основном за счет всемерного развития этого способа; 2) подземный способ добычи менее экономичный, сложный, более дорогостоящий; отметим, что и этот способ будет развиваться в перспективе, поскольку наиболее высококачественные каменные угли и антрациты находятся на большой глубине и их добыть можно

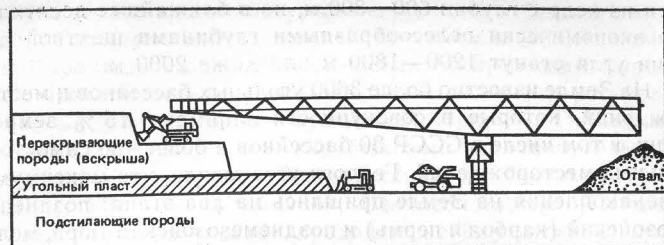


Рис. 5. Схема открытой добычи угля

только с помощью шахт. Сегодня открытым способом добываются главным образом энергетические угли, а в шахтах — металлургические.

На базе открытых разрезов создаются мощные топливно-энергетические комплексы, включающие добычу угля, производство электроэнергии и передачу ее на сверхдальние расстояния (например, формирующийся Экибастузский топливно-энергетический комплекс), и энерготехнологические комбинаты, где помимо добычи угля, производства электроэнергии, планируется производить синтетическое топливо, полукокс, химические продукты (таким намечается КАТЭК). Это означает качественно новый подход к освоению угольных ресурсов.

Флагманом в подземной добыче является Донбасс (запасы 96 млрд. т); его удельный вес в общесоюзной добыче составляет одну треть. В Донбассе действует около 270 шахт (полтора десятка шахт опустелись на 1200 м; средняя глубина шахт 600 м). Выемка угля из пластов мощностью 0,45—1 м, причем на больших глубинах, в сложных горно-геологических условиях (смятость пород, разрывы и т. д.) требует больших затрат.

Важную роль в добыче углей шахтным способом играют также Печорский, Карагандинский и Кузнецкий бассейны. Первый из них расположен в приполярной части Предуральского краевого прогиба. Угли здесь обнаружены еще в прошлом веке, осваиваться бассейн начал с 1932 г. Однако наиболее интенсивно этот процесс шел в 1942 г., когда в годы Великой Отечественной войны Донбасс оказался на временно оккупированной фашистами территории. В пермских отложениях размещается 50 угольных пластов, отдельные из которых достигают мощности 28 м. Воркутинское, Интинское, Воргашорское и Хальмерюское месторождения разрабатываются 20 шахтами. Современная по своему оснащению шахта «Воргашорская» имеет мощность 4,5 млн. т в год.

Среди множества месторождений Казахстана выделяется Карагандинский бассейн, открытый еще в 1833 г. С 1854 г. началась кустарная разработка угольных залежей, а к планомерному изучению и освоению месторождения приступили лишь в 1930 г. В каменноугольных и юрских отложениях здесь установлено 65 рабочих пластов (мощностью более 0,6 м), толщина отдельных из них достигает 6—8 м. Функционирует около 30 шахт, среди которых имеются такие гиганты, как шахта «Тентекская» (мощность 4 млн. т в год).

В Кузбассе, наряду с открытыми разработками, дальнейшее развитие получает шахтный способ добычи. Прирост добычи будет обеспечиваться за счет ввода новых комплексно-механизированных и автоматизированных предприятий (например, шахты «Антоновская», «Ильинская», «Кайзакская» и др.).

С целью оптимального использования ископаемого угля производится его обогащение (удаление минеральных примесей). Сегодня в СССР действует 150 обогатительных фабрик, перерабатывающих энергетический и коксующийся уголь. Широко используется процесс сжигания водоугольной пульпы (70—75 % угля и 25—30 % влаги).

Угольная промышленность играет большую роль в мировом хозяйстве. Уголь добывается в 60 странах мира, из которых в десяти угольная промышленность является ведущей отраслью международной специализации.

Уголь потребляется преимущественно в тех же странах, где ведется его добыча. На мировой рынок поступает одна десятая часть добываемого угля. Международная торговля осуществляется в основном морскими путями. Цены на уголь на капиталистическом рынке в 1986 г. составляли 50—70 дол. за 1 т коксующегося угля и 43—56 дол. за 1 т энергетического.

**Уран.** Как химический элемент уран был открыт еще в 1789 г. немецким химиком М. Г. Клапротом\*, назвавшим его в честь недавно обнаруженной планеты Уран. Более полвека спустя, в 1841 г., французский химик Э. М. Пелиго, применив новый способ восстановления (нагревая в платиновом тигле безводный хлорид урана, смешанного с металлическим калием), получил черный металлический порошок — металлический уран. Элемент этот был настолько неинтересен, что химики даже не дали точной его характеристики. В частности, они считали, что его атомная масса равна 120.

\* Как оказалось впоследствии, М. Г. Клапрот получил не чистый металлический уран, а диоксид урана.

Обдумывая и создавая Периодическую систему, Д. И. Менделеев по всем правилам должен был поставить уран в третью группу как тяжелый аналог алюминия. Но на деле уран по своим свойствам не вписывался в эту клетку, и Д. И. Менделеев, без специального исследования, полагаясь интуиции, помещает уран в конец таблицы — туда, где он должен иметь атомную массу 240. В 1872 г. он пишет по этому поводу следующее: «Между всеми известными химическими элементами уран выделяется тем, что обладает наивысшим атомным весом... Наивысшая, из известных, концентрация массы несомого вещества, ... существующая в уране... должна влечь за собой выдающиеся особенности...»

Убеденный в том, что исследование урана, начиная с его природных источников, поведет еще ко многим новым открытиям, я смело рекомендую тем, кто ищет предметов для новых исследований, особо тщательно заниматься урановыми соединениями».

Впоследствии оказалось, что Д. И. Менделеев был прав во всем. Установленная атомная масса урана равна 238,03. Уран оказался необыкновенным элементом. Лишь после выявления радиоактивных урановых соединений А. А. Беккерелем в 1896 г. и открытия вслед за этим новых радиоактивных элементов — радия и полония — (Марией и Пьером Кюри в 1898 г.) он привлек к себе пристальное внимание исследователей. Позднее французский ученый Фредерик Жолио-Кюри установил, что распад уранового ядра имеет характер взрыва, а сам процесс сопровождается выделением огромного количества энергии. Советские ученые в 1939 г. Я. Б. Зельдович и Ю. Б. Харитон установили два пути осуществления цепной ядерной реакции, а К. А. Петржак, Г. Н. Флеров в 1940 г. доказали, что в природе идет процесс самопроизвольного распада ядер урана. Все эти события предшествовали осуществлению человеком первой цепной реакции. До этих пор, хотя добывать уран начали с 1905 г., использовался он только для извлечения радия в стекольной промышленности.

Современная урановая промышленность (добыча урановой руды, ее обогащение и т. д.) начала формироваться лишь после того, когда стало ясно, что уран практически может быть источником огромного количества энергии\*.

Впервые атомная энергия была использована в военных целях. В конце второй мировой войны США сбросили атомные бомбы на японские города Хиросиму и Нагасаки. С целью

ликвидации монополии США на атомное оружие, в СССР была создана атомная (1949 г.), а затем водородная (1953 г.) бомбы. Однако параллельно с этим в СССР ведутся работы по использованию атомной энергии в мирных целях: под руководством академика И. В. Курчатова в 1946 г. в СССР создается первый атомный реактор, в 1954 г. под Москвой начинает вырабатывать энергию первая в мире атомная электростанция. Входят в строй и другие энергетические атомные установки — стационарные (электростанции, опреснители) и подвижные (атомоходы «Ленин» в 1959 г., «Ермак», «Арктика», «Сибирь», подводные лодки, передвижные электростанции и др.). Уже сегодня применение атомной энергии в мирных целях целесообразно (естественно, при строгом соблюдении технологии). Удельная стоимость ядерных реакторов непрерывно снижается в связи с ростом единичной мощности агрегатов. Если первые в мире АЭС обладали мощностью в пределах одной сотни тысяч киловатт, то сейчас Ленинградская АЭС имеет четыре реактора мощностью по 1 млн. кВт., Курская АЭС — 3 млн. кВт, в Литве на АЭС функционируют реакторы мощностью по 1,5 млн. кВт.

Впервые в мире в СССР использовали ядерную энергию для теплоснабжения: на Чукотке работает Билибинская АТЭЦ. Академик Н. А. Доллежал в 1966 г. с целью «экологической емкости» зон размещения АЭС в малонаселенных районах предложил создание крупных атомных энергокомплексов, содержащих на одной площадке группу АЭС суммарной мощностью в несколько десятков миллионов киловатт, а также сопутствующие предприятия по переработке ядерного горючего и радиоактивных отходов, иными словами, крупный территориально-производственные объединения с полным циклом использования и передела ядерного топлива.

Высказываются и альтернативные точки зрения (особенно в связи с авариями на АЭС в разных странах мира), а в некоторых странах (США, Западная Европа) наблюдается определенное сокращение капиталовложений в строительство АЭС (хотя, например, и сегодня во Франции более 60 % электроэнергии производится на АЭС). Ведутся поиски безаварийных конструкций и технологий АЭС, предлагается размещать реакторы под землей и т. д.

Одновременно разрабатывается проблема применения атомной энергии для высокотемпературных (до 1000 °С и более) технологических процессов (например, в металлургической и химической промышленности).

Природный уран представлен тремя изотопами с массовыми числами 238 (99,28%), 235 (0,71%), 234 (0,006%);

\* 1 г урана дает 4,18 ГДж.



в результате ядерных реакций получают еще 11 изотопов с массовыми числами 228—240. Уран — мягкий блестящий серебристо-белый с голубоватым оттенком металл, химически активный и легко окисляющийся на воздухе. Плотность его 19, температура плавления 1138 °С. Известно более 200 урановых и урансодержащих минералов, 100 из них имеют практическое значение. Важнейшие среди них: уранинит, или урановая смолка (оксид урана, содержащий 62—78 % металла, агрегат: черные кристаллы), настуран (оксид урана, 52—76 % металла, черные аморфные натеки), урановые черни (оксид, 81 % металла), урановые слюдки, или карнотит (56 % урана, агрегат: зеленовато-желтый налет) и торбернит (48 % урана, вязумрудно-зеленые чешуйки).

До 1945 г. в добыче урана важную роль играли Чехо-Словакия (Рудные Горы), США (плато Колорадо), Бельгийское Конго (Шинколобве), Канада (Большое Медвежье озеро). После 1945 г. развернувшиеся поиски урана во всех странах мира привели к открытию других крупных месторождений. Различают собственно урановые, урано-полиметаллические, медно-урановые, золото-урановые, железо-урановые, ураново-ванадиевые, уран-никель-кобальт-висмутовые и другие руды.

Запасы урана известны в 24 странах несоциалистического мира. Эти запасы (по классификации МАГАТЭ\* — обоснованно гарантированные запасы, рентабельные для разработки при цене до 80 долл. за 1 кг урана) — составляют 1,7 млн. т. Около двух третей этих запасов размещено в развитых капиталистических странах, а 5/6 их — находятся всего в 7 странах (в млн. т): в Австралии — 0,46, в ЮАР — 0,3, в Канаде — 0,15, в Нигере — 0,18, в Бразилии — 0,16, в США — 0,13, в Намибии — 0,1. Более одной трети запасов выявлено в Африке. Общие прогнозные ресурсы урана в 1986 г. составили 3,7 млн. т. Основные месторождения урана располагаются в Австралии (крупнейшее в мире медно-ураново-золотое месторождение Олимпик-Дэм в Южной Австралии с запасами до 0,6 млн. т урана, Джибалука — с запасами до 0,2 млн. т), в ЮАР (руды урана заключены в докембрийских золотоносных конгломератах Витватерсранда, с запасами 0,3 млн. т, в Канаде (Эллиот-Лейк с запасами 0,23 млн. т, Сигар-Лейк — 0,1, Ки-Лейк, Мидуэст, Раббит-Лейк), в США (плато Колорадо — 0,5 млн. т — в том числе Амброзия-Лейк, Лагуна и др., провинции бассейнов Вайоминга, в т. ч. Газ-Хилл и др.), в Нигере (Арлит, Акута, Имурарен), в Бразилии (Итатая,

Лагоа-Реал), в Намибии (Росинг с запасами 0,3 млн. т, Лангер-Хайнрих), в Заире (провинция Шаба).

В настоящее время исследователи выделяют радиоактивные (урановые или ториевые) провинции — это районы, характеризующиеся повышенным содержанием радиоактивных веществ в земной коре, сопровождающиеся увеличением  $\gamma$ -излучения в приземном воздухе и усиленным отложением радионуклидов в тканях живых организмов. Урановые провинции известны на всех континентах. Они связаны с выходом на поверхность коренных пород (например, гранитов), обогащенных ураном (Франция — Центральный Французский массив). Ториевые провинции встречаются на побережье теплых морей и связаны с россыпями минералов тория — монацита и др. (Индия, США и др.), а также в районах месторождений тория (например, в США — Аляска, Калифорния, штаты Айдахо и Колорадо).

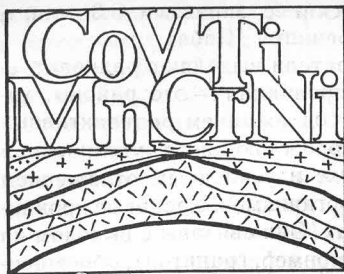
Производство урана в концентратах (в пересчете на металл) в 17 уранодобывающих несоциалистических странах составляет на 1986 г. около 37,5 тыс. т. Более 98 % урана производят восемь стран: Канада — почти до 12, ЮАР — до 5, США и Намибия — более 4, Австралия, Франция и Нигер — по 3, Габон — около 1. США и Великобритания широко используют уран, добываемый в других странах.

ЮАР, обладающая большими запасами и добычей урана, не только снабжает им развитые капиталистические страны, но сама с помощью США ведет работы в области ядерной энергетики. США поставляет ЮАР обогащенный уран; американские компании обслуживают ядерные реакторы в Кубере (ЮАР), западногерманские фирмы «Сименс» и другие помогли ЮАР в строительстве уранообогатительного завода в Валиндобе, «АЭГ — Телефонкен» и другие фирмы поставляют расистской ЮАР электронное и электротехническое оборудование для обогащения урана. Здесь разработан новый метод обогащения урана. Тревожно, что все эти достижения в урановой промышленности ЮАР имеют явно выраженную военную направленность.

Вот примерно как выглядит структура расходов на уран для ядерного топливного цикла: снабжение ураном — 18 %, обогащение — 22 %, изготовление топливных элементов — 8 %, регенерация обработанного топлива и захоронение отходов — 52 % (!).

Оптовые цены на уран на капиталистическом рынке в середине 80-х гг. составляли в среднем 35 долл. за 1 кг  $U_3O_8$ .

\* Международное агентство по атомной энергии.



**МЕТАЛЛЫ  
ВЕКА  
МЕТАЛЛОВ**

Насчитывается 85 химических элементов, принадлежащих к металлам (рис. 6). Они обладают различными свойствами или сочетаниями свойств и это определяет их значимость и области применения. Есть очень тугоплавкие металлы (вольфрам, молибден, ниобий, осмий, тантал, рутений, родий, иридий, платина и др.) и металлы с низкой точкой плавления (ртуть, алюминий, литий, магний, свинец, цинк, олово, висмут, сурьма, кадмий), с очень высокой точкой кипения (вольфрам, молибден, тантал, цирконий, ниобий, осмий, рутений, иридий), с очень высокой плотностью (осмий, иридий, платина, вольфрам, тантал, золото) и очень легкие (литий, магний, алюминий, бериллий, кальций). Металлы характеризуются разными удельной теплоемкостью, удельной теплотой плавления, электропроводностью, упругостью и магнитными свойствами.

Все металлы делят на черные (железо, марганец, хром), цветные, легирующие, редкие (алюминий, магний, медь, свинец, цинк, олово, висмут, ртуть, сурьма, литий, бериллий, германий, кальций, кадмий, титан, ванадий, никель, кобальт, вольфрам, молибден, цирконий, тантал и ниобий) и благородные (золото, серебро, платина и платиноиды: палладий, иридий, родий, осмий, рутений).

**Железо.** Самые древние находки железных изделий — бусы из прокованных полосок метеоритного железа. Они найдены в дофараонском Египте в стоянках раннего медного века. Этим бусам около 6 тыс. лет. В то время железо не было основой производства орудий труда, оно еще долго было драгоценным металлом. В одном из текстов на папирусе есть свидетельство о том, что правитель хеттов из Митании прислал фараону Аменхотепу III, жившему около 3,5 тыс. лет назад, и его сыну Эхнатону драгоценное железное оружие. Другой фараон Египта, живший около 32 столетий назад, в обращении к царю хеттов просил прислать ему железо в обмен на золото. Железный кинжал был найден в гробнице фараона Тутанхамона. В Месопотамии на месте древнего шумерского города —

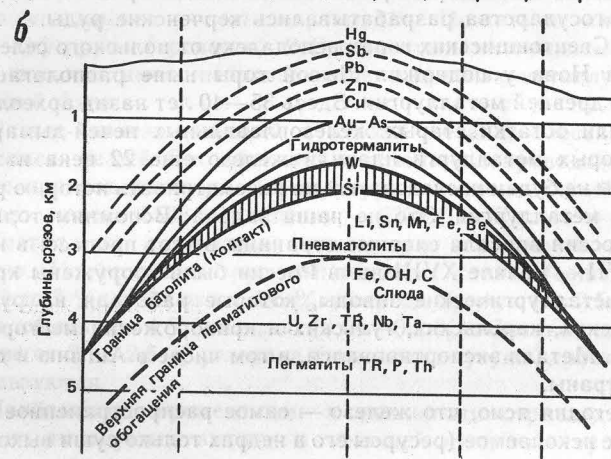
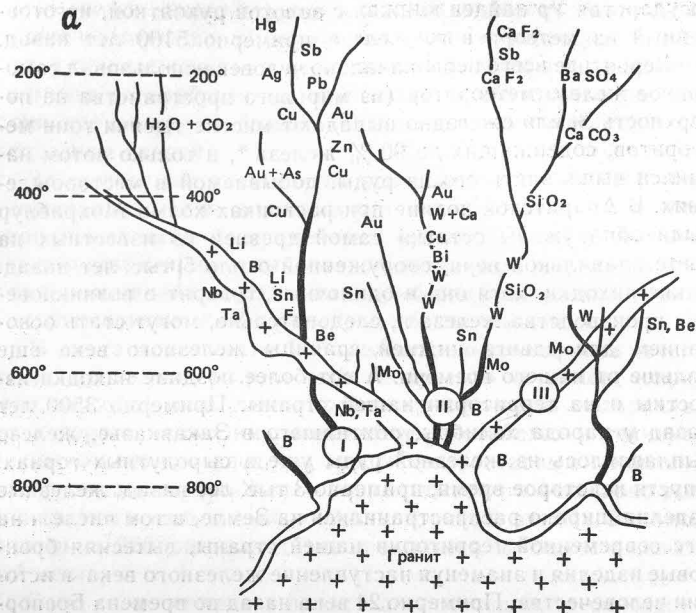


Рис. 6. Распределение скопления рудных полезных ископаемых, образовавшихся в процессе остывания и дифференциации магматических расплавов. По А. Е. Ферсману

*a* — температурный режим, в условиях которого происходит выпадение из расплавов и растворов тех или иных элементов; *b* — примерная глубина накопления отдельных элементов (пунктирные линии — геохимические концентры, позволяющие по их взаимному расположению в реальном рудном районе установить глубину среза земной коры)

государства Ур найден кинжал с золотой рукояткой, изготовленный из метеоритного железа примерно 5100 лет назад.

Вероятнее всего первоначально человек использовал самородное железо метеоритов (из мирового пространства на поверхность Земли ежегодно выпадают многие тысячи тонн метеоритов, содержащих до 90 % железа \*, и только потом научился выплавлять его из руды, добываемой в месторождениях. В Араратской долине при раскопках холма Мохрабур были обнаружены остатки самой древней из известных на свете плавильной печи, сооруженной около 5 тыс. лет назад. Такие находки, хотя они и одиночные, говорят о возникновении производства железа и, следовательно, могут стать основанием для сдвига нижней границы железного века еще дальше от нашего времени. А вот более поздние находки известны и на территории нашей страны. Примерно 3500 лет назад у народа халибры, обитавшего в Закавказье, железо выплавлялось из железной руды уже в сыродутных горнах. Спустя некоторое время, примерно 3 тыс. лет назад, железные изделия широко распространились на Земле, в том числе и на юге современной территории нашей страны, вытесняя бронзовые изделия и знаменуя наступление железного века в истории человечества. Примерно 24 века назад во времена Боспорского государства разрабатывались керченские руды.

В Свентокшисских горах неподалеку от польского селения Слупя Нова у подножия Лысой горы ныне располагается музей древней металлургии. Здесь 35—40 лет назад археологи открыли остатки старых железоплавильных печей-дымарок, в которых металлурги плавил железо еще 22 века назад.

Мы не будем последовательно рассматривать историю развития металлургии. Это не наша задача. Вспомним только, что Россия вписала славные страницы в этот процесс: в конце XVII — начале XVIII вв. в России были сооружены крупные металлургические заводы, которые работали на рудах уральских, карельских, тульских и криворожских месторождений. Металл экспортировался, в том числе в Англию и другие страны.

Сегодня ясно, что железо — самое распространенное полезное ископаемое (ресурсы его в недрах только суши выходят за пределы 3,5 трлн. т, т. е. на каждого из живущих людей приходится около 700 т металла). Мощному прогрессу метал-

\* Крупнейшим из известных метеоритов является метеорит «Гоба», найденный на юго-западе Африки (60 т). Возможно, память человечества сохранилась в древнейших названиях железа: египтяне называли его «бени-пет» (небесный металл), шумеры — «ан-бар», что значит то же самое, а древние греки «сидорос — звездный».

лургии железа способствует не только огромное число крупнейших месторождений, но и возможность производить из железа путем легирования и специальной обработки металлы с самыми разнообразными свойствами, в результате уже сегодня используются более 12 000 видов железных сплавов, в основном сталей.

За прошедшие тысячелетия совершенствовались способы получения железа из железных руд, улучшались его качества, ширились области его применения. Однако в XX веке созданы синтетические материалы, которые вытесняют железо (сталь, чугун) в машинах, механизмах, приборах, они по некоторым конструкционным свойствам превосходят железо.

И все-таки, как бы ни было велико значение других металлов и материалов, железо, этот «патриарх» металлов, сохранило за собой роль главного конструкционного материала, без которого немислимы современное хозяйство и техника. Масштабы его производства просто несопоставимы с выплавкой других металлов. Железа вырабатывают в несколько раз больше, чем всех остальных металлов, вместе взятых. Видимо, начавшись 3600 лет назад, все еще длится на Земле «железный век».

Само слово «железо» происходит, очевидно, от санскритского «джальжа» — «металл», «руда». По-латыни «железо» — «феррум» (крепость). В Греции сталь называлась «халид», это имя имеет небольшое племя древних металлургов в Малой Азии.

Чистое железо — вязкий и ковкий металл, блестящий, серебристо-белый. Оно обладает высокой теплопроводностью и электропроводностью. Температура плавления наиболее чистого железа 1538 °С, кипения — 2872 °С. Железо — мягкий металл, но его сплавы с углеродом отличаются твердостью. Из железных руд выплавляют: сталь (содержит от 0,2 до 2 %, чаще около 1,5 % углерода), чугун (от 2,5 % и выше, обычно до 4 %), железо (0,04—0,2 %). Сплавы, содержащие от 2 до 2,5 % углерода (сталистые чугуны), почти не используются.

Наибольшим применением в различных отраслях хозяйства пользуются стали, в меньшей степени — чугуны, еще реже железо.

По химическому составу стали разделяются на углеродистые и легированные (специальные), по назначению — на конструкционные (для изготовления деталей машин, строительных конструкций), инструментальные и сталь со специфическими свойствами (нержавеющая, жаропрочная, электро-техническая и др.).

В настоящее время для промышленности потребовалось и чистое железо, имеющее три степени чистоты — технически чистое железо (низкоуглеродистая электротехническая сталь), выше — карбонильное и электролитическое железо, еще выше — железо зонной очистки. Все эти разновидности имеют чрезвычайно высокие пластические и магнитные свойства, хорошую свариваемость. Из-за слабых механических свойств чистейшее железо непригодно для изготовления конструкций: оно выносит нагрузки до 17—21 кг/мм<sup>2</sup>. Но, если чистое железо легировать примесями, оно способно выдержать до 600 кг/мм<sup>2</sup>, что примерно втрое превышает возможность стали. Вредными примесями в железных рудах считаются сера, фосфор, мышьяк, олово, цинк, свинец.

В природе известно до 500 минералов, содержащих железо, около 300 из них — типичные минералы железа, но промышленное значение имеет меньшее число, среди которых важнейшее место занимают четыре: магнетит (магнитный железняк), Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, 72 % металла; гематит (красный железняк), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 70 %; лимонит (бурый железняк), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·xH<sub>2</sub>O, 60 %; сидерит (железный шпат), FeCO<sub>3</sub>, 48 % металла.

«Магнетит» — старый термин. Происхождение его названия чаще всего связывают с названием местности Магнезия (Греция), а в других случаях с именем легендарного пастуха Магнес, который якобы первым открыл этот минерал с магнитными свойствами на горе Ида, обнаружив, что железный наконечник посоха и гвозди башмаков прилипают к горной породе, содержащей магнетит.

Название «гематит» происходит от древнегреческого «гематикос» — «кроваво-красный» и дано по густо окрашенному цвету порошка и черты. Лимонит так назвали потому, что предполагали его луговое или болотное происхождение («леймос» — с греческого — луг). Этот минерал часто встречается в форме оолитовых скоплений прибрежно-морского происхождения, образующих крупные месторождения. «Сидерит» (сидерос) в переводе с греческого — железо.

В связи с различным содержанием железа руды делятся на богатые (идут сразу в плавку без обогащения) и бедные (требуют обогащения). В зависимости от основного рудообразующего минерала различают магнетитовые, титаномагнетитовые, гематитовые и гидрогематитовые, лимонитовые, сидеритовые и мартиновые руды (последние — продукты окисления магнетита).

Магнетитовые руды могут содержать до 50—70 % железа. В докембрийских отложениях магнетит, гематит и мартит в форме включений заполняют поры кварцита (железистые

кварциты). Среди последних выделяют породу джеспилит (от английского «джеспер» — яшма). Если взглянуть в строение этой густо-красной, стально-серой, темно-вишневой или лиловой полосчатой породы, смятой в мелкие складки, можно увидеть, что она состоит из тонкого чередования прослоек кварца и гематита или магнетита (яшмовидная порода). Порода эта содержит до 70 % чистого железа (в среднем 35 %) и является железной рудой. Кроме того она часто используется в качестве декоративного камня. Особенности образования джеспилита пока не выяснены. Например, академик Л. С. Берг в своих работах высказывал соображения, что железистые кварциты и джеспилиты — породы органогенные, образовавшиеся в древнейших морях в результате аккумулярующей жизнедеятельности пелагических микроорганизмов. Наличие слоистости он объяснял сезонным развитием планктонных микроорганизмов. Имеются и другие соображения.

Существуют доменная и бездоменная металлургия. Природная руда, как правило, не соответствует требованиям технологического процесса и поэтому подвергается предварительной обработке — обогащению. Мартиновые руды — наиболее ценные «мартеновские» руды (55 % железа). Они часто идут в плавку без обогащения (известны на КМА, в Кривом Роге, Магнитогорском и Высокогорском месторождениях на Урале, Соколовской и Сарбайской группах в Казахстане).

Титано-магнетитовые — это обычно комплексные, легко обогатимые руды, которые помимо железа (до 55 %) содержат титан (двуокиси титана до 20 %) и ванадий (разведаны на Урале, в Карелии). Гематитовые и гидрогематитовые руды (50—68 % железа) приурочены в основном к зонам выветривания железистых кварцитов (Кривой Рог и Белозерское месторождения на Украине, Гостищевское месторождение на КМА и др.).

Лимонитовые руды (бурые железняки) — наиболее распространенный тип железных руд в осадочных, инфильтрационных и остаточных месторождениях. Руды осадочных месторождений обычно оолитовые. Они содержат железо (до 30—55 %), кремнезем (20—30 %), глинозем (5—6 %), марганец (до 4—5 %) и ванадий (до 0,1 %). Сидеритовые руды (25—39 % железа) используются редко, главным образом в качестве флюса или после окислительного обжига как рудная составляющая в доменной шихте.

Вопрос о том, надолго ли хватит железных руд, давно волнует человечество и подчас ответ на него звучал весьма драматично. Так, в 1910 г. на Международном геологическом

конгрессе в Стокгольме перед учеными была поставлена задача по борьбе с железным голодом, хотя в то время в мире добывалось примерно в 1000 раз меньше железа, чем сейчас. Подсчеты тогда показали, что железа на Земле хватит человечеству только до 1970 г. (!). Позднее на Международном геологическом конгрессе в Брюсселе (1922 г.) мрачные прогнозы были вновь подтверждены. Однако спустя всего год, 7 апреля 1923 г. у г. Шигры впервые из неглубокой скважины были извлечены железистые кварциты будущей КМА. Несколько позднее аналогичные кварциты были открыты на древних платформах и в других странах. Хотя в большинстве случаев содержание железа в них составляло 35 %, все же огромные размеры залежей вселяли оптимизм.

Распространение докембрийских железистых кварцитов имеет вид трех межконтинентальных полос — поясов. Западный пояс пересекает с юга на север Восточную Европу, Северный Ледовитый океан, восточные части Северной и Южной Америки, южную часть Атлантического океана. В пределах этого пояса и располагаются узлы железнакопления КМА, Кривого Рога, Кременчуга, Белозерки, месторождений Кольского полуострова, Бразилии, Канады. Восточный пояс располагается в восточной части Евразии и в Австралии. Он протягивается через Колыму, по Уссурийскому краю, КНР, КНДР, Бирме, Индии, через восточную часть Индийского океана к западной Австралии. Третий пояс пересекает Евразию в форме довольно узкой полосы от Пиренейского полуострова через Францию, центральную и южную части Восточно-Европейской равнины (в месте пересечения с Западным поясом размещается железорудный узел, представленный КМА, Кривым Рогом, Кременчугом и т. д.), через Казахстан и Южный Урал, Алтай, Туву, Северное Прибайкалье, Южный Алдан, Восточный и Западный Саян, Становой хребет.

Существует несколько гипотез происхождения докембрийских железорудных поясов Земли. Если учесть современные представления о процессе образования Земли (например, гипотезы О. Ю. Шмидта, В. Г. Фесенкова и др.) в результате сгущения космической материи, то получается, что наиболее тяжелые и магнитные тела (а это, конечно же, прежде всего обломки железа) в силу законов гравитации и магнетизма скопились в центральной части и образовали ядро Земли. Сегодня это подтверждается разделением плотности вещества Земли: средняя ее плотность  $5,5 \text{ г/см}^3$ , поверхностные слои имеют  $2,5\text{—}2,7 \text{ г/см}^3$  (слои «гранитный» и «осадочный»), зато плотность ядра равна  $11,5\text{—}17,3 \text{ г/см}^3$ . Итак, получается, что то железо, которое находится в верхних оболочках Земли,

накопилось уже после образования основных сфер Земли. В связи с этим сформировалось две точки зрения — о проблеме накопления железа в верхних оболочках Земли.

Первая гипотеза объясняет это тем, что в глубинных слоях Земли наблюдается движение веществ в форме конвекционных потоков. О. Г. Сорохтин в 1983 г. убедительно показал, что одни потоки (наиболее тяжелые) опускаются до ядра (почти на 3000 км), а другие потоки (облегченные), наоборот, выносят вещество ядра к поверхности. Последние и захватывают железо. Замечено, что некоторые вулканы содержат в своих лавах очень много железа. На Сибирской платформе многие месторождения железа имеют вулканическое происхождение (например, Ангаро-Илимская группа).

Согласно другой гипотезе, считается, что накопление железа в докембрии на поверхности Земли связано с поступлением магнетита из космической пыли. Эту точку зрения высказал М. И. Калганов, исследователь КМА. Дело в том, что в Космосе существуют темные туманности, грандиозные скопления космической пыли, почти нацело состоящей из мельчайших шариков магнетита. Астроном, академик В. А. Амбарцумян считает, что каждые 200 млн. лет (а по другим данным каждые 180—250 млн. лет) Солнечная система совершает один оборот вокруг центра Галактики. При этом движении она в прошлом многократно пересекла Млечный путь с его темными туманностями. Это пересечение охватывало по времени долгие миллионы и десятки миллионов лет. В связи с гравитационным и магнитным притяжением со стороны Земли и происходило накопление железистых осадков. Полагают, что темные туманности Земля «проходила» в раннем архее, раннем, среднем и позднем протерозое. Докембрийские железистые скопления имеют именно эти четыре возраста, но самыми крупными среди них являются позднепротерозойские.

Общие запасы железных руд несоциалистического мира на 1987 г. оцениваются в 242 млрд. т, при этом одна половина заключена в недрах развитых капиталистических стран, вторая — в месторождениях развивающихся стран. Подтвержденные запасы этой группы стран составляют около 110 млрд. т. Примерно 80 % общих запасов железа здесь размещено в 12 несоциалистических государствах (в млрд. т): в Бразилии (45), Австралии (40,7), Канаде (26,4), США (25,4), Индии (17,5), ЮАР (9,5), Ливии (5,6), Перу (4,9), Швеции (4,7), Франции (4), Гвинеи (4), Великобритании (3,1).

По балансовым запасам СССР занимает первое место в мире (более 110 млрд. т). В Советском Союзе разведано

более 350 месторождений. Их особенностью является равномерное размещение по стране, но все же основные разведанные запасы (87 %) сосредоточены на Украине (где в 80 месторождениях сконцентрирована треть общесоюзных запасов, в 35 осваиваемых месторождениях извлекается более половины общесоюзной добычи металла — в основном в Криворожском бассейне, Кременчугском, Белозерском районах), на Урале, в Северном Казахстане, в Западной и Восточной Сибири. Среднее содержание металла во всех разведанных месторождениях СССР составляет более 37 %. Примерно седьмую часть от разведанных запасов составляют богатые руды, среднее содержание железа в которых превышает 55 %.

В европейской части СССР (и на Кавказе) выделяется 4 железорудных района: Центральный, Украинский, Северо-Западный, Кавказский.

В Центральном железорудном районе размещается один из самых уникальных в мире по запасам и качеству руды железорудный бассейн — Курская магнитная аномалия. Этот бассейн протянулся в северо-западном направлении на 600 км, при ширине до 250 км. Он располагается на территории 11 областей. В нем сосредоточено более 45 млрд. т богатых гематит-мартитовых и сидерит-мартитовых руд, размещенных в месторождениях Яковлевском, Гостищевском, Михайловском, Лебединском, Коробковском. Здесь сооружен Оскольский электрометаллургический комбинат — первенец отечественной бездоменной металлургии. Тут нет традиционных и дорогостоящих производств — коксохимического и доменного. Технологический процесс начинается прямо с изготовления окатышей. Сегодня район КМА формируется как территориально-промышленный комплекс. В его освоении на основе взаимовыгодного сотрудничества участвуют страны — члены СЭВ.

Украинский железорудный бассейн является одним из старейших в мире. Здесь размещаются Криворожский, Керченский, Кременчугский и Белозерский железорудные районы. Они составляют сырьевую базу многих металлургических заводов европейской части нашей страны, а также соседних социалистических стран — Чехо-Словакии, Польши, Болгарии и др. Бурые железняки Керченского бассейна добываются преимущественно открытым способом и всюду здесь красная земля, обогащенная оксидами железа.

Исследования ученых показали, что накопление осадочных железных руд здесь происходило в условиях прибрежной части теплого киммерийского (плиоцен) моря за счет сноса железистых соединений с окружающей территории суши.

На Северо-Западе СССР месторождения железных руд

размещаются на Кольском полуострове — Оленегорское и Енское, а также в Карелии — Пудож-Гора и Костамукшское.

Урал, как и Украина, один из стародавних металлургических регионов страны. Здесь много месторождений. По тяготению добываемой руды к ближайшим металлургическим комбинатам выделено семь рудных районов.

На территории Западной Сибири крупные запасы имеют месторождения Западно-Сибирского (Нарымского) железорудного бассейна, протянувшегося в Среднем Приобье почти от Транссибирской железнодорожной магистрали у г. Новосибирска на север на 1400 км до р. Большой Хеты. Здесь известны крупнейшие месторождения: Бакчарское (18 млрд. т) на юге и Колпашевское (20 млрд. т) на севере. Геологические запасы оолитовых железных руд Западной Сибири со средним содержанием железа до 36—38 % составляют 350 млрд. т (в 8 раз больше КМА). В перспективе здесь можно будет получить самые дешевые руды в стране.

Месторождения Алтае-Саянской горной области являются базой для Кузнецкого и Западно-Сибирского металлургических комбинатов. В Восточной Сибири находятся Ангаро-Питский и Нижне-Тунгусский (прогнозные запасы 1,5 трлн. т) железорудные бассейны. В пределах Нижне-Тунгусского бассейна выделяют два крупнейших месторождения — Эмельдакское и Сурингдаконское. Важное экономическое значение имеет Ангаро-Илимский железорудный район с крупными месторождениями Коршуновским и Рудногорским, а также Южно-Якутский, или Алданский, железорудный район. Последний — база будущих металлургических предприятий, тяготеющих к Байкало-Амурской магистрали.

В Казахстане первое место занимают магнетитовые и оолитовые руды Кустанайского железорудного бассейна, в состав которого входят месторождения Соколовское, Сарбайское, Качарское, Лисаковское (бурые железняки) и Аятское.

Крупные запасы железных руд имеет Китай: группа месторождений Аньшань и месторождение Байюнь-Эбо.

В Бразилии богатые железные руды сосредоточены в рудных полях «Железного четырехугольника» — в центральном Минас-Жерайсе (Итабира и др.), Серра-дус-Караджас (Караджас), Моору-ду-Урукун (Урукун).

Основная масса железной руды Индии находится на северо-востоке страны — месторождения Сингхбхум и другие. На юго-западе размещается железо-марганцевое месторождение.

В Канаде имеются крупные месторождения: на юго-восто-

ке о-ва Ньюфаундленд месторождение оолитовых руд Уобана (общие запасы 20 млрд. т), на п-ове Лабрадор известные месторождения железистых кварцитов с магнетитовыми и гематитовыми рудами.

В Австралии на северо-западе находится железорудный бассейн Хамерсли, или Пилбара, (общие запасы 20 млрд. т, при содержании железа 55—60 %).

В США примерно 90 % разведанных запасов сосредоточено в месторождениях района озера Верхнего, представленных магнетитовыми и гематитовыми рудами. Здесь на западе размещаются уникальные месторождения Месаби-Рейндж, Миномайни-Рейндж и др.

Во Франции основные запасы и практически вся добыча железных руд связаны с уникальным Лотарингским бассейном. В ЮАР разрабатываются руды высококачественных гематитовых месторождений Трансвааля (содержание железа 66 %). Одно из уникальных месторождений мира — Кирунавара (или Кируна) находится в Швеции. Крупные месторождения имеются в Норвегии, Великобритании, Гвинее, Алжире, Танзании, Ливии, Венесуэле, Боливии, Перу и др.

Месторождения железных руд известны, таким образом, на всех материках. Они образовывались в течение всех геологических периодов и имеют самое разное происхождение. Однако три четверти всех запасов железа в уникальных и крупных месторождениях являются докембрийскими: все они размещены в пределах щитов (и их склонов) древних платформ, приурочены в основании к нижнепротерозойской толще, сформировавшейся 2,6—2,0 млрд. лет назад. Эти залежи представлены железистыми кварцитами (называемыми у нас джеспилитами, а в Скандинавии — таконитами, на американских континентах — итабиритами). Мезозойские железорудные месторождения представлены осадочными оолитовыми рудами месторождений Западной Сибири, Западной Европы.

Мировая добыча в 1986 г. составила 906 млн. т товарной железной руды (в том числе в социалистических странах около 300 млн. т), а в середине 70-х гг. она достигала уже 1130 млн. т. Снижение производства в последние годы произошло за счет уменьшения добычи в капиталистических и развивающихся странах.

Железные руды добываются в 54 странах. Однако основных добывающих стран всего семь: СССР (250 млн. т), КНР (151 млн. т), Бразилия (132 млн. т), Австралия (86 млн. т), Индия (49 млн. т), США (40 млн. т), Канада (37 млн. т). На международном капиталистическом рынке цены на железные руды (51,5—60 % железа) составляют

15—30 долл. за 1 т. Экспортируется примерно половина добываемой руды.

**Марганец.** Вот уже более полутора веков (с 1825 г.) этот элемент широко используется в черной металлургии, которая поглощает не менее 9/10 добываемого марганца. Здесь он применяется в качестве легирующего (облагораживающего) металла. Так, небольшие добавки марганца в стали (в среднем до 1 %) повышают ее механическую прочность, твердость, ковкость, вязкость, сопротивление изнашиванию, жаропрочность. Сталь с высоким содержанием углерода (до 1,5 %) и марганца (до 14 %) устойчива к истиранию, немагнитна, она используется, например, при изготовлении железнодорожных рельс и колес для вагонов, гусеничных передач, вооружения. Расход марганца при выплавке обычной стали составляет 6 кг на 1 т, а при выплавке специальных сталей значительно больше.

Почти полвека назад, в годы Великой Отечественной войны, когда гитлеровцы захватили Никопольский марганцевый бассейн, (он был временно оккупирован фашистами с конца 1941 г. по февраль 1944 г.), а Чиатурский бассейн на Кавказе был заблокирован немецкими войсками, наша страна оказалась в тяжелейшем положении: ведь без марганца нельзя варить броню для танков, делать стволы орудий. За короткий срок геологи разведали и открыли в Сибири, на Урале, в Средней Азии целый ряд мелких месторождений марганца. Это позволило сохранить, а потом и нарастить военный потенциал Советской Армии. Когда наши войска подошли к Никопольскому марганцевому бассейну, на советской территории в штабе группы армий «Юг» (март, 1943 г.) Гитлер заявил, что потеря Никополя означала бы конец войны. Сюда были брошены свежие немецкие дивизии. Осенью 1943 г. на совещании в штабе 3-го Украинского фронта представитель ставки Верховного Главнокомандующего, маршал А. М. Василевский прежде всего заговорил об общей задаче для всего фронта — как можно скорее овладеть Никополем, лишить немецкую промышленность дарового марганца. Наши войска окружили район Никопольских рудников, оборона их оказалась безуспешной, и гитлеровцы, неся огромные потери, отступили. Интересно, что в захваченных немецких архивах оказались проекты развития марганцевых рудников в Никопольском бассейне, подготовленные гитлеровцами задолго до войны.

Месторождения марганца расположены так, что практически все западные европейские страны и США зависят от импорта марганца. В годы второй мировой войны фашисты

специально держали свои подводные лодки на путях транспортировки марганца в США и топили суда с марганцевой рудой.

Около одной двадцатой части добываемого марганца используется в цветной металлургии, в электросварке, химической промышленности, фармакологии. Марганец входит в состав 150 минералов, но промышленное значение имеют лишь пиролюзит (оксид, содержит 63 % марганца), псиломелан (гидрооксид, 62 %), браунит (оксид, 62 %), гаусманит (оксид, 72 %), родохрозит (карбонат, 42 %), манганокальцит (карбонат, 5—27 %). Название минерала «пиролюзит» происходит от греческого «пирос» — огонь и «люзиос» — мытье, уничтожение, чистка («стекольное мыло» — ранее минерал употреблялся для уничтожения зеленого оттенка в стекле). Минерал имеет столбчатые, волокнистые или радиально-лучистые агрегаты, образует конкреции, наблюдается в виде сажистых масс. Цвет имеет от черного до стально-серого, с синеватым оттенком. Название «псиломелан» (или вад) происходит от греческих «псилёс» — гладкий, лысый, голый и «меляс» — черный (по цвету и внешнему облику натечных образований, известных под названием «черная стеклянная голова»). Название «родохрозит» происходит от греческого «родон» — роза (цвет его розовый различных оттенков). Минералы «браунит» и «гаусманит» названы в честь немецких ученых К. Брауна и И. Ф. Л. Гаусманна.

Обычно марганцевые руды представлены скоплением конкреций, ноздреватых стяжений, обломков или распыленных марганцевых минералов среди песчано-глинистой толщи. Здесь выделяются наиболее богатые окисные пиролюзит-псиломелан-манганитовые руды и более бедные карбонатные руды родохрозит-мангано-кальцитовые, а также смешанные (оксид-карбонатные). Важнейшее значение имеют оксидные руды.

В СССР известно более 70 марганцевых месторождений, разведанные запасы которых к началу 70-х гг. составили около 3 млрд. т, при этом 2408 млн. т (или 82,4 %) размещено в пределах Никопольского и Большевикмакского месторождений, составляющих единый Южно-Украинский олигоценый марганцеворудный бассейн, и более 6 % — в Чиагурском месторождении. Крупные залежи марганца в СССР размещаются на Урале, на юге Сибири.

Четыре пятых добычи марганца страны приходится на Украину. Долгие годы добыча марганцевой руды осуществлялась на Никопольском месторождении, где у городов Никополь и Марганец разрабатываются огромные карьеры и шахты.

Когда впервые попадаешь в эти марганцевые карьеры, кажется, что не человек, а более могущественные силы, родственные вулканическим или горообразовательным, разворотили землю, создали эти огромные по площади котлованы глубиной до 60 м. На дне их мощные роторные и шагающие экскаваторы с длинными стрелами кажутся совсем маленькими, а снующие вокруг них бульдозеры и самосвалы, отвозящие руду на обогатительные фабрики, выглядят карликовыми. По стальным нитям узкоколеек ящерицами мелькают поезда.

Красочно выглядит «рабочий» борт карьера. Горные породы, лежащие горизонтальными слоями, еще не успели высохнуть, поблекнуть и сохраняют свою природную окраску. Как на яркой картине, созданной словно специально для школьного учебника географии, четко вырисовывается последовательность отложений. Внизу, где стоят экскаваторы, выходят граниты и гнейсы. Над ними залегают желтые и бурые коры выветривания, заполняющие неровности в древнем рельефе. Выше лежит 5-метровый слой зеленых морских песков с глауконитом и кремнистые глины. Над ними — темный пласт с марганцевой рудой. Мощность его колеблется от 1,5 до 5 м. Рудный пласт перекрыт 20-метровым слоем зеленых глин и песков. Еще выше залегают миоценовые желтые известняки и зеленые глины, белые, ярко-зеленые пески и глины, затем плиоценовые известняки — ракушечники и черные глины, наконец, в кровле — четвертичные светло-палевые лёсы.

По остаткам древних организмов в рудоносном, подстилающем и перекрывающем слоях геологи определили, что вся эта толща образовалась в олигоценовую эпоху, последнюю эпоху палеогенового периода, у северных побережий огромного Средиземноморского бассейна, покрывавшего 30—40 млн. лет назад равнинные пространства юга Украины.

Образование марганцевых руд этих месторождений долго оставалось загадкой. Только изучение современных процессов марганценакопления в морских условиях (например, в заливах Балтийского моря, неглубоких заливах Шотландии по соседству со скалистыми берегами) дало возможность в какой-то степени расшифровать условия скопления марганцевых минералов: за счет отмирания богатой растительности на суше в условиях теплого и влажного климата того времени образовалось много органических кислот. Просачиваясь с водой по трещинам и порам в горные породы, слагающие Украинский щит, они способствовали быстрому их разрушению. Вместе с другими породами разрушались и докембрийские базальты, диабазы и железисто-кремнистые породы, со-



державшие до 1 % марганца. Продукты разрушения в виде металлоорганических соединений переносились в олигоценовое море. Волны его омывали скалистые утесы сильно изрезанных южных склонов Украинского щита (окрестности современных городов Николая, Марганца, Токмака). Здесь недалеко от берега и многочисленных останцовых островов формировались марганцевые скопления. На глубинах 5—10 м скапливались оксиды и гидроксиды, содержащие до 27 % марганца (они характерны для месторождений Николая и Марганца), а на глубинах 20—40 м — карбонатные соединения (характерны для руд района Токмака), марганец в которых составляет 19—26 %. Руда состоит из неправильных ноздреватых и пористых стяжений, шарообразных конкреций с бугорчато-почковидной поверхностью и радиально-лучистым внутренним строением. Марганцевые стяжения и конкреции достигают 30 см в диаметре.

Мировые разведанные запасы марганца на континентах в 40 странах несоциалистического мира в 1987 г. составили 15,6 млрд. т, причем 90 % их размещается в ЮАР (13,6 млрд. т). Большие запасы (в млрд. т) имеются в Австралии (0,4), Габоне (0,4), Бразилии (0,3). Подтвержденные запасы в этих странах составляют 4 млрд. т. Основные месторождения марганцевых руд размещены в ЮАР (рудное поле Калахари, район Блэк-Рок), Габоне (Моанда), в Австралии (Грут-Айленд), Бразилии (рудное поле Мату-Гросу), Урукум, Каржас. Таким образом, большая часть марганцевых руд сосредоточена в докембрийских отложениях. Крупные запасы этих руд имеются и в осадочных месторождениях кайнозой в пределах Южно-Европейской олигоценовой марганцеворудной провинции (Никополь, Токмак, Чиатура); они представлены олиготыми мелководно-морскими рудами.

Мировая добыча марганцевых (товарных) руд в 1986 г. составила около 24,5 млн. т, в том числе до 40 % их приходится на СССР — 9,7 млн. т (90 % добывается в Никопольском и Большетокмакском месторождениях), в КНР производится 1,6 млн. т. В странах несоциалистического мира извлечено из недр более 12 млн. т: в ЮАР — 3,7, в Габоне и Бразилии — по 2,5, в Австралии — 1,6, в Индии — 1,2.

СССР является крупнейшим в мире экспортером марганцевых руд. На экспорт идет в основном никопольская руда. Она экспортируется в десятки социалистических, капиталистических и развивающихся стран, среди которых важнейшими и постоянными импортерами являются Польша, Германия, Чехо-Словакия, Великобритания, Франция.

Цены на марганцевую руду (до 48—50 % марганца) на

международном рынке составляет 70—72 дол. за 1 т, на высококачественный ферромарганец — до 300—500 дол. за 1 т.

**Хром.** Металл хром был получен французским химиком Л. Н. Вокленом еще в 1797 г. из ярко-красного очень красивого минерала крокоита (оксид свинца и цинка), который под названием «сибирский красный свинец» еще в 1766 г. был описан на Урале химиком И. Г. Леманом. Русский академик П. С. Паллас во время своего путешествия на Урал собрал коллекцию крокоита, образцы из которой и попали во Францию. Название «хром» происходит от греческого «хромос» — крашу. Металл хром имеет серо-стальной цвет; он очень твердый, тугоплавкий, химически мало активный (устойчив против коррозии).

Вместе с другими элементами этот тугоплавкий металл (температура плавления 1877 °С) является важнейшим легирующим элементом при производстве разных сортов сталей. Известно более 30 минералов, содержащих хром, но почти единственным источником, из которого выгодно извлекать металлический хром или его соединения, является хромит (хромистый железняк —  $FeCr_2O_4$ , триоксид хрома — 68 %, железа 32 %). Этот минерал имеет три разновидности (магнохромит, алюмохромит, хромпикотит).

Интересно, что хром существует в природе в виде четырех стабильных изотопов с массой 50 (4 %), 52 (84 %), 53 (10 %), 54 (2 %), известны и радиоактивные изотопы хрома с массой 46, 47, 48, 49, 51, 55, период полураспада которых короткий: от 0,4 до 28 суток. Месторождения хромитов приурочены исключительно к глубинным магматическим образованиям ультраосновного состава (перидотиты, пироксениты, дуниты и др.).

Примерно половина добываемых хромитов используется в металлургической промышленности, две пятых — в огнеупорной, десятая часть — в химической. В металлургии хром в виде металла или легирующего сплава — феррохрома (сплав железа с хромом, хрома не менее 60 %) применяется при выплавке специальных сплавов и сталей.

До революции ферросплавы (в том числе и феррохром) в нашей стране в промышленных масштабах практически не производились. Первые ферросплавные заводы были построены в Челябинске (1931 г.), в Запорожье и Зестафони (1933 г.), в Актюбинске (1943 г.).

Выделяют хромали (сплавы хрома и алюминия), отличающиеся высокой жаростойкостью (температура плавления до 1500 °С), большим удельным электрическим сопротивлением; хромель (хром и никель) отличается хорошими меха-

ническими свойствами, жаростойкостью (температура плавления 1435 °С), немагнитен; хромистая бронза (бронза, легированная хромом) с хорошими механическими свойствами, повышенной температурой рекристаллизации, высокой электропроводностью, жаропрочностью, легко поддается обработке как в горячем, так и в холодном состоянии.

Для производства огнеупоров расходуются природные хромиты или изготовленные на их основе хромитовые или хромомagneзитовые огнеупоры. Оксид хрома — тугоплавкое вещество, имеет зеленый цвет, применяется для изготовления клеевой и масляной красок.

Добавка до 3 % хрома (30 кг на 1 т) к углеродистым сталям повышает их механические свойства, добавка 10—12 % хрома позволяет получить нержавеющей сталь.

С азотом хром образует нитриды, которые стойки в химическом отношении, не поддаются воздействию влаги, не растворяются в щелочах, кислотах, включая и царскую водку. Ценны по своим свойствам и карбиды хрома. Бихроматы и хромовые квасцы используются для дубления кожи. Отсюда и идет название «хромовая кожа» («хромовые» сапоги).

Советский Союз — единственная из промышленно развитых стран мира, обеспеченная собственными ресурсами хрома. Еще в 30-х гг. XIX в. было открыто на Среднем Урале неподалеку от Перми Сарановская (Главная) группа месторождений хромитовых руд. С 1850 г. здесь было налажено производство хромпиков. В конце XIX в. (в связи с разработкой этого и других месторождений) Россия заняла первое место в мире по добыче хромитовых руд и удерживала его несколько лет. Позднее в Мугоджарах была открыта очень крупная группа месторождений. Месторождения хромитов известны на Кубе и в Югославии.

Выявленные ресурсы хромовых руд в развитых капиталистических и развивающихся странах, содержащиеся в недрах 23 государств, в 1987 г. составили 16,3 млрд. т, а подтвержденные запасы 3,4 млрд. т, при мировых подтвержденных запасах хромитовых руд, оцениваемых в 7,5 млрд. т. Более 3/4 всех ресурсов размещено в ЮАР (11 млрд. т), четверть в Зимбабве (4,6 млрд. т). В ЮАР имеются самые крупные в мире месторождения Бушвельдского комплекса (выявленные ресурсы 10 млрд. т), в котором действуют 21 подземный рудник. В Зимбабве у г. Солсбери находятся уникальные месторождения Великая Дайка (ресурсы 4,4 млрд. т, разрабатываемое 26 открытыми и открыто-подземными рудниками), Рейлвей-Блок, Селукве-Пик, Импинте. Крупные месторождения хромитов известны в Финляндии (Кеми), Индии (Кат-

так), на Филиппинах (Масинлок); в Бразилии (Кампо-Формозу), в Канаде — на южном берегу оз. Виннипега (Бед-Ривер) и др.

Ресурсы хромитов примерно поровну распределены между докембрийской (Южная Африка, Северная Америка, Индия, Финляндия, Сьерра-Леоне) и позднелазоэозойской эпохами рудообразования (в СССР — Казахстан; Урал; Турция).

Мировая добыча хрома в 1986 г. составила 10,7 млн. т, в том числе в СССР — около 3 млн. т. В странах не социалистического мира производство товарной руды в 1986 г. распределилось следующим образом (в млн. т): общее 6,7; ЮАР — 3,5, на Филиппинах — 1 (руды для огнеупоров), в Турции и Индии — по 0,6, в Зимбабве — 0,5. На капиталистическом рынке цены на хромовые руды металлургических сортов достигают 125 дол. за 1 т, а на металлический хром — 8250 дол. за 1 т.

**Титан.** В Москве у метро «ВДНХ» обращает на себя внимание стремительно уходящая ввысь сверкающая стрела, вознесшая на 107-метровую высоту модель космической ракеты. Издали ракета кажется совсем небольшой, хотя длина ее 11 м. Этот обелиск «Покорителям космоса» открыт 18 октября 1964 г. в честь выдающихся достижений советского народа в освоении космического пространства. Авторы проекта (скульптор А. П. Файдыш-Крандиевский, архитекторы М. О. Борщ и А. Н. Колчин) долго искали облицовочный материал для обелиска. В печати сообщалось, что они перепробовали разные варианты: стекло, пластмасса, нержавеющая сталь. Но лучшим материалом оказались листы полированного титана. Стрела монумента установлена на постаменте, облицованном полированным гранитом — стилобате.

Титан — сравнительно новый металл, обладает целым рядом важнейших свойств, делающих его вечным. Титан был открыт англичанином У. Грегори в 1791 г. и назван менакином (образцы были собраны им в местечке Менакан в Корнуолле). Вторично он был открыт в 1795 г. немецким химиком М. Клапротом, назвавшим его титаном (в честь мифологических титанов, сыновей Земли). Металлический титан был получен спустя 80 лет в 1875 г. русским ученым Д. К. Кирилловым, а в 1887 г. шведы Нильсон и Петерсон получили почти чистый титан (95 %). В 1910 г. американским химиком Хантером, усовершенствовавшим методику шведов, было получено несколько граммов сравнительно чистого титана (имелись ничтожные доли примеси, которые делали его хрупким). В 1925 г. голландские химики ван-Аркель и де-Бур путем разложения тетрахлорида титана на раскаленной вольфрамовой проволоке

получили титан высокой чистоты. Эксперименты показали высокие качества металла, которые и открыли ему дорогу в технику.

Оказалось, что качества металла зависят от его чистоты. Поэтому по чистоте все материалы (в том числе и металлы) делятся на три группы: технически чистые, если материал содержит менее 99,9 % основного вещества; химически чистые, если основное вещество составляет от 99,9 до 99,99 %, особо чистые — основной материал более 99,999 % (при этом называют число девяток после запятой, например, «две девятки», «пять девяток»). Кстати, очень хрупкими по этой причине считались первоначально и многие другие металлы (например, хром, вольфрам, молибден, тантал, висмут, цирконий).

Полученные в более чистом виде они стали пластичными при низкой температуре, антикоррозионными и т. д. Поэтому перед наукой всегда стоит задача получения металла как можно в более чистом виде.

Итак, сам титан — яркий серовато-серебристый металл, он имеет прочность легированной стали, но вдвое легче ее, и, в отличие от стали, вязок, пластичен, поэтому хорошо поддается механической обработке (прокату, ковке, резанию), устойчив против коррозии, термостоек (температура плавления 1668 °С, кипения — 3260 °С), не теряет прочности при нагревании до 430 °С, немагнитен. Сплавы с титаном в 2—3 раза прочнее алюминиевых, в 5 раз — магниевых. Благодаря этим свойствам титан в последние годы применяется в современном самолетостроении, ракетостроении, в ядерных реакторах, в судостроении, приборостроении, в машиностроении (при изготовлении ответственных деталей и узлов) (рис. 7). В космической технике из титановых сплавов изготавливают баки для хранения жидкого кислорода и водорода (при сверхнизких температурах титан не разрушается). Титан выступает конструкционным материалом для объектов, монтируемых в Космосе (в условиях космического вакуума он легко сваривается и режется). Титан очень устойчив к коррозии. Он не поддается агрессивным жидкостям («съедающим» чугун за несколько суток), из него производят реакторы химических предприятий (реакторы из нержавеющей стали выдерживают не более чем полгода), коррозия совершенно не разрушает титан, опущенный в морскую воду.

Присадка титана (до 0,1 %) в сталь намного увеличивает ее твердость и эластичность. Карбиды и нитриды титана используются для изготовления абразивов (полированные материалы). Соединения титана используются для изготов-



Рис. 7. Области применения титана

ления высокоустойчивых белил, красок, лаков, эмалей, тугоплавких пленок.

В природе известно более 80 минералов, в которых содержится титан, но промышленную ценность имеют лишь два из них: ильменит, или титанистый железняк (оксид титана и железа, содержит 32 % титана), рутил (диоксид титана, 60 %).

Название «рутил» происходит от латинского «рутилиус» — красноватый (все разновидности минерала, даже имеющие черную окраску, просвечивают красноватым цветом). Обычно наблюдается в виде игольчатых кристалликов желтого, коричневого, красного и даже черного цветов. Ильменит назван по месту открытия (Ильменские горы на Южном Урале).

Ильменит и рутил добываются из аллювиальных и прибрежно-морских россыпных месторождений (черные пески), широко распространенных у морских побережий Индии, Австралии, США, Бразилии, Шри-Ланки. Месторождения разрабатываются в том случае, если минимальное содержание рудных минералов в аллювиальной россыпи составляет 30—40 кг/м<sup>3</sup>, а в прибрежно-морской — 40—50 кг/м<sup>3</sup>. Осваиваются и магматические (позднемагматические) месторождения, титановые минералы в которых генетически связаны с ультраосновными и основными породами (месторождения Урала в СССР).

Мировые прогнозные ресурсы титана (без СССР) оцениваются в 10 млрд. т. Подавляющая часть их сосредоточена в пределах коренных магматических месторождений древних платформ и щитов. Но изучены эти месторождения еще недостаточно.

В СССР коренные магматогенные месторождения титаномагнетитовых руд разведаны на Кольском полуострове — Енское, на севере Онежского озера — Пудож-Гора, на Среднем Урале — Качканарское, на Южном Урале — Кусинское. Россыпи комплексного состава известны на Украине и в других районах европейской части страны, на Южном Урале, в Западной Сибири и Северном Казахстане. Всюду это комплексные руды, легко обогатимые, пригодные для открытых разработок.

В несоциалистическом мире общие выявленные ресурсы титана (в пересчете на диоксид титана) в 1986 г. составили 1,4 млрд. т, подтвержденные запасы 0,5 млрд. т, при этом на долю ильменита приходится 2/3, рутила — 1/3 запасов. Наибольшая часть этих выявленных ресурсов располагается в месторождениях Бразилии, Индии, Канады, Норвегии, США.

Крупнейшими в мире являются месторождения титаномагнетитовых руд Бушвельдского комплекса в Трансваале (ЮАР). В Канаде выявлено крупное коренное месторождение железо-титано-ванадиевых руд Аллард-Лейк; в Индии — месторождения «черных» песков с цирконом, монацитом, минералами урана и тория Чаввара и Оском. Практически россыпи здесь неиссякаемы, поскольку на выработанных участках через несколько лет они вновь намываются.

В Норвегии крупные запасы ильменитовых руд сосредоточены в коренных месторождениях, размещенных на юге Скандинавского полуострова.

Крупные месторождения известны в Австралии — коренное (Баррамби) и россыпные (Энибба, Куулджарлу Кейпел); в США коренные (Тахавус, Сиболда, Крик), россыпные (Трэйл-Ридд).

Титановые концентраты производятся в 12 странах несоциалистического мира. В 1986 г. они составили более 6 млн. т, в том числе рутилового концентрата 0,4 млн. т (содержит 90—96 % диоксида титана) и ильменитового 5,7 млн. т (37—65 % диоксида титана). Более половины рутила добывают в Австралии (0,2 млн. т). Примерно 5/6 ильменита добывают в Канаде (1,8 млн. т), Австралии (1,2 млн. т), ЮАР (1,1 млн. т) и Норвегии (0,7 млн. т). Крупнейшие действующие титановые рудники мира Аллард-Лейк (Канада), Ричардс-Бей (ЮАР), Телиес (Норвегия), Энибба и Кейпел (Австралия).

Титан еще дорог. На капиталистическом рынке цены на рутиловые концентраты за 1 т составляют более 500 дол., ильменитовые — более 40 дол., пигментный диоксид титана 1650 дол., губчатый титан, полученный из рутилового концентрата, — 12 240 дол.

**Ванадий.** В начале первой мировой войны для изготовления солдатских касок и щитков орудий использовали кремнисто-никелевую сталь. Вскоре однако выяснилось, что эти каски и щитки легко пробивались пулями и осколками снарядов. И тогда попробовали ванадиевую сталь (2 кг ванадия на 1 т металла, ванадий в то время был чрезвычайно дорог). Испытания на стендах показали, что ванадиевая сталь такой же

толщины, как и ее предшественница, совершенно непробиваема.

В годы Великой Отечественной войны и после нее использовали еще более прочную сталь, хромованадиевую.

Чистый ванадий — серебристо-белый очень ковкий металл. Ванадий и его сплавы обладают большой твердостью, жаропрочностью, вязкостью, высокими антикоррозионными свойствами. Ванадий применяется главным образом в черной металлургии для легирования сталей и чугунов. Для легирования конструкционных сталей обычно на 1 т стали идет 1—10 кг ванадия, а на хромованадиевые стали, употребляемые для изготовления быстрорежущих инструментов, — до 50 кг ванадия. Жаропрочные сплавы на титано-ванадиевой основе с добавлениями хрома, алюминия и кремния используются в самолетостроении, алюминиево-ванадиевые — в кораблестроении.

Элемент ванадий был открыт 150 лет назад в 1830 г. шведским химиком Н. Г. Сефстромом и назван по имени древнескандинавской богини красоты Ванадис. Чистый ванадий получают в наши дни электролитическим методом рафинирования.

Кларк ванадия в земной коре достаточно высок ( $1,5 \times 10^{-2}$  по массе), его больше, чем хрома, никеля, свинца, цинка, меди, но крупные скопления ванадиевых минералов встречаются редко. Известно более 40 ванадиевых минералов, но практическое значение имеют роскоэлит, или «ванадиевая слюдка» (19—29 % пентоксида ванадия), карнотит, или «урановая слюдка» (20 %), ванадинит (19 % петроксид ванадия) и другие.

Минерал роскоэлит назван в честь минералога Г. Э. Роско, выделившего металлический ванадий; карнотит — в честь французского горного инженера и химика М. А. Карно; ванадинит назван по составу.

Цвет роскоэлитовой руды серо-зеленый до черного (в зависимости от содержания в ней углистого вещества), карнотитовой — ярко-желтый или зеленовато-желтый, ванадинитовой — красный. Ванадий очень редко образует самостоятельные (роскоэлитовые) месторождения. Обычно он добывается при разработке комплексных руд — урановых (карнотитовых), сульфидных (свинцово-цинковых), титаномагнетитовых, а также извлекается при переработке фосфоритов, асфальтитов, битумов и нефти, углей и горючих сланцев, содержащих ванадий. В СССР почти все месторождения ванадия относятся к комплексным магматическим титаномагнетитовым и ильменит-магнетитовым рудам Урала, Карелии,

Забайкалья. В Казахстане известны месторождения роскоэлитовых руд.

Месторождения ванадия известны в 23 развитых капиталистических и развивающихся странах. Общие ресурсы пентоксида ванадия в этих странах в 1987 г. составили 90 млн. т (из них 2/3 размещены в ЮАР, Канаде, США), подтвержденные запасы равны 16,6 млн. т. Большая часть последних сосредоточена (в млн. т): в ЮАР — 14, США — 0,9, Новой Зеландии — 0,5, Австралии — 0,4.

Основным источником ванадия являются коренные титаномагнетитовые месторождения ЮАР (Бушвельд в Трансваале), Канады (Магпи-Маунтин); Бразилии (Кампо-Аллегреде-Лурдес) и Австралии (Баррамби). Крупные запасы ванадия сосредоточены в ванадийсодержащих нефте-битуминозных сланцах и песчаниках месторождений Канады (Атабаска) и Венесуэлы (оз. Маракайбо).

Добыча пентоксида ванадия в развитых капиталистических и развивающихся странах в 1986 г. составила 31 тыс. т, в том числе в ЮАР — 26 тыс. т, США — более 3 тыс. т. Потребление ванадия, например, в Японии достигло 6,4 тыс. т (впятеро выше добычи). Ванадий все еще дорог. Цена на мировом рынке за 1 т на металлургические сорта пентоксида ванадия составляют 7700 дол., на химические сорта — около 10 000 дол., на феррованадий (содержит не менее 35 % ванадия) — 15 600 дол. Интересно, что в 1907 г., когда мировая добыча ванадия составила 3 т, цена его была 50 тыс. руб. золотом за 1 кг (или 50 млн. руб. золотом за 1 т).

**Никель.** Иногда этот металл называют, и в какой-то мере справедливо, металлом войны. Ведь никелевая сталь идет на производство брони, орудийных стволов, коленчатых валов для авиационной промышленности. Е. Ф. Шнюков в книге «Мир минералов» писал, что когда в 1942 г. фашисты захватили Печенгу, они почти за долгие 3 года оккупации (до 15 октября 1944 г.) вывезли оттуда около 0,4 млн. т богатых никелевых (пентландитовых) руд. Германская промышленность за эти годы на 3/4 снабжалась рудой Печенги: Однако фашистским оккупантам дорого обходилось это мероприятие: за эти годы на «рудном пути» Кольский полуостров — Германия более 650 немецких боевых кораблей, транспортов (в том числе перевозивших никелевую руду) было уничтожено. Советский Союз решил никелевую проблему за счет Урала и Норильска. До войны (в 1935 г.) здесь был построен и горнообогатительный комбинат и первый рудник. Никель Норильска в эти тяжелые годы питал металлургическую промышленность СССР.

В конце прошлого и начале нынешнего века никель еще относился к очень редким металлам. Из него изготавливали кулоны и браслеты. Как химический элемент он был открыт и получил название в 1751 г. шведским химиком А. Кронстедтом. В 1775 г. другой швед — металлург Г. Бергман доказал, что никель — новый металл. В начале XIX в. французские химики Ж. Пруст и Л. Тенар получили относительно чистый никель, определили его магнитные свойства. Примерно в это же время (в 1804 г.) И. Рихтером были изучены и описаны его свойства: сопротивляемость коррозии, жаростойкость, высокая пластичность, ковкость, магнитные свойства.

Когда никель еще считался «драгоценным» металлом (конец XIX в.), были открыты крупные залежи его на вулканических и коралловых островах Тихого океана — Новой Каледонии. Никелевые компании капиталистического мира, в особенности французские и японские, проявили к этому сырью большой интерес. До 1900 г. никелевая промышленность Новой Каледонии занимала первое место в мире.

Никель — серебристо-белый тугоплавкий металл (температура плавления 1453 °С). По температуре плавления, плотности, теплопроводности никель очень близок к железу. Он тверд, гибок, ковок, тягуч, хорошо поддается полировке, химически малоактивен (не окисляется на воздухе до температуры 500 °С), стоек против кислот (растворяется лишь в азотной кислоте), воды, щелочей, аммиака, большинства неорганических солей, ряда органических веществ, растворов, красителей, лаков. Благодаря этим особенностям никель используют в металлургии — в производстве легированных сталей, в машиностроении, судостроении, авиастроении (в особенности в реактивной авиации), ракетостроении, при создании оборудования атомной промышленности, приборостроении, медицинского оборудования, в химической и пищевой промышленности, для изготовления щелочных аккумуляторов, для чеканки монет (вытесняет серебро). Он широко используется для никелирования изделий, изготовленных из железа, меди и других металлов (улучшает внешний вид, предохраняет от коррозии), в сплавах с другими металлами (железом, хромом, кобальтом, медью, алюминием). Сейчас известно более 3000 никелевых сплавов.

В природе имеется 45 никелевых минералов, но для получения никеля используются три: пентландит, или железоникелевый колчедан (сульфид никеля и железа, 22—42 % никеля), никелин (арсенид никеля, 44 %), гарниерит, или нунмет (силикат никеля, 46 % оксида никеля). Никелин имеет еще два названия — «красный никелевый колчедан» и «купферни-

кель» («медный дьявол»). Последнее название возникло в связи с тем, что еще в средние века саксонские рудокопы часто встречали скопления красноватых руд, которые принимали за медную руду, но выплавить медь из нее, как ни старались, так и не смогли (ведь температура плавления никеля почти на 400 °С выше, чем у меди). А когда шведский химик А. Кронстедт открыл в этом минерале новый элемент, он дал ему название никель (дьявол), отбросив «купфер» — медный.

Названия пентландит и гарниерит происходят от фамилии ирландского естествоиспытателя Дж. Б. Пентланда и французского инженера и минералога Ж. Гранье; нумейт назван по месторождению Нумеа в Новой Каледонии, где он был встречен и описан.

Промышленные месторождения представлены главным образом комплексными сульфидными медно-никелевыми (золотисто-красными блестящими рудами) и силикатными никелевыми (в основном зелеными рудами). Первые из них, помимо никеля и меди, обычно содержат кобальт, платиноиды, золото, серебро, теллур, селен. В силикатных рудах кроме никеля есть и кобальт. Минимальные кондиции никеля для медно-никелевых руд — 0,3 %, для силикатных — 0,6 %.

Известно два типа месторождений: эндогенные медно-никелевые месторождения, связанные с глубинными ультраосновными и основными породами (Норильское, Печенгское, Мончетундра, Садбери, норвежские и южно-африканские месторождения), и экзогенные силикатно-никелевые месторождения, развитые в корях выветривания серпентинитовых пород (месторождения южно-уральские, западно-казахстанские, кубинские, индонезийские и др.).

В СССР открыты и разведаны Норильско-Талнахское коренное медно-никелевое месторождение, Мончегорская (никелевое) и Печенгская (никелево-медно-кобальтовое) группы на Кольском полуострове, а также экзогенное Кротовское месторождение на Урале у г. Свердловска.

Большими запасами силикатных (экзогенных) никелево-кобальтовых руд обладает Куба. Небольшие запасы никеля имеются в Германии, Чехо-Словакии и Югославии.

Мировые общие запасы никеля на континентах составляют около 200 млн. т, из них более половины (110 млн. т) подтвержденные. Немногим менее половины (46 млн. т) подтвержденных запасов в 1987 г. приходилось на долю 29 развитых капиталистических и развивающихся стран. В основном они размещены в семи странах (в млн. т): Новой Каледонии (12,4), Канаде (8), на Филиппинах (5), в Индонезии (3,7), ЮАР (2,5), Австралии (2,3), Бразилии (2). В 1980 г. в связи

с освоением месторождений Кубы и Канады в два раза увеличилось ресурсы никеля.

В Канаде размещается уникальное магматогенное месторождение никелево-медных руд Садбери и крупное Томпсон. Уникально осадочное месторождение никелево-кобальтовых руд на юге о-ва Новая Каледония. Крупные месторождения никеля известны на Филиппинах, в Австралии, ЮАР, Греции, Бурунди, Гватемале, Индии, Колумбии.

Большая часть ресурсов никеля (60 %) приурочена к докембрийским образованиям (Балтийский щит; Канада, Австралия), примерно пятая часть ресурсов имеет герцинский возраст (Норильско-Талнахское, Кротовское месторождения). Значительные запасы приурочены к кайнозойской коре выветривания (Куба, о-ва Новая Каледония, Филиппины, Индонезия). Интересно отметить, что никель образует месторождения не только на континентах. Он содержится в железомарганцевых конкрециях океана.

Человек познакомился с никелем более 2 тысячелетий назад, когда во II в. до н. э. в Китае древние металлурги выплавляли металл «пакфонг» — сплав меди, цинка и никеля. «Пакфонг» попадал в другие страны, например, в страны, расположенные на месте нынешней Средней Азии. В Британском музее хранится Бактрийская монета из «пакфонга», выпущенная в 236 г. до н. э. Целенаправленное промышленное производство никеля началось в 1825—1826 г. в Швеции. В России первые месторождения силикатных руд были открыты уже в середине XIX в. Еще в конце прошлого века на Обуховском заводе в Петербурге стали производить высококачественную корабельную броню из никелевой стали.

Добыча никеля в 16 развитых капиталистических и развивающихся странах составила, по данным на 1986 г., немногим более 0,5 млн. т. Однако 56 % никеля добывалось на сульфидных медно-никелевых месторождениях Канады (0,2 млн. т) и Австралии. Из руд месторождений в корях выветривания поступало 44 % никеля. Эта добыча производилась в Новой Каледонии, Индонезии, Австралии. Цена 1 т рафинированного никеля на международном капиталистическом рынке 5000 дол., а катодного никеля — 7000 дол. (данные на 1987 г.).

**Кобальт.** История названия этого металла такова. В средние века в немецкой провинции Саксония добывались серебро, медь и другие металлы. Иногда горняки встречали руду явно не серебряную, но очень похожую на нее. Получить серебро из этой руды так никому и не удалось, а во время обжига из нее постоянно выделялся ядовитый газ, который отравлял

рудокопов. Руду стали называть «кобальдом», по имени коварного горного (или подземного духа), якобы поселившегося в этом металле. Так это название пришло к нам из глубины столетий.

Некоторые кобальтовые соединения, в частности яркие синие краски, были известны человечеству с очень отдаленных времен. Примерно уже пять тысячелетий назад они использовались в керамическом производстве Китая (знаменитый голубой фарфор), в Древнем Египте (синяя глазурь и стекло из гробницы Тутанхамона, окрашенное в синий цвет), в Ассирии и Вавилонии (синие стекла). Позднее секрет синей кобальтовой краски был утерян и восстановлен уже в средние века в Венеции, где производили синие венецианские стекла. В XVII в. синими кобальтовыми красками были расписаны сооружения Московского Кремля (Грановитая, Оружейная палаты, Архангельский и Успенский соборы).

Сам металл кобальт, который так и не удалось получить саксонским рудокопам, выплавил шведский химик Г. Брандт только в 1735 г. Он его назвал «корольком кобальда». А вскоре это название ученые заменили на название «кобальт», а затем на более удачное «кобальт».

Общая характеристика металла кобальта такова: тугоплавкий (температура плавления 1493 °С), ковкий, тягучий, устойчивый к коррозии (только при температуре 300 °С начинает покрываться тонкой пленкой оксида). И еще: кобальт имеет очень высокую точку Кюри, т. е. ту температуру, при достижении которой металл перестает быть магнитом. У кобальта это 1121 °С (для сравнения: у никеля точка Кюри 358 °С, у железа — 769 °С). Эта особенность кобальта привела к тому, что металл вошел составной частью в магнитные стали, «работать» которым приходится в разных условиях, при разных термических режимах. Кобальт широко применяется в металлургии в производстве различных сплавов, обладающих повышенной прочностью, жаростойкостью, тугоплавкостью, намагничиваемостью, устойчивостью к коррозии.

Сплавы кобальта с никелем, вольфрамом, молибденом, хромом применяются в производстве реактивных двигателей, ракет, газовых турбин, атомных реакторов. Здесь кобальт не имеет себе замены. Литые сверхтвердые (не поддающиеся истиранию и коррозии) сплавы кобальта, или стеллиты и победиты\* (с вольфрамом, железом, хромом, титаном, молиб-

\* Стеллиты (от слова «стелла» — заря) были открыты металлургической фирмой Хейнеса еще в 1907 г. Победиты изобретены русскими металлургами в 1929 г.

деном, углеродом, кремнием и др.) используются для производства фрез, сверл и других инструментов, а также в приборостроении (в измерительных приборах). Кобальт — составная часть всех жаростойких и быстрорежущих инструментальных сталей, используемых также и для изготовления зубчатых валов, шестерен, подшипников и т. д.

Радиоактивные изотопы кобальта, наибольшее значение среди которых имеет  $Co-60$  (17 г его эквивалентно 1 кг радия), широко применяются для установления дефектов в металлических изделиях, в металлургии (для контроля и регулирования расплавов в печах, уровня шихтового материала и т. д.). Добавление радиоактивного кобальта в стержень громоотводов позволяет притягивать и улавливать молнии в радиусе до 200 м. В медицине радиоактивный кобальт (в кобальтовой «пушке») используется для лечения злокачественных опухолей.

Известно более 100 кобальтсодержащих минералов, из них 27 — собственно кобальтовых, но промышленное значение имеют лишь несколько: кобальтин, или кобальтовый блеск (мышьяковистый сульфид кобальта, до 35 % кобальта), смальтин (арсенид кобальта, 28 %), линнеит (сульфид, 58 %), эритрин, или кобальтовые цветы розовые (арсенат кобальта, 37 %). Названия этих минералов имеют самые разные происхождения: кобальтин — по составу; смальтин — от смальты: так называлась густо-синяя кобальтовая краска (минерал — источник этой краски); эритрин — происходит от греческого слова «эритре», означающего розовый (красный) цвет; линнеит — в честь шведского натуралиста Карла Линнея.

Крупных кобальтовых месторождений нет. Обычно скопления кобальта наблюдаются лишь в комплексных рудах. Кобальтовые руды имеют, как правило, гидротермальное происхождение, вмещающими являются чаще всего кислые гранитные породы. Кобальт может накапливаться в промышленных концентрациях и экзогенным путем, иногда в коре выветривания ультраосновных пород. Содержание кобальта в рудах обычно не превышает десятых долей процента; в редких случаях — 1—2 %. Признаки этих руд: присутствие ярких арсенатов в зоне окисления (розовые эритрины, сочетающиеся с синими, зелеными арсенатами и карбонатами меди и черных налетов.

Кобальт в месторождениях СССР связан в основном с сульфидными и силикатными рудами никеля (извлекается из них попутно): в сульфидных медно-никелевых рудах месторождений Норильско-Талнахской, Печенгской и Мончегор-

ской групп, в силикатных никелевых рудах Среднего (Кротовское) и Южного Урала и Казахстана.

В социалистических странах крупные запасы кобальта приурочены к силикатным никелево-кобальтовым рудам Республики Куба, месторождения кобальта есть в КНР.

Общие мировые запасы кобальта (металла) на континентах составляют более 9 млн. т, в том числе в 24 развитых капиталистических и развивающихся странах, по данным на 1987 г., сосредоточено 6 млн. т. Подтвержденные запасы в этих странах составляют около 5 млн. т, при этом большая часть их размещена в недрах Заира (около 2 млн. т), Новой Каледонии (около 1 млн. т), Индонезии (0,5 млн. т).

Добыча кобальта в развитых капиталистических и развивающихся странах в 1986 г. составила около 28 тыс. т, из них более половины добыто в недрах Заира (14,5 тыс. т), а также Замбии (4,3 тыс. т), Канады, Австралии. Кобальт очень дорогой металл. Его стоимость на международном капиталистическом рынке составляет 25 тыс. дол. за 1 т.

**Вольфрам.** Это звучное название, как и название кобальта, впервые появилось столетие назад на рудниках Саксонии. Рудокопы искали минерал олова — касситерит, а вместе с ним зачастую встречали и минерал вольфрама — вольфрамит. Рудокопы видели, что это явный металл, но ввиду его тугоплавкости (у вольфрама температура плавления 3380 °С, а у олова около 232 °С!) ничего не могли с ним сделать. Рудокопы называли его «вольф раум», что означает «волчья пена» (возможно за нежелательное образование шлака при выплавке оловянных руд, содержащих вольфрам), «волчья пасть», «волчье брюхо» (возможно за то, что тугоплавкие минералы вольфрама словно пожирают минералы олова: при обогащении оловянных руд они снижают выход получаемого олова). Таково происхождение названия, данного металлу задолго до его открытия. Элемент был предсказан К. В. Шееле (химиком) в 1781 г. при анализе минерала тунгстена («тяжелый камень»), названного позднее шеелитом. Впервые вольфрам был получен через 2 года испанскими химиками братьями Дон Фаусто и Дон Хуан Хозе Эльюар. Но только спустя почти 100 лет после открытия вольфрам нашел свое применение в промышленности, когда научились производить вольфрамовую быстрорежущую сталь. Вольфрам добавляется в сталь, используемую для изготовления брони танков, для оружейных стволов, наконечников бронебойных снарядов. Во время второй мировой войны фашистские режимы Испании, Португалии и Турции помогали гитлеровской Германии преодолеть вольфрамовый «голод». В 50-е гг. возникали конфликты между

капиталистическими странами (США, Японии) за овладение вольфрамовыми рудниками Южной Кореи, а войска чанкайшистов в начале 50-х годов неоднократно нападали на районы месторождений вольфрамовых руд в Бирме и добычу вывозили на о-в Тайвань.

Каждый вечер мы включаем электрическую лампочку и без нее уже не представляем свою жизнь. Устройство ее знакомо всем. Нить накала в ней — двойная спираль из вольфрама (здесь температура нагрева достигает 2000 °С). В любой лампе (вакуумной или заполненной газом) обязательно остается хотя бы очень малое количество кислорода и водяного пара. На раскаленной до 2000 °С нити вольфрама пар разлагается на кислород и водород. Первый, соединяясь с частичками вольфрама, образует оксид, который осаждается на стенке. Холодная стенка баллона способствует тому, что водород забирает кислород, а вольфрам восстанавливается. Процесс повторяется многократно. Вольфрамовая спираль постепенно делается тоньше, а стенки лампочки покрываются темным налетом вольфрама. Лампочка светит все хуже и хуже. Наконец она перегорает, и мы заменяем ее новой. Кстати, использование вольфрамовой нити в лампах накаливания — заслуга русского изобретателя А. Н. Лодыгина, выдвинувшего эту идею еще в 1900 г., но только в 1906 г. вольфрамовый волосок вытеснил угольный, применявшийся в первых электрических лампочках.

Итак, что же такое вольфрам? Это серебристо-белый металл, самый тугоплавкий из всех металлов (температура плавления около 3380 °С, кипения 5930 °С), очень ковкий и тягучий (при температуре 1600 °С хорошо куется и вытягивается в тончайшую нить до 0,002 мм, из 250 г можно изготовить нить в 100 км), химически стоек и почти нерастворим в кислотах, слабо магнитен. Добавки этого металла повышают прочность, твердость и упругость сталей, их кислотоупорность, тугоплавкость, сопротивление к растяжению и разрыву (примерно в 5—6 раз), уменьшает способность металла к намагничиванию. Эти стали используются для изготовления быстрорежущих и долбежных инструментов, пружин, штампов, бронеплит, орудийных стволов, броневых башен танков, бронебойных снарядов и т. д. На 1 т стали нужно до 10—30 кг вольфрама.

Впервые вольфрамовая сталь была получена англичанином Р. Мюшетом в 1864 г., а в 1896 г. на Путиловском заводе В. Липиным была выплавлена уже в промышленных масштабах вольфрамовая сталь. В 1907 г. были получены твердые сплавы вольфрама, хрома и кобальта — стеллиты, а позднее



(при температурах 1200 °С) сплавы вольфрама с углеродом — карбиды, с азотом (при температуре 2000 °С) — нитриды, с бором — бориды. Это сверхтвердые сплавы, почти не уступающие алмазу. Все они применяются для покрытия режущих частей лемехов, лопастей турбин, ножиц для горячей резки, экскаваторного оборудования и т. д. Жаропрочные сплавы применяются в самолетостроении и ракетостроении. В связи с этим вольфрам и молибден, а также рений в зарубежной литературе иногда называют «лунными металлами» (материалы реактивной и ракетной техники).

Чистый вольфрам и его сплавы с цветными металлами применяются в электротехнике и медицине. Вольфрам в атомных реакторах используется в качестве защиты от радиации. Его соединения идут для изготовления светоустойчивых красок, лаков, водоустойчивых и огнестойких тканей. Сейчас примерно половина добываемого в мире вольфрама используется для производства карбидов вольфрама, примерно пятая часть — для изготовления конструкций в ракетной, ядерной и электронной технике (листовой прокат, диски), примерно восьмая часть — для производства жаропрочных и сверхтвердых сплавов с цветными металлами.

Известно 22 вольфрамовых минерала, но промышленными являются лишь соли вольфрамовой кислоты — вольфрамит, шеелит, гюбнерит, ферберит. Откуда происходят названия вольфрам, вольфрамит и шеелит мы уже знаем. Гюбнерит назван в честь немецкого горного инженера А. Гюбнера из Фрейберга (Саксония), а ферберит — в честь естествоиспытателя Р. Фербера. Основные месторождения вольфрама эндогенные (пегматитовые и гидротермальные) и генетически связаны с кислыми (гранитными) магмами варисского, киммерийского или альпийского времени. Обычно месторождения вольфрама являются комплексными вольфрамо-оловянными, иногда и молибдено-вольфрамо-оловянными. Поэтому и поисковые признаки вольфрамовых руд близки таковым оловянных руд. Обычно все они приурочены к кварцевым жилам, обогащенным светлой слюдой. Для этих жил характерно окварцевание вмещающих пород. Вольфрамитовые жилы, содержащие минералы вольфрама в виде призматических и таблитчатых кристаллов со штриховкой на гранях, от желтого и красновато-коричневого до черного цвета, обычно не поддаются выветриванию и выступают в форме гребней на сопках, холмах. В этих жилах кварц обычно серый со слабым фиолетовым оттенком. Жилы располагаются, как правило, по периферии гранитных массивов.

В Советском Союзе вольфрамовые месторождения распо-

лагаются в Центральном Казахстане, Узбекистане, Забайкалье, на Северном Кавказе, в Якутии, на Дальнем Востоке. Самые известные из них Восток-2 (Приморье), Джидинское (Забайкалье), Аляскитовое (верховья Индигирки), Урзарсайское (у границы с Монголией), Енашилинское (верховья Енисея), Тырнауз (на Северном Кавказе), Бошекуль (Северный Казахстан), Восточный Коунрад (к северу от озера Балхаш).

Крупные запасы вольфрама имеются в КНР и КНДР.

Выявленные ресурсы вольфрама, по данным на 1988 г. (в пересчете на триоксид вольфрама), развитых капиталистических и развивающихся стран составляют 4 млн. т, общие запасы 2 млн. т, в том числе подтвержденные запасы вольфрама в недрах 30 стран 1,7 млн. т. Наиболее крупными запасами располагают Канада (0,7 млн. т), США (0,25 млн. т), Австралия, Южная Корея, Турция, Великобритания (все примерно по 0,1 млн. т).

Мировое производство вольфрамового концентрата (в пересчете на металл) в 1986 г. составило 32,5 тыс. т, в том числе в социалистических странах — 22 тыс. т (в основном в КНР и СССР), в развитых капиталистических и развивающихся странах — 10,8 тыс. т (из 28 стран главным образом в Канаде, Южной Корее, Боливии, Австралии, Бразилии и Португалии).

Вольфрам — дорогой металл. Цена триоксида вольфрама на капиталистическом рынке составляет 8—10 тыс. дол. за 1 т.

**Молибден.** Серебристо-белый металл, очень похожий по многим своим качествам на вольфрам. Он тугоплавок (температура плавления 2620 °С, кипения — 4830 °С), прочен, ковкий, тягуч. Молибден хороший проводник электричества (хотя в три раза уступает меди). В промышленном производстве он часто заменяет вольфрам.

Примерно 90—95 % добываемого металла используется в металлургии, в основном в качестве легирующей добавки в стали и специальные сплавы. Добавки повышают закаляемость стали, придают ей однородную мелкокристаллическую структуру, увеличивают ее пластичность, прочность, износостойкость и вязкость. Легированные молибденом стали разделяются на легированные, или конструкционные стали общего назначения (на 1 т стали расходуется 2—5 кг, а в редких случаях до 10 кг молибдена) и легированные стали специального назначения. К последним относятся нержавеющие, жаропрочные (на них расходуется от 10 до 70 кг молибдена), быстрорежущие (содержат до 80 кг молибдена). Легированные молибденом конструкционные стали используются в автомобильной, тракторной, авиационной промышленности,

в котлостроении и турбостроении. Закаленные стали высокой прочности и пластичности применяются для изготовления брони и орудийных стволов. Около половины молибдена в мире идет на производство сплавов и четверть — стали.

Впервые молибденовая сталь (3,7 % молибдена) была выплавлена на Путиловском заводе в Петербурге в 1886 г., но само использование молибдена в выплавке сталей имеет более длительную историю. Еще в начале прошлого века уральский металлург П. П. Амосов, расшифровывая загадку древних самурайских мечей, выяснил, что в состав сплава, из которого они сделаны, входит молибден. При армировании молибденом крепость никеля и кобальта повышается в 20 раз, титана — в 100 раз. Молибден применяется в приготовлении сверхтвердых сплавов-стеллитов.

Чистый металл используется в радиотехнике и электротехнике, в радиолампах, рентгеновских трубках, в ракетостроении, при изготовлении деталей атомных реакторов, а примерно двадцатая часть добываемого металла — в химической, нефтеперерабатывающей, керамической, стекольной и текстильной промышленности, в медицине. Так, например, триоксид молибдена идет для очистки нефтепродуктов от вредных примесей; добавки этого металла к стеклу придают ему тугоплавкость, сплав «комохром» (кобальт, молибден, хром), безвредный для организма человека, употребляется в хирургии для замены поврежденных суставов.

Известно 20 молибденовых минералов, но 98 % молибдена добывают из молибденита, или молибденового блеска (дисульфид, 60 % металла). Этот минерал по внешнему виду напоминает галенит, свинцовый блеск (известный издавна), поэтому за ним и закрепилось название «молибдос», что по-гречески означает свинец. С другой стороны молибденит похож на графит (он состоит из мельчайших чешуек, оставляющих зеленовато-серый цвет на бумаге), поэтому в далеком прошлом он, наряду с графитом, использовался в качестве грифеля. По-гречески карандаши — «молибдос».

В 1778 г. шведский химик К. В. Шееле выделил молибденовую кислоту, а в 1781 г. швед П. Я. Гьельм, у которого была высокотемпературная печь, по просьбе К. В. Шееле, выплавил металл. Молибден более высокой чистоты был получен спустя еще четыре десятилетия Й. Я. Берцелиусом. Практическое применение молибден получил в XX в.

Промышленные скопления молибдена, как и вольфрама, генетически связаны с кислыми — гранитными изверженными породами. Известны месторождения трех типов: молибденовые, медно-молибденовые, вольфрам-молибденовые. В СССР

широкой известностью пользуются месторождения Умальтинское, Джидинское, Давендинское, Шахтаминское, Жирекенское и Ореkitканское в Забайкалье; Тырныауз на Северном Кавказе и Каджаран в Закавказье; Сорское в Красноярском крае; Коктенкольское и Восточно-Коунрадское в Казахстане.

Месторождения молибдена распространены в районах Центрального и Южного Китая; наиболее крупное из китайских месторождений — Фаньцы (в 150 км юго-западнее Пекина). Месторождения молибдена известны в Болгарии и Югославии.

Общие запасы молибдена в развитых капиталистических и развивающихся странах, по данным на 1988 г., оцениваются в 11,6 млн. т, в том числе подтвержденные около 8 млн. т. Большая часть запасов (94 %) сосредоточена на американских континентах, где общие запасы (в млн. т) составляют: США — 4,6, Чили — 2,6, Канады — 1,5. В США размещаются крупные собственно молибденовые порфиновые месторождения — Клаймакс и другие, комплексные меднопорфиновые Сьеррита, Бингхем и др. В Чили известны комплексные меднопорфиновые месторождения Чукикамата, Андина, в Канаде — уникальное собственно молибденовое месторождение — Ондако, несколько комплексных меднопорфиновых крупных месторождений. Аналогичные крупные месторождения размещаются в Перу и Мексике.

Производство молибдена в 12 развитых капиталистических и развивающихся странах в 1986 г. составляло 78 тыс. т (по содержанию металла в концентрате), из них (тыс. т): в США — 41, Чили — 17, Канаде — 12. В США значительная часть молибденовых концентратов добывается в последние десятилетия из месторождения Клаймакс (среднее содержание молибдена 0,21 %). Молибден — единственный из легирующих металлов, который в США добывается в избытке. Цена на молибден на мировом капиталистическом рынке составляет 7 тыс. дол. за 1 т металла.

**Цирконий.** Во Франции, в Восточных Пиренеях у г. Монлун, уже много лет работает Лаборатория солнечной энергии. Неподалеку от нее действуют две солнечные печи, снабженные: первая зеркалами в диаметре до 12 м, другая — 40—50 м в диаметре. Солнечные лучи, собранные в пучок, идут в плавильную печь, где температура поднимается до 3500 °С. В одной из этих печей выплавляются из руды до 2,5 т циркония в день.

Цирконий — серебристо-белый металл, внешне очень напоминает обычную сталь. Имеет высокую температуру плавления (1855 °С), обладает более высокими антикоррозий-

ными свойствами, чем у тантала и ниобия. Применяется в качестве легирующей добавки к сталям, из которых изготавливают быстрорежущие инструменты. Высокая прочность и хорошая свариваемость обусловили использование этих сталей в кораблестроении. Цирконий идет для получения легких жаростойких магниево-циркониевых сплавов. Из сплавов циркония с медью, никелем, кобальтом изготавливают режущие инструменты, сварочные электроды, химическую аппаратуру. Из сплавов циркония делают хирургический инструмент и даже нити для наложения швов при сложных операциях (на мозге). Карбид циркония (цирконий с углеродом) используется для изготовления стеклорежущих инструментов. Металлический порошок циркония применяется в пиротехнике, а кристаллы циркониевого свинца — как пьезокристаллы (они не меняют пьезооптических свойств до 300 °С).

Цирконий открыт немецким химиком М. Г. Клапротом в 1789 г. одновременно с ураном. Уран используется для изготовления стержней для атомных установок, а из циркония изготавливают оболочки этих стержней — твэлов (он хорошо поглощает нейтроны и имеет высокую жаропрочность). Металлический цирконий получен в 1824 г. шведским химиком Й. Я. Берцелиусом путем восстановления фторцирконата калия натрием. Чистый же металл получен через 100 лет (в 1925 г.) термической диссоциацией йодида циркония. Промышленное освоение металла произошло в середине XX в.

Цирконий входит в состав 30 минералов, но только два из них можно отнести к промышленным: циркон (силикат, 60 % циркония), бадделит (диоксид, 74 %). Само название цирконий происходит, очевидно, от персидских слов «цар» — золото и «гун» — цвет, иными словами, название предполагает красоту, цвет минерала. И на самом деле циркон имеет золотистую, оранжево-желтую окраску. В давние времена он служил в качестве украшений и амулетов (гиацинт, яхонт, яцинт, яргон и др.). Название минерала бадделит дано в честь Дж. Баддели, доставившего первый его образец с острова Шри-Ланка.

Наибольшее количество циркония наблюдается в щелочных породах (сиенитах) и пегматитах. Известно два основных типа промышленных месторождений — россыпные и коренные (пневматолито-гидротермальные). Среди россыпей важнейшими являются прибрежно-морские (современные и древние). Они разрабатываются при содержании циркона до 8—10 кг на 1 м<sup>3</sup> породы.

Мировые разведанные запасы циркония составляют 48 млн. т. За 80-е гг. они удвоились за счет обнаружения место-

рождений в Австралии и ЮАР. Среди развитых капиталистических и развивающихся стран крупными запасами обладают Австралия, Индия, США (Флорида), Бразилия (циркониево-урановые месторождения плато Посус-ди-Калдас). Добыча циркония в капиталистических и развивающихся странах на начало 70-х гг. составляла приблизительно 0,3 млн. т, из них около 60 % приходится на Австралию, 30 % — на США, остальное — на Бразилию, Индию, ЮАР и др.

**Ниобий и тантал.** Эти два исключительно тугоплавких металла обычно находятся рядом в месторождениях, и у них часто одна область применения.

Ниобий — металл серовато-белого цвета, тугоплавкий (температура плавления 2469 °С, кипения — 4842 °С), твердый, ковкий, тягучий, легко растягивающийся в тонкую проволоку. Добавка ниобия к стали и сплавам повышает их прочность и пластичность в условиях высоких температур. Впервые ниобий стали использовать в качестве легирующей добавки в 1925 г. (США). Сплав ниобия с алюминием или с хромом отличается кислотоустойчивостью и большой твердостью, а сплавы его с железом или никелем применяются в производстве высокопрочных материалов, идущих на изготовление деталей ракетных и турбореактивных двигателей, судовых винтов. Из ниобия и жаропрочного ниобиево-циркониевого сплава изготавливают оборудование для атомных реакторов, контейнеров для хранения радиоактивных материалов. Ниобий применяется и в хирургии.

Тантал — светло-серый металл с синеватым оттенком, тугоплавкий (температура плавления 2996 °С, в чем уступает только вольфраму и рению; температура кипения — 5300 °С), кислотоупорный, тягучий и ковкий. При термической обработке приобретает высокую твердость. Обладает свойством пропускать электрический ток только в одном направлении (применяется в выпрямителях переменного тока). Из тантала и его сплавов изготавливают режущие инструменты, нержавеющие части машин, волоски ламп накаливания, детали электронных ламп, фильтры для протяжки целлюлозных нитей, покрытия внутренних стенок реакторов, лабораторную посуду (вместо платиновой). Тантал применяется в хирургии для замены поврежденных суставов, костных тканей черепа и для скрепления сухожилий.

Сплавы ниобия с цирконием и танталом, благодаря их термостойкости — материалы для изготовления корпусов космических кораблей, ракет, управляемых снарядов. А сплавы тантала (90 %) с вольфрамом (10 %), выдерживающие температурный режим до 2500—3000 °С, применяются для про-

изводства выхлопных труб, форсунок, деталей систем газового контроля и других узлов космических кораблей. Тантал, подобно ниобию, отличается сверхпроводимостью и используется в электронных приборах — переключателях ЭВМ.

Карбиды тантала и ниобия приближаются по твердости к алмазу и обладают чрезвычайно высокой тугоплавкостью. Самые тугоплавкие из всех веществ на Земле сегодня — это твердый раствор карбидов тантала и гафния, температура плавления которого 4215 °С! Благодаря своим свойствам и внешней красоте тантал в ювелирных изделиях иногда заменяет платину (но тантал в 15 раз дешевле). Он идет на изготовление часов, браслетов. Международное бюро мер и весов во Франции и Бюро стандартов в США теперь используют тантал вместо платины для изготовления эталонов высокой точности.

В природе известно около 120 минералов, содержащих ниобий и тантал, но только некоторые из них являются промышленными: ниобий добывается из колумбита (до 77 % пентоксида ниобия, есть тантал), лопарита (11 % пентоксида ниобия), пирохрола (до 65 % пентоксида ниобия и 5 % тантала); тантал из танталита (до 84 % пентоксида тантала). Все эти минералы очень сложные оксиды.

В середине XVII в. в бассейне р. Колумбии (Северная Америка) был найден образец тяжелого черного минерала с золотистыми прожилками слюды, который вместе с другими штуфами минералов и горных пород был отправлен в знаменитый Британский музей. Полтора века он пролежал в витрине с этикеткой «железная руда». И только в 1801 г. английский химик Ч. Хатчет заинтересовался этим образцом, сделал его химический анализ и, наряду с другими известными, выделил в нем совершенно неизвестный новый элемент, назвав его колумбием (в честь реки, из долины которой он был доставлен). А спустя год, в 1802 г., шведский исследователь А. Экеберг в одном из минералов из Скандинавских гор нашел новый элемент, назвав его в честь фригийского царя Тантала танталом. Название это как бы символизирует муки химиков, тщетно пытавшихся растворить этот элемент в кислотах («танталовы муки»). В чистом виде тантал получен в 1903 г. немецким химиком В. фон Болтоном и тогда же стал использоваться в качестве нитей накаливания в электроосветительных приборах, а в 1902 г. в США был получен первый промышленный тантал (мировая добыча тогда составила всего несколько граммов).

В 1844 г. немецкий химик Г. Розе доказал, что минерал колумбит содержит два элемента-близнеца: и тантал, и колум-

бий, причем последнему он присвоил имя ниобий (Ниоба в древнегреческой мифологии дочь Тантала, богиня сомнений и страданий). Но еще долгое время в одних странах этот элемент именовали ниобием, а в других — колумбием и лишь после решения Международного союза чистой и прикладной химии в 1950 г. было четко определено название — ниобий. Название минерала пирохлор происходит от греческого «пир» — огонь и «хлорос» — зеленый, связано с приобретением им зеленой окраски после прокаливания; лопарит (по названию народности: саами или лопари) известен только в единственном районе мира — на Кольском полуострове.

Ниобий и тантал чаще связаны с кислыми — гранитными магматическими породами. Их коренные месторождения обычно приурочены к пегматитам или пневматолито-гидротермальным образованиям. Но часто их минералы накапливаются в аллювиальных россыпях (касситерит-танталовых, колумбитовых).

Общие запасы пентоксида ниобия в 11 развитых капиталистических и развивающихся странах, по данным на 1987 г., оцениваются в 15 млн. т, подтвержденные составляют треть от общих. Большая часть запасов размещена в Бразилии (около 13 млн. т общих и 4,8 млн. т подтвержденных).

Общие запасы пентоксида тантала на 1987 г. в этой же группе стран в недрах 15 государств оцениваются в 150 тыс. т, подтвержденные также составляют треть общих. Главные запасы тантала размещены в Канаде (22 тыс. т), Бразилии (2 тыс. т), Австралии (21 тыс. т), Египте (около 19 тыс. т).

Запасы ниобия и тантала в Бразилии сосредоточены в уникальном тантало-ниобиевом месторождении Араша (верховье р. Риу-Гранди), в крупном бериллиево-танталовом месторождении Тапира. В Канаде известностью пользуются крупные ниобиевые и тантало-ниобиевые месторождения Ока (Квебек), Сент-Оноре (Онтарио). Крупные танталовые месторождения размещены в Австралии, Мозамбике и Таиланде.

Производство ниобиевых концентратов в 1986 г. (в пересчете на металл) в 10 развитых капиталистических и развивающихся странах составляло 15 тыс. т, из них большая часть приходится на Бразилию — 12,7 тыс. т и Канаду — 2,2 тыс. т, производство танталовых концентратов (в пересчете на металл) в 14 странах достигла 0,45 тыс. т. Из них значительная часть приходится на долю Таиланда, Австралии и Бразилии.

Оба металла дорогие. Так, на капиталистическом рынке цена 1 т металлического ниобия составляет примерно 15—20 тыс. дол., а металлического тантала даже 80—200 тыс. дол.

**Алюминий.** По объему мирового производства алюминий

занимает второе место после железа. Еще недавно его называли крылатым металлом. В основном из алюминиевых сплавов сделаны самолеты ИЛ-18, ТУ-134, ИЛ-62, «Антей» и др. Из сплавов алюминия изготавливают корпуса ракет. Но в области «крылатой техники» алюминий сдает свои позиции: сверхзвуковая авиация (например, англо-французский «Конкорд» и другие воздушные корабли) используют сплавы жаропрочных металлов. Алюминий завоевывает признание как строительный материал: конструкции из алюминиевых сплавов, крыши и оконные рамы в зданиях, внутренняя отделка современных станций метро.

Путь человека к алюминию был очень долгим.

Около 1900 лет назад Плиний Старший впервые назвал квасцы, применявшиеся для протравки при окраске тканей, «алумен». Спустя 1500 лет швейцарский натуралист Парацельс установил, что в состав квасцов входит оксид алюминия, который назвали глиноземом, а в 1556 г., через 15 лет после смерти Парацельса, глинозем был получен уже в чистом виде. В XVII в. химики пытались выделить из квасцов новый неизвестный металл. Английский исследователь Г. Деви получил сплав алюминия с железом и дал ему имя — алюминий. Впервые же чистый алюминий был извлечен из боксита датским ученым Г. Эрстедом в 1825 г. В 1854 г. французский химик С.-К. Девилл разработал промышленную технологию получения алюминия, а русский химик Н. Н. Бекетов в 1865 г. усовершенствовал ее. И все же еще в 60-е гг. прошлого века алюминий причислялся к редким и даже «драгоценным» металлам и стоил дороже золота. Промышленно доступным он стал только после открытия электролитического способа (1886 г., авторы француз П. Эру и американец Ч. Холл). И хотя в 1890 г. в мире выплавляли 193 т алюминия, цена на него была еще высокой и составляла 45000 тыс. руб. золотом за 1 т, а сегодня она несколько больше 1500 дол.

Алюминий — металл серебристо-белого цвета, легкий (плотность 2,7 г/см<sup>3</sup>), его температура плавления 660 °С, кипения — 2486 °С. Металл характеризуется высокой электропроводностью, теплопроводностью, хорошей пластичностью, механической прочностью, антикоррозийностью. Все эти свойства алюминия сохраняются и в сплавах. Сплавляется со всеми металлами, кроме свинца (дюралюминий, магнал, электрон, кольчугалюминий, силумин и др.). Важнейшими промышленными сплавами являются дюралюминий (помимо алюминия в него включены до 3,4—4 % меди и по 0,5 % марганца и магния), силумин (алюминий и кремнезем). Алюминий и его сплавы применяются в автомобильной

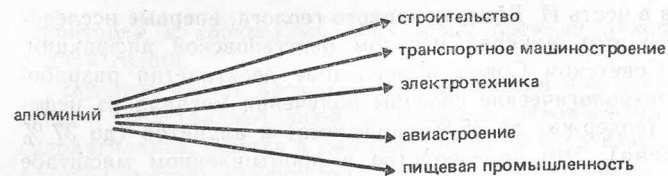


Рис. 8. Области использования алюминия

промышленности (масса алюминиевых деталей в каждом автомобиле от 70 до 100 кг), в производстве железнодорожных вагонов, вагонов метро, автоцистерн, речных и морских судов, при сооружении мостов, для изготовления нефтяных и буровых вышек, ЛЭП, трубопроводов (работающих в морской воде), газопроводов, стрел подъемных кранов, строительных лесов, в электропромышленности. Используются они и в атомных реакторах для изготовления защитной оболочки тепловыделяющих элементов, трубопроводов и других вспомогательных конструкций горячей зоны реакторов.

Созданы ткани с алюминиевым покрытием, пропускающие свет, но задерживающие тепло. Эти ткани можно широко использовать для пошива производственной одежды.

Многочисленны «профессии» алюминия (рис. 8). Из алюминия и его сплавов изготавливают более 500 тысяч изделий. В электропромышленности, например, 1 т алюминия заменяет 2 т меди или 4 т свинца, идущих на обмотку моторов, трансформаторов, на изготовление кабелей и проводов линий высоковольтных передач. В виде порошка металл используется для ракетного топлива (США).

Поскольку блеск металлического алюминия не уступает ни серебру, ни ртути, зеркала крупных телескопов покрывают сейчас уже не серебром, а распыляют на них алюминий, отражательная способность которого уникальна. Алюминием с чистотой «пять девяток» (особо чистый) покрыто главное зеркало самого большого в мире советского шестиметрового оптического телескопа.

Алюминий самый распространенный металл (его кларк составляет 8,13 %). Он входит в состав почти всех пород, но промышленные скопления образуются нечасто. Основным источником алюминия служат бокситы (до 28—70 % глинозема), в состав которых входят минералы диаспор, бёмит (до 85 % глинозема), гидраргиллит (65,4 % глинозема). Название диаспор происходит от греческого — рассыпаться (минерал растрескивается при нагревании); минерал бёмит

назван в честь И. Бёма, немецкого геолога, впервые исследовавшего этот минерал методом рентгеновской дифракции.

В Советском Союзе в последние десятилетия разработаны технологические способы получения металла из нефелинов (содержат до 35 % глинозема) и алунитов (до 37 % глинозема). Это производство в промышленном масштабе освоено впервые в мировой практике в СССР в 1949 г. на базе нефелиновых руд Кольского полуострова на Волховском алюминиевом заводе.

При их переработке получают не только алюминий, но и цемент, соду (из 1 т глинозема вырабатывают 0,9 т содопоташной смеси, 10 т цемента, стоимость которых в 2—3 раза меньше, чем стоят эти продукты на специальных цементных и содовых заводах), а при производстве 1 т глинозема из алунитов — 10,5 т серной кислоты, сульфат калия, хлористый натрий и другие продукты.

В последние годы разработан электротехнический способ получения алюминия из силлиманитовых, андалузитовых, кианитовых кристаллических сланцев (до 63 % глинозема), гнейсов и каолинов. За рубежом (США, ФРГ) имеются опытные предприятия по производству алюминия из низкосортных глин, содержащих металл в пределах 6—10 %, что соответствует его кларку.

Боксит — назван по месту первоначальной его находки у французской деревни Ле-Бо (в Провансе). Нефелин (алюмосиликат) в переводе с греческого — облако (при взаимодействии с азотной кислотой дает «облако» кремнезема). Иногда его еще называют масляный камень (или элеолит) — за характерный жирный блеск. Алунит (сульфат алюминия) вначале назывался алюминилитом (алюминиевым камнем), а затем название это сократилось до алунита и превратилось в более удобное — алунит.

Бокситовые месторождения образуются в результате экзогенных процессов (осадочные и остаточные месторождения) и только в условиях влажного теплого (тропического) климата, когда усиливается глубокое химическое выветривание горных пород, содержащих повышенное количество алюминия. При этом происходит вынос химически подвижных соединений и накопление на месте практически неподвижных соединений алюминия, железа, марганца, титана или кварцевых зерен. В зависимости от преобладания того или иного элемента образуются остаточные месторождения определенного вида. Поэтому при поисках месторождений важно бывает знать три момента: климатические условия прошлого на данной территории, состав и возраст горных пород на изучаемой

территории и конкретную обстановку времени накопления рудной толщи.

Бокситы имеют преимущественно латеритное происхождение и представляют собой смесь гидроксидов алюминия — гидраргиллита, бёмита и диаспора. Встречаются в виде трех разновидностей: каменистой, рыхлой, глиноподобной. Чаще всего по цвету эти породы красные и темно-красные. И еще одна особенность: они имеют бобовое строение: внутри краплены образования более темного (темно-красного, темно-коричневого) цвета.

Нефелины генетически связаны с магматическими породами щелочного состава, а алуниты — с вулканическими породами, образовавшимися в областях молодого вулканизма; дистен, силлиманит, андалузит связаны с метаморфическими породами.

Среди многочисленных бокситовых месторождений в нашей стране наиболее известны Тихвинское (первое бокситовое месторождение страны, открыто в 1916 г.; истощено), Красная Шапочка (Североуральск), Южно-Уральское, Аркалыкское (Тургай), Майбалыкское (г. Целиноград), Северо-Онежское.

Интересна история открытия месторождения Красная Шапочка. В 1913 г. геолог Н. А. Коржавин, просматривая образцы руд, хранившиеся в 113 шкафах музея г. Красноуральска (на Урале), установил, что «убогие железные руды» Богословского района, открытые академиком Е. С. Федоровым еще в конце прошлого века, являются вовсе не железными рудами, а высококачественными бокситами, содержащими 47,5 % глинозема. Боксит этот имел форму шаровых красных образований величиною от 30 см до полуметра. Это и дало основание для названия месторождения Красная Шапочка.

Важнейшими нефелиновыми месторождениями являются Тутек-Деонасу (долина р. Вахш), Тежсарское (у Еревана), Горячегорское (Красноярский край), Вишневогорское (на Урале), Ишимское (в Казахстане), Покрово-Киреевское (Приазовье) и другие. Среди алунитовых месторождений выделяются два — Загликское (Армения) и Босога (Казахстан).

Месторождения алюминиевого сырья известны в Югославии (общие запасы до 0,2 млрд. т), Китае (около 0,2), Румынии, Венгрии (до 0,2 млрд. т). Важнейшие рудоносные районы с высококачественными бокситами в Венгрии — горы Баконь, Вертеш и Виллань; в Румынии — район Бихорских гор, нефелины в Восточных Карпатах. Среди месторождений

бокситов в Китае наибольшие в низовье р. Хуанхэ, алуни-тов — крупные у г. Ухань и г. Нанкина.

Общие запасы бокситов, подсчитанные в 1987 г. в недрах 40 несоциалистических стран, составили 60 млрд. т (суммарные ресурсы — 76 млрд. т), подтвержденные запасы — 28 млрд. т. Львиная доля общих запасов размещена в (млрд. т): в Гвинее (21), Бразилии (около 6), Австралии (5,5), Индии (3,5), Мали (2,2), Камеруне и Суринаме (по 2), на Ямайке. В каждой из этих стран выделяются по два-три уникальных месторождения.

Современная металлургия алюминия основана на электролизе постоянным током глинозема, растворенного в расплавленном криолите. Из 4 т боксита получают примерно 1 т металлического алюминия и до 3 других полезных материалов, при этом расходуется до 15—18 тыс. кВт·ч электроэнергии, что превышает ее удельный расход на выплавку рафинированных меди и свинца в 5—10 раз. Но существует и электро-термический способ производства алюминия, основанный на восстановлении алюминия углеродом при температуре выше 2100 °С с образованием карбида алюминия.

Мировая выплавка первичного алюминия в 1986 г. составила по зарубежным данным 15,6 млн. т, в том числе в СССР 2,3 млн. т. В развитых капиталистических и развивающихся странах добыча бокситов осуществлялась в 34 государствах (в Австралии в 1986 г. было из 73,3 добыто 32,4 млн. т), откуда это сырье вывозилось в другие страны.

Цена на первичный алюминий в США составляет 1600 дол. за 1 т. Цена на бокситы равна 2 % стоимости первичного алюминия (30 дол. за 1 т), на глинозем до 350 дол. за 1 т.

**Магний.** Это один из самых распространенных элементов на Земле. Он есть везде и в больших количествах. Его кларк 2,1 %. Известно более 2 тыс. минералов, содержащих магний (а всего минералов чуть более трех тысяч). Много магния на суше и невероятно много его в воде океанов. С. И. Венецкий подсчитал, что, если бы мы могли добывать магний каждую секунду по 1 млн. т, то для извлечения его из морской воды понадобилось бы почти 2000 лет. Но даже в годы максимального производства этого металла из морской воды — в период второй мировой войны — добывалось всего 80 тыс. т в год. Магний содержится во всех организмах. Так, в растениях он находится в хлорофилле в количестве 2 %, а в сумме это около 100 млрд. т. В каждом живом организме средних размеров количество магния составляет от 20 до 40 г. Он необходим человеку и при некоторых заболеваниях: врачи назначают лекарства, содержащие магний.

Магний — это серебристо-белый металл, в 1,5 раза легче, чем алюминий, в 2,5 раза легче титана, в 4,5 раза легче стали. Он устойчив против едких щелочей и плавиковой кислоты, керосина, бензина, различных минеральных масел. Магний применяется для производства сверхлегких сплавов. Некоторые из них жаростойкие, а сплавы магния с литием, цирконием и редкоземельными элементами обладают антикоррозийностью.

Сверхлегкие и легкие сплавы используются в авиационной и автомобильной промышленности, а также в качестве конструкционного материала. Их теплоемкость в 2,5 раза больше, чем у стали. А это значит, что, поглотив одинаковое количество тепла, магний нагревается в 2,5 раза меньше. Поэтому магниевые сплавы широко применяются при производстве ракет, в скоростных самолетах, космических кораблях и т. д.

Магний горит очень ярким светом, при этом развивается температура до 3500 °С, при которой плавится большинство тугоплавких металлов, поэтому его используют для осветительных ракет, в пиротехнике. В дни праздников по вечерам небо расцвечивается удивительными узорами фантастических цветов, и мы поражаемся искусству пиротехников. Это магний служит людям.

Из огромного количества минералов магния промышленное значение имеют лишь немногие: магнезит (карбонат магния, 28,8 % магния), доломит (карбонат кальция и магния, 13,2 %), карналлит (хлорид калия и магния, 8,8 %), бишофит (хлорид магния, 12 %), брусит (оксид магния, 41,6 %). Магний содержится в морской воде (в 1 м<sup>3</sup> воды — 1 кг магния) и рапе остаточных озер, отшнурованных от моря.

Название минерала магнезит происходит от древнегреческого «магнесиа литос» (порода из области Магнесия на Балканах).

Другие минералы магнезитовых руд названы в честь минералогов и химиков — Доломье, Карналя, Бишофа, Брюса. Металлический магний был получен в 1829 г. французским химиком А. Бюсси. Промышленное производство магния электролитическим способом было начато в Германии еще в конце XIX в.

Мировая добыча магния (без СССР) составляет около 2 млн. т. В странах капиталистического мира 45 % общей добычи магния получают из доломита, 36,5 % — из морской воды и рассолов, 15 % — из магнезита и 3,5 % — из карналлита. Из 11 важнейших магнезитовых месторождений мира шесть размещены в СССР: Саткинское (Северный Урал), Савинское и Онотское (Восточный Саян), Кардыканское,

Верхотуровское и Быковское (Енисейский край). Первые два разрабатываются.

В СССР разведано более 60 крупнейших месторождений доломита для металлургии. Известны месторождения калийно-магниевого солей. Большое количество магния содержится в соляных озерах, в Кара-Богаз-Голе, в Сиваше. В СССР магний получают из карналлитовых солей и магнезита (большая часть магнезитов идет на изготовление огнеупорных материалов, доломит используется также в качестве огнеупоров и др.). СССР — экспортер магния.

Большие запасы магнезитов сосредоточены в КНР (около 5 млрд. т), КНДР (2 млрд. т — крупное месторождение Намге или Пекам), Чехословакии и Югославии, в капиталистических и развивающихся странах — в США (горный округ Стивенс в среднем течении р. Колумбии и месторождение Гавернур на севере оз. Онтарио), в Канаде (на севере оз. Онтарио), в Австралии, Греции, Индии.

Магний производится в США, Норвегии, Японии, Канаде, Франции и Италии. В Японии и США магний получают из морской воды. Цена на магний на капиталистическом рынке составляет примерно около 2000 дол. за 1 т.

**Медь.** Издавна семь металлов известны человечеству: медь, железо, золото, серебро, олово, свинец, ртуть. С медью человек был знаком еще до железа, приблизительно 10 тыс. лет, а 9 тысячелетий назад каменный век на Переднем и Ближнем Востоке уступил место медному (он же энеолит или халколит). Несколько позже, примерно 7 тысячелетий назад, медный век пришел в Европу. Начало его связано с первыми попытками развития горнорудного дела, литьем первого металла и использованием меди для производства орудий труда. Последние, в связи с тем, что делались они из мягкой меди, использовались наряду с каменными и костяными орудиями труда.

Первыми медными рудами, очевидно, были медные самородки, встречающиеся довольно часто и имеющие крупные размеры (самородки меди, найденные в США в районе озера Верхнего, достигали 500 т.). Затем стали использовать медные залежи в богатых месторождениях. Так, наиболее древний медный рудник в Европе обнаружен сербскими археологами в восточной Сербии в районе Тимочка Краина. Ему 7 тысяч лет. В Пакистане в Белуджистане геологами открыты развалины древнего города, сотни жителей которого приблизительно около четырех тысячелетий назад занимались добычей и переработкой меди. С давних пор населению Западной Европы были известны залежи богатого месторождения

на Кипре. Полагают, что от слова Кипр и возникло латинское «купрум». Название «медь» происходит, вероятно, от слова «смида», которым древние племена (населявшие в бронзовом веке европейскую территорию нашей страны) именовали вообще все металлы, потому что знали только один-единственный металл медь.

6,5 тысячелетий назад медный век распространился на юге современной Средней Азии и Закавказья. Под влиянием культуры Древнего Востока здесь сформировались культуры Анау в Туркмении, земледельческие поселения Азербайджана, Грузии, Армении. Примерно 6 тысячелетий назад медный век распространился на юго-западные территории, включая территорию современной Украины, и продолжался до 2-го тысячелетия до н. э.

Мягкую и слишком легкоплавкую медь сменила бронза. Бронзовый век, так же как и медный, наступал постепенно.

Полагают, что бронза стала известна человечеству немного позднее меди, где-то около 6 тыс. лет назад. Именно к этому времени относятся древнейшие бронзовые орудия, найденные в Иране, Турции, Месопотамии. Название бронза появилось позднее, чем стали ее производить. Оно в начале означало «медь из Брундизия» (Брундизи — древний порт на побережье Адриатического моря, являющийся конечным пунктом Аппиевой дороги, по которой поступала добываемая на Аппенинском полуострове медь). Медь обычно не была чистой, чаще всего это был сплав меди с оловом. По другой версии в порт Брундизи заходили греческие суда, привозившие олово из месторождений Англии. Здесь шла торговля металлом. Металлурги Брундизи освоили производство бронзы. «Медь из Брундизия» вскоре стали называть короче — бронзой.

Итак, бронзовый век начался на Переднем и Ближнем Востоке 6 тысячелетий назад, примерно 5 тыс. лет назад он распространился в Средиземноморье, Индии, 4 тысячелетия назад — по всей Европе и Азии. Возникли металлургические центры, появились мастера по выплавке бронзы и изготовлению бронзовых орудий, топоров, мотыг, серпов, мечей, ножей. Применение бронзы способствовало бурному развитию ремесла, торговли, средств передвижения (строительство малых судов, колесных телег), развивается пахотное земледелие, кочевое скотоводство. Именно в этот период ремесло отделяется от земледелия (второе крупное разделение труда). На современной территории СССР уже 5 тысячелетий назад бронзовый век отличался высоким уровнем развития. На Кавказе и в Закавказье известны изделия кавказских металлургов. От Днепра до Енисея обитали племена, которые относят



к срубной и андроновской культурам, они имели металлургические центры в пределах современного Урала, Казахстана, Средней Азии, Горного Алтая. Севернее, в лесостепях и лесах жили племена фатьяновской и абашевской культур.

С давних пор на территории нашей страны много раз находили остатки древних рудников и медеплавильных печей. Например, еще в 1897 г. геолог И. П. Бартнев писал, что в долине р. Цильмы площадь древних выработок медной руды составила около 4 км<sup>2</sup> и здесь добыто в древности около 25 тыс. т чистой меди.

Древние медеплавильни, найденные геологом Н. Н. Урванцевым у Дудинки, помогли ему открыть Норильское месторождение никеля, меди и платины. Медь (и сплав с ее участием — бронза) сыграли важную роль в становлении человека. Медь стала его первым металлом, и позволила осуществить революционную перестройку производительных сил.

Теперь немного о самой меди. Это металл красного цвета, обладающий хорошей ковкостью, тягучестью, хорошей сплавляемостью с другими металлами, легкоплавкий (температура плавления 1083 °С). Кроме того, медь очень теплопроводна, высокоэлектропроводна (по электропроводности лишь немногим уступает дорогостоящему серебру, но зато в несколько раз превосходит алюминий и в 35 раз — титан).

Медь и ее сплавы (в разных странах от половины до двух третей всей выплавленной меди) используются в электротехнической промышленности и промышленности средств связи, авиационной, приборостроительной и химической промышленности. Много меди идет на изготовление электронно-вычислительных машин, автомобилей (так, например, в США и Великобритании на производство одной легковой автомашины идет 20 кг меди).

Наряду с чистой медью используются и ее сплавы с цинком (латунь — до 30 % цинка), оловом (оловянные бронзы — 5—30 % олова), алюминием (алюминиевые бронзы — до 5—10 % алюминия), свинцом (свинцовые бронзы — до 30 % свинца), кремнием (кремнистые бронзы — до 5 % кремния), бериллием (бериллиевые бронзы — до 3 % бериллия), никелем (мельхиор, нейзильбер, константан).

Латунь применяется для изготовления труб, листа, штампованных деталей часов, различных точных приборов и механизмов; алюминиевые бронзы — для изготовления ответственных деталей авиационных двигателей и турбин, используются в автомобилестроении, приборостроении, часовом производстве, ювелирном деле, для изготовления хирургических инструментов.

Из оловянных бронз отливают скульптуры, делают барельефы, выполняют гравюры. Бронзовые скульптуры люди научились отливать примерно 2,5 тысячелетий назад. Например, 2,3 тыс. лет назад скульптором Харесом был отлит 32-метровый (высотой в 8—9-этажный дом) бронзовый Колосс Родосский, статуя бога солнца Гелиоса (через полвека во время землетрясения он упал, теперь заменен Колоссом Родосским из алюминия). 1200 лет назад была отлита гигантская фигура Будды массой в 400 т в храме Тадайдзи, позднее — «Медный всадник» в Петербурге (скульптор Фальконе) и другие.

Все бронзы не дают искр, поэтому широко используются для изготовления инструментов для работы во взрывоопасных цехах и на нефтепромыслах. Сплав меди с никелем и алюминием идет для чеканки монет.

В прошлом бронза в нашей стране широко использовалась для отливки пушек и колоколов. Шедеврами литейного производства являются 40-тонная Царь-Пушка (отлита в 1586 г. Андреем Чоховым) и 200-тонный Царь-Колокол (отлит в 1755 г. отцом и сыном Маториными), хранящиеся в Московском Кремле. В Полтавском бою со шведами против четырех пушек шведов Петром I были выставлены 72 бронзовые пушки русского войска, отлитые из церковных колоколов.

Потребление меди в мире ежегодно увеличивается примерно на 5 %. Одновременно растет и применение ее заменителей (например, алюминиевых проводов, пластмассовых деталей часов, приборов и т. д.). По общему объему мирового производства и потребления медь среди металлов занимает третье место после железа и алюминия.

Из 240 медистых минералов многие имеют промышленное значение: самородная медь (100 % меди), халькопирит, или медный колчедан (сульфид меди и железа, 34—35 % меди), ковеллин (сульфид, 66,4 %), борнит (сульфид меди и железа, 55—69 %), халькозин, или медный блеск (сульфид, 80 %), куприт (оксид, 89 %), малахит (карбонат, 57 %), азурит (карбонат, 56—69 %), хризоколла (силикат, 36 %), блеклые руды (сульфосоли, 48—57 %).

Названия минералов имеют различное происхождение: халькопирит («пир» по-гречески — огонь) имеет яркий золотисто-желтый (огненный) цвет; куприт — от слова «купрум» — медь (по-латински); азурит (от французского «азур» и арабского «лазавард» — голубой камень, лазурь) имеет ярко-синий цвет; малахит (по-гречески «мальяхэ» — мальва, зеленое растение) обладает ярко-зеленой окраской; хризоколла (по-гречески «колля» — клей) в древности употреблялась для паяния (склеивания) золотых изделий; блеклые руды на-

зываются так из-за невыразительного от стально-серого до железо-черного цвета. Ковеллин назван в честь итальянского минеролога Н. Ковелли, открывшего минерал в лавах Везувия; борнит носит имя австрийского минералога И. фон Борна.

Промышленное значение имеют медистые песчаники, меднопорфиновые руды, колчеданные месторождения. Реже встречаются месторождения сульфидных медно-никелевых руд, жильные гидротермальные месторождения, медные руды, генетически связанные с карбонатами. Под медистыми песчаниками понимают осадочные месторождения, приуроченные к пестроцветным глинисто-песчаным отложениям, обогащенным вкрапленными халькопирит-борнитовыми рудами. Меднопорфиновые месторождения приурочены к гранитным массивам, измененным гидротермальными процессами. Месторождения колчеданного типа связаны с осадочно-вулканогенными толщами.

Они образуют крупные меденосные провинции, в которых основными рудными минералами являются пирит, халькопирит, блеклые руды. В области накопления медистых минералов в зоне окисления всюду встречаются ярко окрашенные в зеленые и синие цвета вторичные минералы — малахит и азурит. Медная зелень и синь — прекрасные поисковые признаки на медь.

Минимальное содержание металла в рудах разрабатываемых месторождений обычно превышает 1 %, но в некоторых случаях (карьерная добыча) кондиции понижаются до 0,3—0,5 %. До революции в России разрабатывались лишь небольшие месторождения меди колчеданного типа. Первое крупное месторождение, Коунрадское, открыто в Северном Прибалхашье в 1928 г. Затем были обнаружены месторождения в Казахстане (Джезказганское месторождение медистых песчаников, Коксайское, Лениногорское), на Урале (медно-колчеданные — Блявинское, Сибаяевское, Дегтярское, Гайское), в Узбекистане (медно-порфиоровое Алмалыкское), в Красноярском крае (медно-никелевые комплексные, связанные с ультраосновными интрузиями — Норильское и Талнахское), в Закавказье (гидротермальное Кафанское), в Забайкалье (Удоканское месторождение медистых песчаников) и другие.

Крупными ресурсами меди обладают Польша (меднорудный район Глогув — Болеславец — Любин), Югославия (Бор с запасами в 1,8 млн. т и Майданпек — 1,5 млн. т), Болгария (Медет и др.), Румыния, Германия, Чехо-Словакия, Албания, Куба, КНДР и КНР.

Медь известна в 70 несоциалистических странах. Общие запасы ее здесь, по данным 1987 г., превышают 0,8 млрд. т

(общие ресурсы 1,4 млрд. т), в том числе подтвержденные 0,48 млрд. т. Примерно пять шестых общих запасов заключено в месторождениях девяти стран (в млрд. т): Чили (0,24), США и Замбии (по 0,4), Канады, Заира, Австралии, Перу, Панамы, Мексики.

В Чили известно более 450 месторождений, но 90 % запасов сосредоточено в четырех уникальных: Чукикамата, Эль-Теньенте (или Браден), Эль-Эбра, Эскондида. Чукикамата — один из крупных в мире медных рудников, разрабатываемый открытым способом. Он напоминает чашу крупного стадиона (4×1,5 км). Ярусы спускаются на глубину 380 м. Стотонные самосвалы и железнодорожные составы после каждого взрыва вывозят руду на обогатительные фабрики. Дневная выработка более 100 тыс. т руды. Это позволяет в год добывать 0,3 млн. т меди.

Надо отметить, что Чукикамата — не самый глубокий рудник. Например, в США в штате Юта имеется медный рудник глубиной до 700 м, представляющий собой чашу 3×2 км. Он также дает ежегодно 0,3 млн. т меди.

В странах Западной Европы широкой известностью пользуются месторождения Рио-Тинто, расположенные на юге Испании у г. Севильи, Корнуэлл в Великобритании — у юго-западной оконечности п-ва Корнуэлл. Крупное месторождение известно в Финляндии (Оуто-Кумпу).

Крупными производителями меди являются СССР, Польша, Югославия, Румыния, Германия, Чехо-Словакия.

Производство меди в концентратах в 47 капиталистических и развивающихся странах в 1986 г. составило 6,4 млн. т, в том числе в Чили — 1,3, США — 1,1, Канаде — 0,8, Замбии и Заире — по 0,5, в Перу — 0,4, Австралии — 0,3, на Филиппинах, в ЮАР, Мексике и Папуа-Новой Гвинее — по 0,2 млн. т.

Средняя цена 1 т катодной меди на капиталистическом рынке в 1988 г. составила 1,4 тыс. дол.

**Свинец и цинк.** Предполагают, что свинец был известен людям, жившим примерно 7—9 тыс. лет назад. Металл легкоплавкий, поэтому и оказался доступным человеку. Но по тем же причинам свинец не стал для человека важным материалом, пригодным для изготовления орудий труда. Это место оказалось занятым медью (и бронзой). Однако и в далеком прошлом свинец находил применение в хозяйстве человека. Так, древние греки уже в то отдаленное от нас время широко использовали свинец для обшивки бортов своих кораблей, изготовления якорей. В 1980 г. аквалангисты московского клуба «Энергия» подняли у побережья Тамани свинцовый

шток якоря древнегреческого судна. Он пролежал в воде более 2000 лет.

Современные токсикологи считают, что свинец сыграл роковую роль в закате римской цивилизации: Рим пал, отравленный свинцом. Археологами обнаружен в костных останках древних римлян в значительных количествах свинец. Дело в том, что свинцовыми были трубы самого древнего в мире римского водопровода. Но особенно губительным для римлян было использование посуды, оправленной в свинец, свинцовых косметических красок, используемых патрицианками. Из-за постоянных отравлений малыми дозами свинца средняя продолжительность жизни римских патрициев не превышала 25 лет. Еще 4 тыс. лет назад в Китае имели хождение свинцовые деньги.

Цинк также известен издавна. Об этом свидетельствуют письменные источники Ассирии и Урарту.

Цинк и свинец — тяжелые металлы (плотность их соответственно 11,34 и 7,13 г/см<sup>3</sup>). Свинец — белый металл, мягкий, ковкий (легко прокатывается в тонкие листы), имеет низкую точку плавления (327,4 °С) и высокую температуру кипения (1740 °С), химически стоек, не пропускает рентгеновские лучи, сплавляется с другими твердыми металлами. Применяется в химической промышленности — покрытия частей аппаратуры, подвергающихся воздействию активных реагентов, покрытия внутренних поверхностей камер для производства серной кислоты, травильных и электролитических ванн. Свинец и его соединения используются для производства аккумуляторов, красок, кабеля, дроби, фольги, защитных экранов от радиоактивного излучения; в военном деле (шрапнели, сердечники в пулях); для производства антидетонаторной добавки в бензин (тетраэтилсвинец). Сплавы свинца с медью, сурьмой, оловом, цинком используются в производстве бронз, латуней, баббитов, типографских сплавов.

Цинк — белый металл, обладающий низкой температурой плавления (419,5 °С), кипит при температуре 906 °С, устойчив против коррозии (на воздухе покрывается белым налетом оксида, защищающего его от дальнейшего окисления), способностью давать сплавы с другими цветными металлами. Цинк используется для антикоррозийных покрытий — оцинкованные поверхности стальных и чугунных изделий, а также для производства сплавов на основе цинка с добавкой алюминия, меди, магния, обладающих высокими литейными качествами, низкой температурой плавления (что позволяет производить сложное литье под давлением). Цинк используется при производстве латуни, бронзы, мельхиора, антифрикцион-

ного металла, типографского сплава. Он идет на изготовление аккумуляторных батарей, на один автомобиль расходуется до 40 кг цинка.

Обычно в природе цинк и свинец встречаются вместе, образуя комплексные свинцово-цинковые полиметаллические руды. Кроме них в состав этих руд часто входят серебро, медь, кадмий, золото, олово, кобальт, висмут, сурьма, молибден, барий, ванадий, индий и другие элементы. Известно более 150 свинцовых и 58 цинковых минералов. Главнейшими рудными минералами являются в производстве свинца — галенит, или свинцовый блеск (сульфид, содержит до 86 % свинца), церрусит (карбонат, 77 %), англезит (сульфат, 68 %); цинка — сфалерит, или цинковая обманка (сульфид, 67 %), смитсонит (карбонат, 52 %), цинкит, или красная цинковая руда (оксид, 80 %).

В прошлом металл свинец имел иное название, а слово «свинец», очевидно, происходит от названия «свинца» (слитки называют «чушками»). Древние римляне свинец называли «плюмбум — нигрум» или «свинец темный», а олово — «плюмбум — кандиум» или «свинец кандийский» (о-в Кипр в прошлом назывался о-в Кандиум). Галенит по-древнелатински означает «свинцовая руда» или «окалина», которая остается после выплавки свинца. Церрусит происходит от древнегреческого термина, означающего свинцовый карбонат, который затем стал латинским термином «церрусса» — белила. Минерал англезит назван по месту его находки на острове Ангаси (Уэльс, Великобритания). Название сфалерит происходит от греческого слова, означающего предательский, непостоянный (поскольку часто в месторождениях этот минерал принимали за галенит, но он не содержал свинца), отсюда и второе имя — цинковая обманка. Смитсонит назван в честь английского химика и минералога Дж. Смитсона, на средства которого создан Смитсоновский институт (Вашингтон, округ Колумбия). Минерал цинкит назван так по составу.

Существует несколько типов полиметаллических месторождений: месторождения замещения, жильные и колчеданные месторождения халькопирит-сфалеритовых руд.

Разведанными запасами свинцово-цинковых руд располагают более трети стран мира. СССР среди них занимает одно из первых мест.

Свинцовый промысел возник в России еще в XVII — начале XVIII вв., с 1698 г. добывается свинец на Нерчинских рудниках в Забайкалье, с 1726 г. — на Алтае. Сейчас разрабатываются месторождения на Рудном Алтае — Золотушинское, Березовское, Зырянское, Белоусовское; в Средней

Азии — Алтын-Топканская группа; в Казахстане — Лениногорское, Текелийское; в Забайкалье — Нерчинское; в Приморье — Дальнегорская группа.

Большие запасы свинца и цинка имеются в Польше, Югославии, Германии, Чехо-Словакии, Венгрии, Болгарии, Албании, КНДР и КНР.

Общие запасы свинца, выявленные по данным 1987 г., в 49 развитых капиталистических и развивающихся странах, составляют 145 млн. т, в том числе подтвержденные 86 млн. т. Почти две трети общих запасов размещено в трех странах (млн. т): США (40), Канаде (24) и Австралии (16).

Общие запасы цинка в 52 развитых капиталистических и развивающихся странах — 296 млн. т, подтвержденные — 171 млн. т, более половины общих запасов располагается в Канаде (56 млн. т), США (53 млн. т) и Австралии (28 млн. т). Кроме того крупные запасы свинца и цинка имеются в ЮАР, Бразилии, Испании, Иране; свинца — в Марокко; цинка — в Индии, Перу, Заире, Ирландии.

В США находятся уникальные месторождения свинца и цинка — Вибурнум Бьюик, на Аляске Рэд Дог. Всего в США насчитывается до 500 месторождений, но основную добычу дают 20—25 крупных горнодобывающих предприятий.

В Канаде основные запасы размещены в уникальных месторождениях Салливан (Скалистые горы, в верховьях р. Колумбии, запасы суммы металлов более 4 млн. т, в том числе серебра 1,4 тыс. т, разрабатывается с 1900 г.), Пайн-Пойнт и др.

В Австралии имеется пять уникальных месторождений полиметаллов — Брокен-Хилл, Маунт-Айза и др. В Мексике основными полиметаллическими месторождениями являются уникальные Санта Барбара, Сан-Мартин. Крупнейшие месторождения имеются в Перу (Серро-де-Паско), в ЮАР (Гамсберг), Ирландии.

Добыча свинца и цинка осуществляется в 38 развитых и развивающихся странах. В 1986 г. производство свинца достигло (в млн. т): 2,3, в том числе в Австралии — 0,4, США — 0,4, Канаде — 0,3, Перу и Мексике — по 0,2, Марокко — 0,1. Добыча цинка составила в металле (в млн. т) — 5, в том числе в Канаде — 1,2, в Австралии — 0,7, Перу — 0,6, Мексике и Японии — по 0,2, в США и Швеции — по 0,2. Международные цены на Лондонской бирже на рафинированный свинец составляют 300 ф. ст. или 500 дол. за 1 т, а на цинк — 600 ф. ст. или 900 дол. за 1 т.

**Олово.** Олово — второй металл, который стал применять человек (в сплавах с медью). Использование олова означало

наступление бронзового века. А самая отдаленная от нас нижняя временная граница его насчитывает около 6 тыс. лет (Передний и Ближний Восток). Из бронзы тогда изготавливались оружие, орудия производства, посуда, а позднее и монеты. Для производства бронзы необходимо было олово. Но находки оловянных изделий в захоронениях Древнего Египта, сделанных около 3800—3500 лет назад, позволяют говорить о том, что уже в те времена люди могли производить олово в чистом виде. Начало же промышленного применения олова относится к XIV в.

Олово — серебристо-белый металл, имеющий низкую температуру плавления (231,9 °С) и высокую температуру кипения (2270 °С), очень мягкий и ковкий, химически устойчивый по отношению к воде, кислороду, органическим кислотам. Олово дает высококачественные сплавы (баббиты, бронзы, припой, типографские сплавы). Интересно, что сплав олова (16 %) с висмутом (52 %) и свинцом (32 %) настолько легкоплавок, что может расплавиться в кипящей воде при температуре 96 °С, тогда как все три его составные части имеют в 2—3 раза более высокую температуру плавления.

Безвредность солей олова для здоровья людей, способность металла раскатываться в тончайшие листы, или оловянную фольгу, толщиной до 0,0005 мм, обеспечивают широкое применение металла в пищевой промышленности. Около половины его используется для производства белой жести (железо покрывают чистым «пищевым оловом»), используемой главным образом (до 90 %) в консервной промышленности. На 1 т белой жести расходуется 5—5,5 кг олова, а на каждую консервную банку средних размеров около 0,5 г этого металла. Олово используется для изготовления полупроводников в радиотехнике. Большое количество его идет на свинцово-оловянные припои.

Сейчас для изготовления одного автомобиля расходуется до 5—7 кг олова. Сплав олова с цирконием применяется для покрытия труб с ураном в атомных реакторах, а с титаном — в самолетостроении и космической технике. Из хлорного олова изготавливают дымовые шашки (при взаимодействии хлорного олова с водой происходит образование густого дыма — диоксида олова).

Особенностью олова является то, что обычное блестящее олово устойчиво лишь при температуре выше — 13,2 °С, при более низких температурах оно переходит в свою темно-серую модификацию, теряет металлургические свойства и превращается в порошок. Этот процесс особенно интенсивно и быстро протекает при температуре — 33 °С. Явление это называется

«оловянной чумой». «Оловянная чума» в 1912 г. сыграла роковую роль в экспедиции Роберта Скотта к Южному полюсу, когда уже на обратном пути оловянный припой в баллонах с керосином разрушился, и люди остались без тепла и горячей пищи. Вот почему нельзя хранить на холоде ни радиоаппаратуру, ни консервы, ни паяную посуду. А вообще «оловянная чума» — болезнь по-настоящему заразная. Достаточно микроскопической частичке серого олова попасть на белое и в холодных условиях сразу начинается разрушение всего куска белого металла. «Вакциной» против «оловянной чумы» служат добавки висмута.

Из известных 17 минералов олова только 2 имеют промышленное значение: касситерит (диоксид олова, содержит 78 % металла) и станнин (сульфид меди, железа и олова, содержит 27 % олова). Греческое слово «касситерос» и латинское «станнум» означают одно и то же — олово. В бронзовом веке добавки олова в медь делали ее тверже, отсюда, очевидно, и происходит латинское «станнум» от санскритского «стан» — твердый. Таким образом, олово в переводе означает твердый. Это название издавна укоренилось, как это ни парадоксально, для самого мягкого металла.

Месторождения олова делятся на коренные и россыпные. Минимальное промышленное содержание олова в коренных месторождениях — 0,1 %. Россыпные месторождения обычно образуются вблизи коренных (минералы олова не выносятся длительной транспортировкой), на расстоянии от них в 1—6 км (рис. 9). В коренных месторождениях минералы олова образуют зернистые, радиально-лучистые или, реже, натечные агрегаты медово-желтого или красновато-коричневого цвета. Эти же кристаллы касситерита и реже станнина накапливаются и в россыпях, образуя желто-коричневые или оливково-зеленые скопления. Примерно четыре пятых разведанных мировых запасов олова сейчас заключено в россыпях, из которых добывается примерно три четверти общего количества оловянных концентратов. Две трети запасов СССР залегают в коренных месторождениях (руды касситерит-силикатного типа). Среди многочисленных рудных районов и месторождений выделяются в Восточном Забайкалье — Шерлова Гора; в Хабаровском крае — Комсомольский оловорудный район (Солнечное, Фестивальное и др.), в Приморье — Фурмановский и Кавалеровский (месторождение Арсеневское) оловорудные районы, в Якутии — Депутатское и Эге-Хайя.

Значительными ресурсами олова располагает Социалистическая Республика Вьетнам (Тинькуке). Имеются месторождения олова в МНР, Чехо-Словакии и Германии. В Китае в

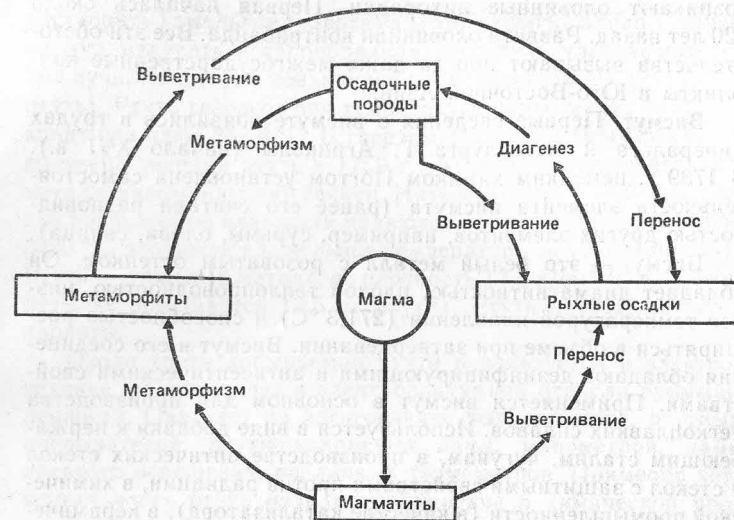


Рис. 9. Пути образования россыпей в общей схеме геологического цикла формирования горных пород

районе Гэцзю и других насчитывается более 200 месторождений, половина из которых эксплуатируется.

Общие запасы олова, учтенные на 1987 г. в недрах 28 развитых капиталистических и развивающихся стран, составляют 7,3 млн. т (из них в россыпях 4,5 млн. т), подтвержденные запасы — 4 и 2,5 млн. т, а выявленные ресурсы олова на континентах в этих странах составляют 23 млн. т. Большая часть общих запасов размещена в странах Юго-Восточной Азии (млн. т): в Индонезии (1,5), Малайзии (1,2), Таиланде (1). Крупные запасы олова имеются в Боливии и Бразилии, а также в Заире, Великобритании, Австралии, Намибии, Канаде.

Олово добывается более чем в 40 странах мира, но основную часть дают восемь стран. Мировое производство олова в 1986 г. составило 181 тыс. т, а производство его в 26 развитых капиталистических и развивающихся странах — около 117 тыс. т, из них (тыс. т): в Малайзии — 29, в Бразилии — 25, Индонезии — 25, Таиланде — 17, Боливии — 11, Британии — 4 (в сумме эти страны дают 80 % всей добычи олова).

Цена на олово на мировом рынке составляет 12 тыс. дол. или 9,5 тыс. ф. ст. за 1 т.

Большая часть олова (минерал касситерит) добывается из россыпей путем их старательской отмывки (Малайзия, Бирма, Таиланд). В связи с дороговизной олова периодически

возникают оловянные лихорадки. Первая началась около 120 лет назад. Развита оловянная контрабанда. Все эти обстоятельства вызывают иногда даже межгосударственные конфликты в Юго-Восточной Азии.

**Висмут.** Первые сведения о висмуте появились в трудах минералога и металлурга Г. Агриколы (начало XVI в.). В 1739 г. немецким химиком Поггом установлена самостоятельность элемента висмута (ранее его считали разновидностью других элементов, например, сурьмы, олова, свинца).

Висмут — это белый металл с розоватым оттенком. Он обладает диамагнитностью, плохой теплопроводностью, низкой температурой плавления (271,3 °С) и способностью расширяться в объеме при затвердевании. Висмут и его соединения обладают дезинфицирующими и антисептическими свойствами. Применяется висмут в основном для производства легкоплавких сплавов. Используется в виде добавки к нержавеющим сталям, чугунам, в производстве оптических стекол и стекол с защитными свойствами против радиации, в химической промышленности (в качестве катализатора), в керамической (изготовление цветных эмалей и глазури), в электронике, в производстве термоэлектрических приборов, в ядерной технике.

Из 50 минералов висмута промышленное значение имеют лишь висмутин, или бисмутин, висмутовый блеск (сульфид), самородный висмут и бисмит, или висмутовая охра (оксид). Названия минералов даны по составу. Промышленные месторождения висмута редки. Они обычно встречаются в породах кислого (гранитного) состава и генетически связаны с пегматитовым и гидротермальным процессами. Чаще всего висмут извлекается попутно из месторождений олова, меди, свинца, цинка и других металлов. Иногда висмут добывается из россыпей.

В СССР известны комплексные месторождения, в которых важное значение имеет висмут. Это месторождения Средней Азии, Армении, бассейна р. Алдан, Забайкалья и др. Месторождения висмута есть в КНДР и КНР.

Общие запасы висмута в развитых капиталистических и развивающихся странах составляют около 130 тыс. т, из них (тыс. т): в Японии — более 40, США — около 30, Австралии — до 20, Боливии (Тасна) — 15, Мексике (Тинтин) — более 10, Перу (Серро-де-Паско) — около 10, Канаде (Большое Медвежье озеро) — 2,5. Цена висмута на мировом рынке — около 10 тыс. дол. за 1 т.

**Ртуть.** В обычных условиях это серебристо-белый блестящий жидкий металл, при нормальной температуре способный

растворять (амальгамировать) золото, серебро, олово, свинец, висмут, излучать в парообразном состоянии ультрафиолетовые лучи. Некоторые соединения ртути взрываются (гремучая ртуть). Ртуть твердеет при температуре около минус 38,86 °С, кипит при плюс 353,6 °С. В твердом состоянии (впервые была получена твердая ртуть в 1759 г.) это серебристо-синеватый металл, напоминающий свинец. Интересно, что в ряду минералов крайними по плавкости являются ртуть и вольфрам (плюс 3380 °С, это почти вдвое выше температуры внутри мартена). Ртуть — тяжелый металл, ее плотность 13,5 г/см<sup>3</sup> (в литровой бутылке помещается 13,5 кг ртути). Ртуть летуча, ее пары ядовиты.

Около трети добываемой ртути используется в электронике, радиотехнике и электровакуумной отрасли промышленности. Она идет на изготовление выпрямителей, ртутных прерывателей, ртутно-кварцевых ламп, манометров, ламп дневного освещения, различных термометров. Примерно четвертая часть ртути находит применение в химической промышленности в качестве электрода для получения хлора, соды; применяется при изготовлении специальных красок для покрытия подводной части судов; употребляется в медицине (мази, амальгамы, медицинские приборы, термометры), в сельском хозяйстве (для протравки семян), в производстве зеркал, а гремучая ртуть — в военной и горнодобывающей промышленности.

Из 25 минералов ртути промышленное значение имеют ярко-красная киноварь (сульфид, 86 % металла) и ее полиморфная разновидность метациннабарит, а также самородная ртуть.

У геолога и писателя Ивана Ефремова есть любопытный рассказ «Озеро Горных Духов». В нем автор повествует, как профессиональная наблюдательность художника, писавшего картину с натуры, и взгляд на изображенную художником чашу озера специалиста-геолога позволили обнаружить месторождение ценного полезного ископаемого и объяснить загадочную легенду.

Сначала о легенде...

Озеро Горных Духов — так прозвали его потому, что лишь немногие, побывавшие у озера, возвращались назад. Рассказывали они удивительные вещи: «...озеро красивее всего в теплые, летние дни, и именно в такие дни наиболее проявляется его губительная сила. Людей тянуло туда, к круглой конусовидной горе, где им мерещились синезеленые призраки горных духов... Но как только добирались до этого места, все исчезало, одни лишь горные скалы мрачно

сторожили его... несчастные уходили из рокового места, но обычно в пути их настигала смерть».

Узнав легенду, геолог с особенным интересом рассматривал картину, на которой было изображено озеро. И чем больше смотрел на нее, «тем больше деталей как бы выплывало из глубины картины. У подножия конусовидной горы поднималось зеленовато-белое облако, излучавшее слабый свет. Перекрещивающиеся отражения этого света и света от сверкающих снегов на воде давали длинные полосы теней почему-то красных оттенков. Такие же, только более густые, до кровавого тона, пятна виднелись в изломах обрывов скал. А в тех местах, где из-за белой стены хребта проникали прямые солнечные лучи, над льдами и камнями вставали длинные, похожие на огромные человеческие фигуры столбы синева-зеленого дыма или пара, придававшие зловещий и фантастический вид этому ландшафту». Как профессионал, геолог вспомнил, что красный цвет имеет киноварь, руда ртути. Что чистая ртуть чрезвычайно летуча, испаряется при нормальной температуре воздуха, а пары ртути, когда через них проходит луч света, дают сине-зеленые оттенки, и в разреженном горном воздухе перед грозой могут светиться зеленовато-белым. Пары ртути необычайно ядовиты — они вызывают сначала сильное возбуждение, учащенное дыхание, затем падение кровяного давления и смерть от паралича сердца. У геолога возникло предположение, что на берегу озера Горных Духов, у подножия конусовидной горы, находится ртутное озерко, подобное крохотному озеру в Альмадене в Испании (месторождение киновари в Альмадене снабжает ртутью полмира). Поиски на Алтае увенчались успехом: было найдено месторождение ртути.

Ртуть известна людям еще с доисторических времен и использовалась в древней медицине. Греческий врач Диоскорид более 2000 лет назад дал этому металлу латинское название «гидрагриум» — в переводе «серебряная вода». Древнейшим рудником в нашей стране является рудник Хайдаркан («Великий рудник»), расположенный в Ферганской долине в Киргизии. Археологические исследования показали, что ртуть здесь добывали в течение многих столетий до XIII—XIV вв. (вплоть до нашествия Чингисхана). Здесь сохранились древние горные выработки, инструменты, реторты для обжига киновари. Встречались и скелеты погибших в древности горняков. Во дворце древнеперсидских царей Ахеманидов в Сузах сохранились надписи, сделанные еще 25—26 веков назад, о том, что киноварь в те времена использовалась в качестве красного красителя, который доставляли сюда

с Зеравшанских гор (территория современных республик Таджикистана и Узбекистана).

Итак, основным минералом ртути является кроваво-красная киноварь. Слово «киноварь» происходит от греческого «кинавари» (в Индии так называется красная смола). Для алхимиков средних веков ртуть представлялась «первородным элементом» на Земле и ее называли меркурием (в честь древнеримского бога).

Большая часть запасов ртути размещена в собственно ртутных месторождениях, но иногда она является компонентом ртутно-сурьмяных, ртутно-мышьяковистых и ртутьсодержащих золотых и полиметаллических комплексных месторождений. Все промышленные месторождения относятся к низкотемпературным гидротермальным. Ртутные минералы обычно отлагаются в пустотах, кавернах и порах горных пород. Минимальное промышленное содержание ртути в разрабатываемых месторождениях 0,1 %, а иногда (например, в США) и 0,05 %.

До революции в СССР было известно лишь Никитовское месторождение на Украине (Донбасс), открытое в 1879 г. (точнее не открытое, а переоткрытое, поскольку руда месторождения использовалась человеком еще в каменном веке). Здесь в 1885 г. был построен первый в России завод по переработке ртутных руд Никитовского месторождения. Образовалось это месторождение в результате гидротермального процесса. В районе этого месторождения открыты и другие, более мелкие месторождения, которые в сумме слагают Никитовское рудное поле, расположенное на западе Донбасса.

В советское время месторождения ртути были открыты или изучены в Средней Азии (Хайдаркан, или «Великий рудник», в Фергане), на Алтае, в Туве, на Камчатке, в Хабаровском крае и Магаданской области (Западно-Полянское, Пламенное), в Западной Сибири (Белоосиповское), на Северном Кавказе (Белокаменное, Перевальное). В Закарпатье открыто ртутное месторождение Боркут, где происхождение киновари связано с молодым вулканизмом.

В Югославии на побережье Адриатического моря размещается крупное месторождение ртути Идриа, эксплуатировавшееся уже более 500 лет (сейчас временно законсервировано). Ртутные месторождения известны в Китае (Ваньшань, Фынхуан, Синь-Синьжэнь, Даньчжай и др.).

Запасы ртути, по данным 1987 г., известны в девяти развитых капиталистических и развивающихся странах; они составляют 140—200 тыс. т (а выявленные ресурсы 600 тыс. т). Значительная часть запасов сосредоточена

(тыс. т): в Испании (85), Алжире (17), Италии, Турции (по 12). В месторождении Альмаден (Испания) за 2000 лет уже добыто более 300 тыс. т металла. В Италии имеется очень богатое месторождение Монте-Амиата; в США в районе Сан-Франциско на побережье Тихого океана располагаются месторождения Нью-Альмаден, Нью-Идриа, Макдермит и др.; в Канаде — Пинчи-Лейк; в Мексике — Гуитцуко; в Перу — Хуанкавелика; в Турции — Карабурун и др.; в Алжире — Исмаил, Гениша, Фендек и др.

Суммарное годовое производство ртути в шести развитых капиталистических и развивающихся странах в 1986 г. составило 3,5 тыс. т, в том числе более 90 % ртути добыто (тыс. т): в Испании — 1,5, в Алжире — 0,8, в США — более 0,5, в Мексике и Турции — по 0,3. Цена на ртуть в 1987 г. на мировом рынке составляла около 9 тыс. дол. за 1 т.

**Сурьма.** Примерно около 5 тыс. лет назад в Вавилоне из сурьмы и ее сплавов делали сосуды. Уже в те давние времена золотых дел мастера боялись этого металла, так как самая мизерная доля сурьмы в золоте делала его хрупким «Антимониум» — латинское название сурьмы (метка, цветок: игольчатые кристаллы минерала антимонита напоминают цветок). Другое латинское название «стибиум» связано с древнегреческим «штилем», «штим», греческим «штимми», арабским «стиби». Вначале и то, и другое название было дано минералу, а уже позднее самому металлу. Русское название сурьмы происходит от турецкого «сюрме», означающего натирать, красить (черная модификация трехсернистой сурьмы издавна на Руси использовалась для «чернения» бровей). В начале XVI в. сурьма стала использоваться в виде составной части первых типографских сплавов. В 1604 г. в Европе вышла первая книга о сурьме «Триумфальная колесница антимония». В 1789 г. французский химик Лавуазье включил сурьму в список простых веществ, назвав ее антимониумом.

Сурьма серебристо-белый с синеватым оттенком металл, твердый и хрупкий (легко измельчается в порошок). При обычной температуре на воздухе не окисляется, но при нагревании сгорает, образуя оксид в виде белого дыма. Около половины добываемой сурьмы идет на изготовление сурьмяно-свинцовых и других сплавов. Добавка сурьмы к мягким металлам повышает их прочность, антикоррозийность.

Сурьмяно-свинцовые сплавы используются в производстве автомобильных аккумуляторов, труб для химической промышленности, оболочки проводов. Этот металл входит в состав баббитов (на 1 т сплава расходуется от 30 до 200 кг сурьмы), типографских сплавов, из которых изготавливают шрифты

(на 1 т сплава идет до 110—230 кг сурьмы), «британского металла» (олово, сурьма и медь), идущего для производства посуды и утвари. Сурьма со свинцом используется для производства пуль.

В текстильной промышленности ее соединения употребляются в качестве красителей и протравы для тканей, из которых производят несгораемые палатки, брезенты, маскировочные халаты. Соединения сурьмы используются для воронения стали (например, оружия). Сурьма высшей очистки идет на изготовление полупроводников.

Из 75 сурьмяных минералов промышленное значение имеет только антимонит (сульфид, 71 % металла), именуемый иногда стибнитом, или сурьмяным блеском. Для получения сурьмы используются иногда и блеклые руды — тетраэдрит. Происхождение месторождений связано с деятельностью низкотемпературных гидротермальных растворов. Известны собственно сурьмяные и ртутно-сурьмяные месторождения. Минимальное промышленное содержание металла в руде 1,2—1,5 %.

В СССР основные месторождения сурьмы размещены на территории Киргизии, Таджикистана, Восточной Сибири.

Крупные запасы сурьмы сосредоточены в Китае и составляют 2,5 млн. т, из них около девяти десятых находится в провинции Хунань в уникальном месторождении Сигуаньшань. Месторождения сурьмы известны в Югославии (Крупань, Столице), Чехо-Словакии (в Татрах и Малых Карпатах).

Общие запасы сурьмы в недрах 22 развитых капиталистических и развивающихся стран, по данным 1987 г., составляют 2 млн. т (выявленные ресурсы 2,5 млн. т), в том числе подтвержденные запасы 1,7 млн. т. При этом две трети общих запасов размещаются в Боливии, ЮАР и Таиланде, Мексике, США, Малайзии, Турции и Италии. Месторождения Боливии сосредоточены в высокогорной части Кордильер, в ЮАР основные месторождения размещены в рудном районе Мерчисон (северо-восток Трансваала).

В СССР сурьма добывается с 1936 г. Кадамджайская сурьма на Брюссельской всемирной выставке утверждена эталоном по качеству на мировом рынке.

Мировая добыча сурьмы (в пересчете на металл) составила (тыс. т) на 1986 г. по зарубежным данным 55,6. Производство сурьмы составило (тыс. т): в КНР — 14, в СССР — 6, в Югославии, Чехо-Словакии и Румынии — по 1; Боливия дает 10, ЮАР — 7, Канада и Мексика — по 4, Таиланд — 1,8, Турция — 1,7, Австралия — 1,4.

На мировом рынке 1 т сурьмы (металла) стоит 2800 дол.



**Бериллий.** Основным минералом, из которого получают этот металл, является берилл. Берилл известен человеку издавна по своим драгоценным разновидностям: собственно берилл, чистый минерал, желто-зеленый, яблочно-зеленый, голубовато-зеленый, голубой аквамарин, ярко-зеленый изумруд, розовый воробьевит или морганит, зеленый хризоберилл, александрит зеленый днем и красный при искусственном освещении, молочно-белый гошенит, золотистый давидсонит. Эти драгоценные камни обнаружены в египетских захоронениях, возраст которых около 5 тыс. лет. 3 тысячелетия назад в Аравийской пустыне были созданы рудники для поисков драгоценных камней — разновидностей берилла, шахты на берегах Красного моря. А около 315 г. до н. э. родилось имя «бериллос». Происходит оно от греческого слова, применявшегося ко всем зеленым драгоценным камням (в том числе и к изумруду, хризобериллу, александриту, разновидностям берилла).

Немецкий ученый Рудольф Юбельт высказывает предположение, что из кристаллов берилла древние римляне вытачивали линзы для получения зрительных стекол («брилле» по-немецки очки). Отсюда и возможное название минерала. По мнению В. А. Супрычева, бериллом первоначально называли горный хрусталь, который по-арабски звучал как «буллар».

В России об этом минерале узнали позже, когда в 1831 г. уральский крестьянин Максим Кожевников, заготавливая дрова, обнаружил под вывороченными корнями дерева первый русский изумруд. Здесь были заложены изумрудные копи, которые, по свидетельству А. Е. Ферсмана, разрабатывались более века.

В 1797 г. французский химик Л. Н. Воклен при анализе берилла и изумруда открыл оксид ранее неизвестного элемента, который по имени минерала берилла и назвал «берилловой землей» (землями в ту пору называли все оксиды). Через год этому новому элементу из-за сладкого вкуса его солей было дано и другое название — «глициний» («гликос» — по-гречески сладкий). Но это новое название сохранилось только во Франции. Зато первое получило гражданство во всем мире.

В 1828 г. независимо друг от друга немецкий химик Бёлер и французский химик Бюсси получили металлический бериллий в виде порошка путем восстановления хлорида бериллия калием.

В 1898 г. французский химик Лебо получил более чистый металл путем электролиза. В химических справочниках на-

чала XX в. отмечалось, что бериллий практического применения не имеет. Бериллий серебристо-серый металл, напоминающий в чем-то алюминий, очень легкий (плотность 1,85 г/см<sup>3</sup>, поэтому среди металлов стоит на втором месте после лития, в полтора раза легче алюминия), очень прочный и упругий (превосходит по этим свойствам специальные стали), жаростоек (температура плавления 1284 °С). Эти ценные свойства сохраняются и в сплавах. Сплавы маллорит (с медью) и бералит (с алюминием) используются в самолетостроении, космическом аппаратостроении, кораблестроении, приборостроении.

Сплавы бериллия применяются в качестве компонента ракетного топлива (легковоспламеняющиеся взрывчатые сплавы). Из бериллиевых сплавов изготавливают несущие конструкции и детали спутников Земли, космических кораблей (теплозащитная обшивка отсеков и самих аппаратов, возвращаемых на Землю, рули, антенны, переносные контейнеры и т. д.); используют при изготовлении ракетных двигателей, камер сгорания и сопел (ведь бериллий обладает очень высокой теплопроводностью и теплоемкостью; поэтому сопло не разрушается при рабочей температуре в 3000 °С), солнечных батарей для космических аппаратов, в конструкциях подводных аппаратов и подводных лодок. В автомобилестроении из бериллиевых сталей изготавливают «вечные» рессоры (стальные рессоры выдерживают 800 тысяч толчков, а бериллиевые — в 30 тысяч раз больше). Из бериллиевых сплавов изготавливают «окна» рентгеновских аппаратов (поскольку они в 17 раз прозрачнее алюминия).

Чистый бериллий используется для производства рентгеновских трубок, для изготовления деталей атомных реакторов, а также как источник и замедлитель быстрых нейтронов при получении атомной энергии, антикатодов циклотронов, электродов неоновых сигнальных ламп, электронных приборов.

Добывается бериллий из минералов-силикатов: берилла, фенакита, бертрандита. Берилл — назван по составу; фенакит — феррум, натрий, калий, силициум. Третий минерал назван в честь французского геолога П. Бертье. Месторождения берилла и других бериллиевых минералов приурочены к пегматитовым и гидротермальным жилам. Шестигранные кристаллы берилла в пегматитовых жилах обычно имеют до 5 см в поперечнике и до 10—15 см в длину. Но встречаются и гиганты. Например, в Бразилии добыт кристалл массой в 200 т. В США (штат Мэн) находили кристаллы массой в 16 т (5,5 × 1,2 м).

Общие запасы бериллия в недрах 14 несоциалистических стран, по данным на 1987 г., оцениваются в 1 млн. т оксида бериллия, причем две трети их размещено в Бразилии (около 0,4 млн. т) и Индии (0,2 млн. т). Выявленные ресурсы этих стран превышают 3 млн. т. Во всех странах (за исключением США) рудный минерал — берилл. Содержание окиси бериллия в рудах 0,1—0,3 %. Крупнейшие бериллиевые месторождения — пегматитовые поля; размещены они в Бразилии, Зимбабве (литиево-бериллиевое месторождение Бикита); в США (Спер-Маунтин); в Канаде (Тор-Лейк), Австралии (Брокман).

Производство бериллиевых концентратов (10—12 % оксида бериллия) в этих странах в 1986 г. составило более 800 т, из них на долю США приходится 616 т, на долю Бразилии — 177 т. В 1939 г. мировое производство бериллиевого концентрата составляло всего 10 т. Бериллий очень дорогой металл. Цена бериллия (металла) на капиталистическом рынке в 1987 г. составляла около 500 тыс. дол. за 1 т.

**Литий.** В отличие от многих уже рассмотренных на предыдущих страницах металлов о литии наши далекие предки ничего не знали. Впервые этот щелочной металл был открыт шведским химиком И.-А. Арфведсоном только в 1817 г. в минерале петалите (алюмосиликат лития). Тогда же он получил свое название «литеос» — камень (этим подчеркивалось его отличие от других щелочных металлов — калия, натрия, определенных впервые в органических породах). Металлический литий был впервые получен английским химиком Дэви в 1818 г. Много позже, в 1885 г., независимо друг от друга химики Бунзен (Германия) и Матиссен (Англия) получили в более значительных количествах металлический литий путем электролиза (электролитом служил хлорид лития) и впервые исследовали свойства металла.

Литий — редкий элемент, его в земной коре в 800 раз меньше, чем других щелочных металлов (калия, натрия). Примерно первые сто лет после открытия литий использовался лишь в фармакологии (сильный антисептик), а также в изготовлении глазурей, эмали и красок, и добыча его была небольшой. Еще в 1913 г. цена 1 г лития в Германии составляла 3,3 марки, т. е. он был дороже золота. Во второй половине 50-х гг. XX в. литий становится необходимым в атомной промышленности и других отраслях. За 10 лет (1947—1957 гг.) в капиталистическом мире его производство выросло в 70 раз: с 3,5 тыс. т литиевых концентратов (10 % оксида лития) до 250 тыс. т (т. е. 26 тыс. т металла).

Серебристо-белый, блестящий металл литий — самый лег-

кий из всех металлов (плотность 0,534 г/см<sup>3</sup>, это почти в 5 раз легче алюминия и вдвое легче воды), мягкий (режется ножом), ковкий и тягучий (легко прокатывается в тончайшие листы, прессуется), имеет низкую температуру плавления (180°), химически активен (этот металл, что легче коры пробкового дуба, можно увидеть «во всей красе», когда он в вакууме или в масле. На воздухе, соединяясь с кислородом и азотом, он покрывается белой пленкой). К важным свойствам лития относится и его высокая теплоемкость и теплопроводность, большой температурный интервал жидкого состояния (от 180° до 1327°С) при незначительной вязкости. Литий и его соединения находят применение в металлургии — для придания медистым сплавам электропроводности, для дегазации расплавленных металлов, для легирования конструкционных сплавов алюминия, магния, придания твердости и антикоррозийных свойств алюминию и свинцу, крепости бронзе, латуни, меди. Литий применяется в электронике (при изготовлении щелочных аккумуляторов), автомобилестроении и машиностроении, в изготовлении специальных сортов стекол, стекол для катодно-лучевых трубок, телевизионных кинескопов, светочувствительных стекол, фарфора, фаянса, термостойкой керамики, огнеупорных и диэлектрических материалов, глазурей и эмалей.

Изотоп Li-6 применяют в атомных реакторах, используют в защитных экранах против радиации, в качестве сырья для получения сверхтяжелого водорода — трития. Нитратные и перхлоратные соединения лития применяются в качестве окислителей твердого ракетного горючего, добавляются к жидкому топливу реакторных двигателей. Интересно, что одни литиевые соединения, являясь компонентами горючего, позволяют развивать колоссальные температуры, другие его жаропрочные соединения, напротив, используются для покрытия сопел и камер сгорания ракет. Поглотительные свойства едкого хлористого и бромистого лития позволяют использовать его для очистки воздуха на подводных лодках, в respirаторах для летчиков, в кондиционерах. Издавна литий применяется для изготовления лекарств и витаминов в медицине. Одна-две таблетки лития, взаимодействуя с водой, выделяют быстро и много водорода. На этом свойстве основано применение его в спасательных жилетах, плотиках, которыми пользуются потерпевшие на море аварию. Применение карбоната лития в форме окатышей в алюминиевой промышленности качественно изменило эту отрасль, повысив на 10 % выход металла и уменьшив на одну треть выделение фтора, все это резко увеличило спрос на литий.

В перспективе литий может стать основой энергетики будущего, так как исходным горючим для термоядерных реакторов типа «Токамак» являются дейтерий и тритий. Работы в этом направлении ведутся в СССР, США, Англии, Франции и других странах.

Из 150 литиевых минералов три имеют промышленное значение: сподумен (4—10 % литиевых оксидов), розовая слюда лепидолит (2—6 % этих же оксидов) и петалит. Название сподумен означает на греческом языке «превращенный в пепел» (или за пепельно-серую окраску, или за то, что при нагревании перед паяльной трубкой образуется масса пепельного цвета); лепидолит — от греческого «чешуя», чешуйчатое, мелкослюдястое строение. В. М. Григорьев и А. М. Портнов в 1986 г., описывая рождение литиевых руд в пегматитовых жилах, рисуют такую картину: нагретый до 500—600 °С жидкий раствор — расплав, в котором сконцентрировались пары воды, фтор, калий, натрий, литий, рубидий, цезий, бериллий и др., сжатый под давлением в тысячи атмосфер, видимо, всасывался в зоны пониженного давления — трещины. Здесь проходила кристаллизация редких металлов из гранитной магмы и образование редкометалльных пегматитов.

Основной минерал лития — сподумен представляет собой сростки кристаллов светло-серого, розоватого или зеленоватого, серо-желтого цвета, внешне они похожи на доски в теле жилы, концы которых неровно, как у щепок, обломаны. Иногда длина этих светло-серых кристаллов, например, в пегматитах Дакоты (США) достигает 12—14 м. Со сподуменом в пегматитах часто находятся и другие минералы лития — петалит, похожий на полевой шпат, и лепидолит — сиреневая или ярко-фиолетовая слюда. Т. Б. Здорик отмечает, что особенно интересны встречающиеся иногда лепидолитовые розетки, состоящие из изогнутых лепестков, крупных чешуек и шаров, получившие название по фамилии русского горного инженера Е. Н. Барбота-де-Марни — «барботовы глазки».

Сравнительно недавно выяснилось, что литий часто концентрируется в больших количествах в солёных озерах (Калифорния, Невада, Чили), а также в водах нефтяных месторождений, в подземных горячих водах, близ действующих вулканов.

Промышленные запасы лития содержат пегматитовые тела, грейзены, рапы содовых и галитовых озёр. Мировые подтвержденные запасы оксида лития, по данным 1986 г. превышают 9 млн. т. Общие его запасы в недрах и минерализованных водах 17-ти несоциалистических стран (в 1987 г. оценива-

лись почти в 30 млн. т в том числе подтвержденные 7,5 млн. т. Большая часть общих запасов (млн. т) размещена: в Бразилии — (12), Чили — 9, Заире — около 2, США — 1,7, Аргентине — 1,4, Канаде и Австралии — по 1. Вообще выявленные ресурсы лития в странах несоциалистического мира оцениваются в 132 млн. т. В рассолах Мертвого моря (Израиль, Иордания) растворено до 6 млн. т оксида лития (при его содержании в воде 0,018 г/л). В разрабатываемых пегматитовых месторождениях оксид лития составляет 1,2—2,5 % (до 4 %), а в рале озёр — 0,006—0,04 %.

Производство литиевых концентратов из пегматитов и карбоната лития, из рапы в странах несоциалистического мира превышает, по данным на 1986 г., 7,4 тыс. т (по содержанию металла), из них более 70 % добывается из пегматитов и менее 30 % из рапы озёр. Из этой суммы 5 тыс. т добыто в США и более 1 тыс. т в Чили, 0,7 тыс. т — в Зимбабве, 0,5 тыс. т — в Австралии. На капиталистическом рынке в США металл высокой чистоты в слитках по 0,45 кг продавался в 80-х гг. по 76 дол. за 1 кг, металл стандартного качества — по 48 дол. за 1 кг.

**Германий.** Это твердый и хрупкий металл светло-серого цвета. Как и литий, он был неведом древнему человеку. В 1871 г. его предсказал Д. И. Менделеев, назвав еще не открытый металл экасилицием. И только спустя полтора десятилетия, в 1886 г., в Германии химик К. Винклер открыл его. Анализируя новый серебряный металл аргиродит, он установил в нем присутствие неизвестного элемента, свойства которого подходили к элементу, предсказанному Менделеевым. В честь страны, где было сделано открытие, К. Винклер назвал элемент германием.

Практический интерес к этому элементу проявился в годы второй мировой войны в связи с возникновением и развитием полупроводниковой электроники. Начало промышленного производства германия относится к 1945—1950 гг.

Сегодня германий широко используется в радиоэлектронике для изготовления кристаллических выпрямителей (диодов) и кристаллических усилителей (триодов) для вычислительной техники, телемеханики, радарных установок и т. д. Триоды из германия используются для усиления, генерирования и преобразования электрических колебаний. В радиотехнике используются германиевые пленочные сопротивления. Применяется он в фотодиодах и фотосопротивлениях, для изготовления термисторов. В ядерной технике используются германиевые детекторы гамма-излучений, а в приборах инфракрасной техники — германиевые линзы, легированные

золотом. Германий добавляют к сплавам для высокочувствительных термопар. Металл используется в качестве катализатора при производстве искусственных волокон. Медики изучают некоторые органические соединения германия, предполагая, что они могут быть биологически активными и способствовать задержанию развития злокачественных опухолей, понижению артериального давления, обезболиванию.

Германий образует минералы аргиродит, германит и другие, но они практического значения почти не имеют. Главными источниками его получения являются сульфидные руды (извлекается попутно), малометаморфизованные углы (извлекается из их золы), некоторые железные руды, содержащие до 0,01 % германия, подсмольные воды при коксовании углей и др.

Сложная схема переработки германиевых концентратов заканчивается получением четыреххлористого германия, из которого вырабатывают диоксид германия. Последний используют для выработки элементарного металла, который, в свою очередь, очищают и далее методом зонной плавки или по способу Чохральского выращивают германиевые монокристаллы с заданными электрофизическими свойствами. Промышленность готовит монокристаллический и поликристаллический германий.

**Кадмий.** Кадмий, как и германий, один из современных материалов. Разрешая спор между медиками и городскими властями, немецкий химик Ф. Штроейр в 1817 г. при минералогических исследованиях карбоната цинка обнаружил новый элемент, который назван кадмием (на греческом означает — нечистый оксид). Почти одновременно с этим немецкие исследователи Герман, Керстен и Мейснер в 1819 г. обнаружили кадмий в силезских цинковых рудах и назвали его меллином (на латинском это означает — «желтый как айва»), клапротием (в честь М. Клапрота) и юнием (по имени открытого в 1804 г. астероида Юноны). Впоследствии утверждено было первое название Ф. Штроейра — кадмий.

По данным М. Е. Дрица, первое промышленное получение кадмия было осуществлено в конце 20-х гг. XIX в., но масштабы производства в течение дальнейших четырех десятилетий не превышали 125 кг в год. В начале XX в. добыча кадмия в промышленных масштабах возросла.

Кадмий — серебристо-белый металл с синеватым оттенком. Низкоплавкий (температура плавления 321 °С), легкий (плотность 1,54 г/см<sup>3</sup>). Входит в состав антифрикционных сплавов, сплавов на основе меди (кадмиевая бронза) и магния. Добавляют его в припой. В ядерных реакторах исполь-

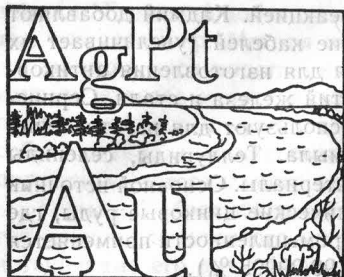
зуется для управления цепной реакцией. Кадмий добавляют в свинец, идущий на бронзование кабелей (увеличивает их вибростойкость), он применяется для изготовления антикоррозийных и декоративных покрытий железа и стали. Сернистый кадмий и сульфат кадмия используют для изготовления красителей, резины, текстиля, мыла. Теллуриды, селениды кадмия — полупроводниковые материалы. Основной источник получения кадмия — полиметаллические цинковые руды, где кадмий извлекается попутно. В промышленности применяется металл очень высокой чистоты (99,99995 %).

**Кальций.** Относится к самым распространенным элементам на Земле (его кларк 3,6 % по массе). Он буквально окружает нас и входит в состав нашего скелета. Оказывается, знакомый всем нам кальций в форме белого порошка или хрупкого камня (карбоната кальция) на деле имеет совсем иное, металлическое строение: его можно ковать, вытягивать в проволоку, прессовать, обтачивать на станке.

Элементарный кальций — это серебристо-белый мягкий металл, химически активный, энергично взаимодействующий с водой. При нагревании кальций соединяется с водородом и азотом, образуя гидрид и нитрид; он восстанавливает оксиды большинства металлов и отдельных неметаллов.

Кальций открыл английский химик Х. Деви в 1808 г., в чистом виде впервые выделен в 1855 г. Бунзеном и Матиссеном. В промышленном масштабе кальций получили в Германии в 1896 г., а в 1904 г. в Биттерфельде начал работать первый в мире завод по производству металлического кальция. На латинском языке калькс — известь, отсюда и название металла, который получили из карбонатов.

Металлический кальций очень активен, его используют для промышленной очистки аргона и гелия, в качестве газопоглотителя в высоковакуумных приборах, как раскислитель при производстве стали, его применяют для очистки от висмута и сурьмы при получении свинца и олова, в качестве легирующего металла свинцового баббита (повышает механические и антифрикционные свойства). Добавление кальция в свинец повышает его твердость, добавка к чугунам, углеродистым и специальным сталям увеличивает текучесть, повышает твердость и сопротивление. Соединения кальция применяются в целлюлозно-бумажной промышленности, в косметике, кожевенной промышленности. Ядовитые соединения кальция с мышьяком используют для борьбы с вредителями в сельском хозяйстве. Соединения с фосфором и цианомидами кальция — это удобрения (суперфосфат, азотные удобрения и т. д.).



## О БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛАХ

Благородными металлами издавна называют золото, серебро и платину. К ним относят еще пять более редких металлов — рутений, родий, палладий, осмий, иридий (все это платиноиды — восьмая группа Периодической системы Менделеева).

Отличаясь химической стойкостью, все эти металлы встречаются в природе почти исключительно в чистом — самородном виде, и, в отличие от остальных металлов, почти не вступают в химические реакции и не образуют соединений с другими элементами, мало поддаются коррозии. Для них характерна высокая пластичность (можно прокатывать листы толщиной до 0,0001 мм), благодаря которой золото очень точно передает и сохраняет приданную ему форму. Платиноиды кроме того отличаются тугоплавкостью и высокой твердостью. Серебро обладает сверхвысокой электропроводностью и теплопроводностью, а платиноиды, наоборот, имеют сверхнизкую электропроводность и теплопроводность. Указанные свойства определяют области применения этих металлов (рис. 10).

Благородные металлы занимают особое место среди остальных минеральных ресурсов. Доля их в общем объеме горнодобывающей промышленности мира мизерна и составляет около 0,00005 %, в то же время, благодаря их высокой стоимости, в ценностном выражении это составляет примерно 5 %. Иными словами, стоимостное выражение добычи благородных металлов приблизительно в 100 000 раз выше за единицу массы любого (кроме алмаза) другого полезного ископаемого.

**Золото.** Судя по древним легендам, первым металлом, который узнал и применил в прошлом человек, было золото. Быть украшением, символом Солнца в представлениях человека, служить в качестве денег — таковы наиболее древние «обязанности» золота в человеческом обществе.

Материалы археологических раскопок утверждают что

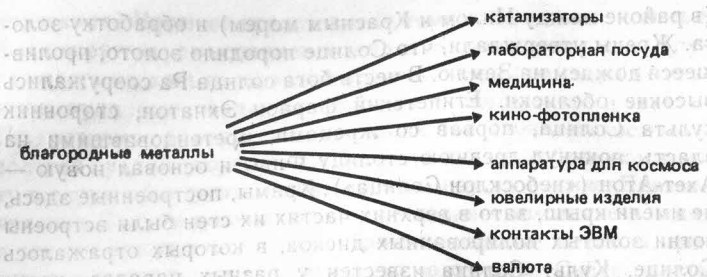


Рис. 10. Применение благородных металлов

примерно 11—12 (а по некоторым данным даже 14) тыс. лет назад, т. е. за 8 тысячелетий до наступления бронзового века, еще в конце позднего палеолита или в мезолите, женщины Африки, колыбели человечества, уже носили золотые бусы, подвески из расплюсченных золотых самородков. Добыча его, вероятно, началась на территории современного Египта. Люди, жившие здесь, называли Солнце «большим диском яркого золота».

Культ золота как отражение культа Солнца на Земле, его могущества, по-видимому, долго существовал в Египте и был распространен далеко за его пределами. Перелистаем лишь несколько страниц из истории человечества, известных нам благодаря открытиям археологов, сохранившимся остаткам материальной культуры древних цивилизаций, работам историков и других ученых. При раскопках захоронений египетской знати обнаруживают большое количество разных изделий из золота. Из египетских папирусов сегодня известно, что 2150 лет назад в Египте добывалось как минимум 50 т золота в год! Это почти столько же, сколько добывалось во всей царской России в годы наибольшего расцвета золотодобычи (1913 г.) или позднее в середине XX в. в таких богатых золотом странах как США и Канада. Затем, еще до нашей эры, уровень добычи египетского золота резко упал.

В 1907 г. археологи нашли впервые в могиле неизвестного фараона в долине Царей у Фив, на левом берегу Нила, многочисленные золотые изделия. А спустя 15 лет в этом же районе английский археолог Г. Картер обнаружил гробницу фараона Тутанхамона (жил около 3400 лет назад) и поразил мир своими находками: золотой гроб, в котором находилась мумия фараона, в 110 кг, из золота была и маска, мастерски выполненная древним художником.

Древний Египет считают страной, начавшей добычу

(в районе между Нилом и Красным морем) и обработку золота. Жрецы утверждали, что Солнце породило золото, пролившееся дождем на Землю. В честь бога солнца Ра сооружались высокие обелиски. Египетский фараон Эхнатон, сторонник культа Солнца, порвав со жрецами, претендовавшими на власть, покинул древнюю столицу Фивы и основал новую — Ахет-Атон («небосклон Солнца»). Храмы, построенные здесь, не имели крыш, зато в верхних частях их стен были встроены сотни золотых полированных дисков, в которых отражалось Солнце. Культ Солнца известен у разных народов, часто разделенных океанами, веками и тысячелетиями.

Когда в погоне за золотом испанские мореплаватели начали эпоху великих географических открытий и проложили путь в Америку Эрнану Кортесу (1519 г.), индейцы, встретившие его доброжелательно, принесли вместе с другими дарами два диска, каждый размером до 1 м в диаметре, один из золота, другой из серебра (как символы Солнца и Луны).

В IX—XII вв. н. э. культ Золота — Солнца был распространен в государстве инков (современная территория Перу, Эквадора, Боливии, частично Чили и Аргентины) в доколумбовой Америке. На территории современного Перу, в Куско, существовал храм Солнца, в котором божество олицетворял огромный золотой диск с «глазами» — самоцветами. Стены Дворца Инки были покрыты листовым золотом, а в золотом саду при Храме Солнца из золота были сделаны деревья, птицы и бабочки, летучие мыши и змеи. Культ золота у индейцев Южной Америки явился основой для возникновения легенды о стране Эльдорадо. К этому времени в Западной Европе золото уже стало символом богатства. Именно это обстоятельство подтолкнуло испанских конкистадоров в далекое путешествие к берегам Южной и Центральной Америки.

Золото и серебро, накопленное за многие столетия ацтеками, инками и другими народами, награбленное затем испанскими и португальскими завоевателями, переправлялось в Западную Европу. Особенным вероломством и жестокостью отличались Эрнан Кортес и Франсиско Писарро (XVI в). Беспредельная алчность европейских завоевателей проявилась еще в том, что почти ничего из золотых вещей того времени, принадлежащих древним народам Южной Америки, они не сохранили: все переплавили в слитки.

Сегодня в Боготе, колумбийской столице, есть единственный в мире музей — Музей золота, в котором находится коллекция из 8000 древнеиндейских золотых вещей (предметы культа, украшения), когда-то принадлежавших древнему населению Южно-Американского континента. Откуда же эта

коллекция? Часть ее представлена теми предметами, которые были спрятаны от испанцев в джунглях тропических лесов. Другая часть несколько столетий пролежала на дне озера Гаутовита, куда они попали в результате священного ритуала. По древнему обряду вождя натирали благовониями, осыпали золотой пудрой (порошком). Затем вождь на небольшом плоту в окружении свиты, отплывал по озеру на восток. При появлении Солнца начиналось торжественное омовение вождя, в это же время в воду озера бросали золотые амулеты, фигурки животных, кольца, браслеты, ожерелья. Сейчас часть озера осушили и достали золотые изделия древних индейских мастеров. Они стали экспонатами Музея золота в Боготе...

В конце XIX в. в Эль-Амарне (Египет) был обнаружен архив глиняных табличек — переписка египетских фараонов, живших три с половиной тысячи лет назад, с царями Ассирии, Вавилона, с египетскими вассалами в Сирии и Палестине. Из их содержания узнали, что Египет был богат золотом, а цари и вассалы нуждались в нем, поэтому и просили фараонов дать им золото, взамен они предлагали разные товары. Полагают, что эти Эль-Амарнские глиняные таблички и есть первые свидетельства использования золота в качестве мировых денег и как важного фактора международных отношений.

Тысячелетие спустя (2500 лет назад) в рабовладельческом государстве Лидия (западная часть Малой Азии) с целью упорядочения торговли с Грецией и восточными соседями была введена в обращение золотая монета. Персидский царь Кир, покоривший Лидию, оценив по достоинству удобство, распространил чеканку золотых монет и в других странах Востока (например, стали чеканить дарики).

В 1359 г. в Гейдельберге были отчеканены из рейнского золота первые золотые гульдены. Народный эпос называл рейнские месторождения кладом Нибелунгов (но еще раньше, в 1200 г., родилась легенда и всемирно известная «Песнь о Нибелунгах»).

В начале XVII в. появились золотые монеты — гривеники, пятаки и в России. Они были выпущены Василием Шуйским. Императрица Елизавета Петровна ввела крупную золотую монету достоинством в 10 руб. (в честь титула Елизаветы монету называли империалом).

Происхождение слова «золото» стерлось из памяти человечества вследствие его древности, но вероятно, все же оно имеет общее происхождение с корнем «сол» — Солнце. Золото — самый известный и самый красивый из благо-

родных, да и вообще из всех металлов. Сегодня в мире это всеобщий эквивалент товарной стоимости, валютный металл, а в силу своих природных особенностей (устойчивость, химическая инертность, вечный немеркнущий блеск, тягучесть и ковкость) оно используется для изготовления ювелирных украшений.

В наше время на изготовление украшений, ювелирных изделий идет около одной пятой части ежегодно добываемого металла. Примерно половина добываемого золота сохраняется в сейфах банков в виде золотого запаса стран, расходующего при межгосударственных расчетах. Применение золота в ювелирном деле и в качестве денег и валюты иногда приводит к ошибочной мысли, что золото используется в основном для этих целей. В последние десятилетия с развитием научно-технического прогресса, созданием ЭВМ и компьютеров, космической техники, электротехники оно нашло широкое применение, а цена на него повысилась. Золото стало сегодня «царем металлов».

Золото — очень тяжелый металл. Его плотность  $19,32 \text{ г/см}^3$ , поэтому, например, золотая горошина диаметром менее 5 см имеет массу более 1 кг, а в литровую бутылку можно насыпать более 19 кг золотого песка. Температура плавления золота  $1063^\circ\text{C}$ . Это очень мягкий, самый тягучий и ковкий из всех известных металлов: золото легко расплющивается в тончайшие пластинки и вытягивается в длинную нить (например, золотую горошину можно расплющить в прозрачный лист площадью  $50 \text{ м}^2$  или вытянуть в нить длиной до 15 км). Иногда эти особенности используются в промышленности и в ювелирном деле. В большинстве же случаев золотые изделия производятся с помощью литья и припайвания отдельных частей изделий.

Золото обладает высокой электропроводностью. Оно образует сплавы со многими другими металлами (платиной, палладием, серебром, медью, висмутом, хромом, кобальтом, никелем, алюминием, кадмием, цирконием). В золотых сплавах легирующими металлами служат серебро и медь, в качестве добавок используют никель и платиноиды. Из сплавов золота, серебра и меди делают волоски точных приборов. Из этого же сплава, а также из сплавов золота, палладия (30 %) и платины (10 %), золота, палладия (35 %) и вольфрама (5 %), циркония (3 %), марганца (1 %) делают миниатюрные электрические контакты, способные без прилипания выдерживать бесконечное количество замыканий и размыканий. Это очень важно при изготовлении космической техники. Золото используется и в качестве конструкцион-

ного материала при производстве крупных ускорителей элементарных частиц. Из мягкого золота для ускорителей изготавливают кольца, шайбы, запаивают стыки.

Сегодня золото широко применяется в промышленности. Примерно 10 % добываемого в мире золота уже сейчас идет на производство плавких и электрических контактов в электропечах и приборах, в ЭВМ, в виде сварочных материалов, в деталях реактивных двигателей, ракет, ядерных реакторов, для изготовления термопар... Из золота делают чистейшую лабораторную посуду. Золотом покрывают космические корабли, ракеты, искусственные спутники Земли для отражения радиации и тепловых лучей в космосе (на  $1 \text{ м}^2$  поверхности при золочении нужно примерно 3 г золота). В этом случае обеспечивается и эффективное терморегулирование наружной обшивки космических аппаратов, она не окисляется, хорошо пропускает ионы и другие заряженные частицы, не давая им скапливаться. На эти нужды идет много золота. Например, из газетных публикаций известно, что на американский космический корабль «Колумбия» было израсходовано более 40 кг золота.

С давних пор используют и такое «золочение» как приклеивание специальным лаком тончайших золотых листов к дереву, меди, железу. Иногда для этих целей используется золотой порошок, который наносится на специальный клей, позднее для золочения стали применяют гальванический процесс. Сейчас золотят детали проводников в высоковольтной радиоаппаратуре, отдельные части рентгеновских аппаратов, отражатели для сушки инфракрасными лучами. Примерно 5 % добываемого в мире золота используется в зубо-врачебном деле и медицине.

Археологами в Южной Америке найден череп вождя инков со следами хорошо выполненной трепанации. Отверстие черепа древний хирург закрыл тонкой пластиной из золота. Давно известно, что соли золота повышают сопротивляемость организма заболеванию туберкулезом. Тиосульфат золота и натрия и трифал ныне применяются для лечения кожной болезни — эритематозной волчанки. Радиоактивные изотопы золота успешно используют для лечения злокачественных опухолей. Например, создан «радиоактивный пистолет» с обоймой из 15 стержней из радиоактивного золота с периодом полураспада в 2,7 суток. Лечение с его помощью позволяет ликвидировать поверхностно расположенную опухоль уже на 25-е сутки. Причем, преимуществ этого метода лечения в том, что частицы радиоактивного золота инертны, поэтому их не обязательно столь быстро

выводить из организма. В иглолечении используются иглы из золота.

Когда речь идет о золоте, обычно называют его пробу и отмечают ее в виде цифры на изделии. Проба — это число весовых частей химически чистого золота в 1000 частях самородного золота или сплава. В СССР для золота в ювелирном деле установлены пробы 375, 500, 583, 750, 958. В применении к золоту используется и такая единица как карат. Но этот «золотой карат» означает не абсолютное количество золота, а относительное содержание его в сплаве. Принято, что чистому золоту соответствует 24 карата, тогда золото 500 пробы будет 12 карат, а 750 — 18 карат.

Золото не образует соединений с кислородом, с водородом, азотом и углеродом. В природе оно обычно (99 %) встречается в самородном виде. Одновременно с этим золотом никогда не бывает химически чистым, проба его составляет обычно 700—960, чаще всего оно содержит примесь серебра или других металлов. Смесь золота с серебром называется минералом электрумом (50—85 % золота) с медью — купроауридом (по весу до 20 % меди), с палладием и серебром — порпецитом (5—11 % палладия и до 4 % серебра), с теллуrom — калаверитом (до 39 % золота).

Золото добывают из коренных и россыпных месторождений. Коренные — в основном гидротермальные, среди них выделяются собственно золоторудные (золотоносные кварцевые жилы) и комплексные (кварцево-сульфидные жилы), из которых золото извлекается попутно. Минимальное содержание золота в собственно золоторудных коренных месторождениях 2 г/т, а в комплексных — до 0,06 г/т. Богатые руды содержат до 15 г/т.

С давних времен золото добывалось человеком из россыпных месторождений, образованию которых способствовали химическая инертность этого металла и его тяжесть. Россыпи возникают в результате разрушения коренных золоторудных залежей в процессе их выветривания и переработки текучими водами. Золотоносные россыпи бывают аллювиальными (речными) и прибрежно-морскими. Минимальное содержание золота в них 0,1 г/т (для механизированной добычи).

Золото в коренных месторождениях встречается обычно в виде красивых красновато-желтых кристаллов и их сростков — друз, а также различных скелетиков и каркасов; часто наблюдается чешуйчатое золото в виде пластинок и листочков, в форме дендритов, выросших в условиях сильного стеснения. В россыпных месторождениях золото встречается чаще всего в виде мельчайших пластинок.

Крупные запасы золота наблюдаются в тех месторождениях, где оно тонковкрапленное, там же, где встречаются хорошо выраженные самородки, как правило, запасы небольшие. Эта особенность золоторудных месторождений является исключением из общих закономерностей в размещении металлических руд.

У древних племен, населявших современную территорию нашей страны, были изделия из золота, что подтверждается многими археологическими находками, но можно лишь предполагать, сколько доставлялось издалека, а сколько его находилось на месте.

В России золото добывается фактически с 1726 г., когда еще при Петре I Демидовы начали попутную добычу золота при разработке серебряных рудников Алтая. В 1745 г. золото в небольших количествах добывалось в Воицком руднике в Карелии. В том же году в мае было открыто первое (известное нам) коренное месторождение крестьянином с. Шарташ Екатеринбургского уезда Ерофеем Марковым. Занимаясь поисками сырья для хрусталя, он нашел четыре золотинок (мелкие самородки золота) в том месте, где ныне расположено знаменитое Березовское месторождение. С этих золотинок и началось развитие золотодобычи в России (на месте находки Маркова сразу был заложен рудник Первоначальный).

В 1814 г. горный мастер Л. И. Брусицын здесь же на Урале открыл золотоносные россыпи. Вскоре были выявлены ныне широко известные золоторудные районы Урала. В первой трети XIX в. была установлена золотоносность юга Западной Сибири, Енисейского края, Восточного Саяна, Восточного Забайкалья, Казахстана; в середине XIX в. открыты месторождения в Восточной Сибири и Прибайкалье, в 1864 г. — в бассейне р. Бодайбо и на Дальнем Востоке, в конце XIX века — в Северном Казахстане.

Кстати, Россия первой начала освоение россыпей и, таким образом, открыла эпоху крупномасштабной промышленной добычи золота. Уже в советское время открыты такие золоторудные провинции как Алданская и Колымская. Сейчас в СССР известны коренные и россыпные месторождения золота, среди которых Березовское (Средний Урал), Советское (Енисейский край), прииски Вознесенский, Успенский и Благовещенский (Восточная Сибирь), Горняк и Светлый (Якутская АССР), Дарасунское, Балейское, Пильное и Дмитриевское (Южное Забайкалье), рудные районы Колымы и Чукотки.

Месторождения золота известны в КНР и КНДР. Об-



щие запасы золота в развитых капиталистических и развивающихся странах, подсчитанные в недрах 74 государств, по данным на 1987 г., оцениваются в 57,8 тыс. т, в том числе подтвержденные 33,5 тыс. т. В ЮАР сосредоточено более 60 % общих и около 80 % подтвержденных запасов. К уникальным месторождениям коренного золота относятся такие, разведанные запасы которых превышают 100 т, к крупным — 50—100 т. Для россыпного золота приняты иные пропорции: соответственно более 50 т и 25—50 т. В ЮАР, в районе Йоханнесбурга, размещается группа сверхуникальных месторождений, объединенных в золотоносный район Витватерсранд. Есть и в США уникальные месторождения — Хомстейк, Раунд-Маунтин, Голд-Кворри и др.; в Бразилии к уникальным относятся Жакобина, Араси; в Канаде — Хемло, Детур-Лейк; в Австралии — Олимпик-Дэм. Крупные месторождения золота известны в Зимбабве, Заире, Мексике, Колумбии, Перу, Венесуэле, Гайане, Гвиане, Индии, Новой Зеландии, Папуа-Новой Гвинее, Южной Корее, Тайване.

Большая часть ресурсов золота в мире заключена в месторождениях докембрия (Алданский, Украинский, Канадский, Африкано-Аравийский щиты), известны залежи золота в киммеридах (в СССР — Забайкалье, Северо-Восток, в США — Аляска, Калифорния) и альпидах (Анды, Филиппины). Кроме того в кайнозойских породах золото встречается в виде молодых россыпей, размещенных вблизи коренных пород.

Сейчас в мире добывается более 1500 т золота ежегодно (так в 1986 г. произведено 1556 т, из них в несоциалистических странах 1281 т). Золото в несоциалистическом мире добывается в 47 странах, но 98—99 % добычи сосредоточено всего в 10—12 странах (табл. 3), из них около 60 % приходится на ЮАР.

Добыча золота в несоциалистическом мире растет неравномерно. Так, накануне второй мировой войны в этих странах добывалось около 1140 т золота в год, в середине 70—80-х годов — менее 1000 т, к 1985 г. уровень достиг довоенного, а в настоящее время он повысился почти до 1300 т (в 1987 г. — 1297 т), в США добыча в 1987 г. возросла до 124 т, в Канаде до 115, зато в ЮАР упала до 606 т. В СССР по зарубежным данным в 1987 г. добыто 275 т.

Золото встречается в природе в основном в самородном виде. Самородком может быть и крупинка уже в 0,1 г и кусок в несколько килограммов. Самородки, имеющие массу около 1 кг, — музейная редкость, более 10 кг — уникальные находки. В мире известны очень большие золотые самородки.

В 1872 г. на руднике Хилл-Энд, в 100 кг от Сиднея добыт самородок «Плита Холтермана» (Холтерман — один из совладельцев рудника), содержащая 93,3 кг золота. Тремя годами раньше в этой же стране был найден самородок «Желанный Незнакомец» массой в 71 кг, позднее самородок «Блестящий Барклей» (54,2 кг) и другие. В Калифорнии найден самородок в 35,6 кг, в Бразилии в районе Серра-Палада (в переводе «Лысая гора»), что находится в 400 км выше устья Амазонки, в 1983 г. найдены самородки весом в 62,4 кг, 48 и 39 кг. Большая часть самородков, найденных в странах капиталистического мира, разрушается и переплавляется в банковские слитки. Самородки, найденные в нашей стране, сохраняются как уникальные явления природы.

Среди сокровищ Алмазного фонда СССР хранится около сотни крупнейших самородков золота. Многим из них присвоены собственные имена, самым крупным из них является знаменитый «Большой Треугольник» (масса 36,015 кг), добытый 26 октября 1842 г. на Южном Урале в Миассе под углом здания горнообогатительной фабрики мастеровым завода Никифором Сюткиным (самородок представляет собой прямоугольный треугольник с катетами 34 и 27,5 см и толщиной до 8 см). Менее крупные самородки «Большой Таельгинский» (14,146 кг) и «Лошадиная голова» (13,777 кг) найдены в 1935 и 1936 гг. также на Южном Урале; «Великан Бодайбо» (12,338 кг), «Дельфин» (10,04 кг), «Сечка» (2,957 кг) добыты

Таблица 3  
Добыча золота в главнейших развитых капиталистических и развивающихся странах по годам (в т)

Страны	1913	1940	1960	1970	1975	1980	1985	1986
Всего	652	1138	1047	1273	956	944	1144	1281
В том числе:								
ЮАР	274	437	665	1000	713	675	670	640
Канада	26	166	144	75	51	51	86	107
Бразилия	—	5	6	9	13	35	63	67
США	134	151	53	54	33	30	79	108
Филиппины	1	35	13	19	16	22	25	40
Австралия	69	51	34	20	16	17	57	74
Колумбия	5	20	14	7	11	17	26	27
Папуа-Новая Гвинея	—	—	—	1	18	14	31	36
Чили	—	—	—	—	4	7	17	19
Зимбабве	22	26	18	15	16	11	14	15
Гана	12	28	27	22	18	11	13	14
Доминиканская Республика	—	—	—	—	6	11	10	9

в 1957, 1958 и 1946 гг. в Бодайбо; «Верблюд» (9,288 кг) на Колыме. Известно много крупных (от 0,308 до 10,103 кг), но безымянных самородков. Большая часть самородков в Алмазный фонд СССР поступила с Колымы, Бодайбо, Урала.

В 1825 г. по цареву указу в «Музеум» Санкт-Петербургского горного института всем золотопромышленникам и чиновникам казны было предписано сдавать все найденные самородки. Их общая масса достигла 450 кг. В 1917 г. это золото было национализировано и стало общенародным достоянием. При угрозе немецкой оккупации самородки были вывезены в Казань, где сконцентрировался весь золотой фонд нашей молодой республики. В 1918 г. Казань захватили контрреволюционеры и чехословаки-белогвардейцы. Затем золотой фонд (почти 489 т) был переправлен в Самару, отсюда в Челябинск, потом в Омск, где попал в руки «верховного правителя» Колчака. Треть золотого фонда была при этом растрчена. Но большую часть удалось вернуть республики. По акту приемки золотого запаса от белочехов 16 января 1920 г. было получено 28 вагонов с золотом и 7 вагонов с платиной и серебром (на сумму 397,4 млн. золотых рублей). Золото перегрузили в специально подготовленные ящики и в 13 пульмановских вагонах оно было переправлено снова в Казань.

Сколько же золота добыто человечеством за всю его историю? Вопрос сложный и интересный. Изучив местонахождение древних золотых рудников, определив объем сохранившихся золотых изделий, прочитав письменные источники, немецкие ученые А. Зетбер (в 1879 г.), а затем Г. Квининг (в 1948 г.) приводят данные по добыче золота в истории человечества. Эти материалы в отношении добычи золота в прошлом признаны классическими. Поскольку сегодня просто невозможно с большей точностью, чем сделали это ученые, определить добычу золота, ибо текущая статистика (из-за большой секретности, которая всегда окружала производство золота) стала удовлетворительной примерно около века назад.

Данные А. Зетбера, Г. Квининга и наши подсчеты за последние десятилетия позволяют предположить, что за всю историю человеческого общества в мире (за исключением СССР) добыто почти 103 тыс. т. золота, из них около 40—45 % и сейчас хранится в сейфах различных государств в качестве золотого фонда (например, в хранилищах правительства США в 1949 г. было сосредоточено около 22 тыс. т. золота), около одной трети золота заключено в ювелирных изделиях и, хотя золото «вечный» материал, все же 10—11 %

его истираются и механически разрушается, вновь рассеиваясь в природе. В последние годы усиливается тенденция производства из золота ювелирных изделий, на прежнем уровне сохраняются объемы перевода золота в золотые банковские слитки и несколько уменьшается его использование в промышленности в результате успешных поисков заменителей.

В прошлом люди старались уберечь золотые богатства, прибегали к разным способам хранения. Например, у г. Бангкока, столицы Таиланда, приблизительно 700 лет стояла очень большая статуя Будды. Около полувека назад ее решили перенести в другое место. При этом неожиданно лопнула каменная оболочка Будды. В трещинах заблестел металл. Камень оказался облицовкой. Когда его сняли, перед людьми предстал золотой Будда, вес которого составил 5,5 т. Возможно, в XIII—XIV вв. во время междоусобных войн служители Будды одели на статую каменный «скафандр», чтобы враги не увидели золота. Статуя эта хранится в золотом святилище г. Бангкока.

103 тыс. т. золота. Много это или мало? Учитывая плотность золота, можно определить, что в каждом кубическом метре вмещается его 19,3 т. А это значит, что все золото, добытое человечеством, заняло бы объем около 5000 м<sup>3</sup>, т. е. могло бы разместиться в обыкновенном актовом зале средних размеров или крупной лекционной аудитории. А ежегодно добываемое ныне золото (немногим более 500 т или около 60 м<sup>3</sup>) вполне может уместиться в комнате, имеющей площадь 20 м<sup>2</sup>.

В древнем мире за 5000 лет, до 500 г., было добыто около 10,3 тыс. т (10 % от всей суммарной добычи) золота, причем 41 % в Африке, около 39 % в Европе и 20 % в Азии; с 500 до 1500 годы — почти 2,5 тыс. т (большая часть в Азии и Африке). В XVI в. добыча золота в Старом Свете несколько падает, зато возрастает в Америке. Это положение удерживается с XVI по XIX в. В XIX в. почти треть золота мира добыта уже в Австралии, а с XX в. при усилении добычи золота в Америке пальма первенства устанавливается за Африкой (ЮАР). Такова в самых общих чертах история золотодобычи.

Явление миграции центров золотодобычи в мире очень интересно, поэтому попробуем его проследить. В древнем мире (до падения Рима в V в.) главными золотодобывающими районами были Египет (вместе с современным Суданом) и Пиренейский полуостров. Египтяне вначале добывали золото из россыпей, затем и из коренных месторождений. В этой стране до наших дней сохранились остатки древних золотых

рудников, глубина которых иногда более 100 м. В росписях гробницы одного из крупных чиновников, жившего примерно 4,5 тыс. лет назад, имеются подробные изображения добычи, плавки и обработки золота.

На Пиренейском полуострове (Испания и отчасти Португалия) золото известно также с глубокой древности, но добыча его оживилась лишь однажды, после римских завоеваний, в период второй Пунической войны (конец II в. до н. э.). Здесь золото добывалось из прибрежных песков, а затем и из коренных месторождений северных районов Испании. В это же время золото добывалось в Галлии (будущая Франция), Италии и на Балканах. Все эти территории были тогда также подвластны Риму. Добывалось золото в Индии и Средней Азии.

В средние века (501—1492 гг.) добыча золота в Европе сократилась. В конце этого времени главным источником золота стала Африка, ее западное побережье. Например, с XV в. современное государство Гана так и называлось «Золотым Берегом».

Открытие Колумбом Америки привело к оживлению добычи драгоценных металлов. Хотя испанцы и португальцы в храмах Нового Света обнаружили много драгоценных металлов, им так и не удалось найти коренных залежей золота. Золото здесь добывалось из небольших россыпей.

И все же в течение нескольких столетий Центральная и Южная Америка были основными золотодобывающими районами мира: в XVI в. здесь было добыто 1/3 мирового, в XVII в. — более половины (главным образом Колумбия и Боливия), в XVIII в. — 2/3 (в основном Бразилия, современный штат Минас-Жераис). Бразилия была в ту пору колонией Португалии. Последняя и стала первой страной, которая официально ввела золотую денежную систему, отказавшись от серебра. В 1800 г. добыча золота в Бразилии составила 840 т — в 6 раз больше того объема золота, который был вывезен испанскими разбойниками из Мексики и Перу.

Конец XVIII — первая половина XIX вв. ознаменовались снижением уровня золотодобычи. Подсчитано, что, например, в 1741—1760 гг. мировая добыча золота не была выше 24,6 т, а в 1811—1820 гг. снизилась до 11,4 т. Именно в этот момент на первое место по добыче золота вышла Россия, которая в 1831—1840 гг. дала более одной трети мировой добычи (в ту пору золото добывалось у нас и на Урале, и на Алтае).

Вновь оживляется добыча золота в мире в середине XIX в. с открытием золоторудных месторождений Кали-

форнии и Австралии. В январе 1848 г. в Калифорнии плотник Джеймс Маршалл и мельник Джон Саттер близ слияния рек Америкэн и Сакраменто обнаружили в речном песке крупинки золота. С этого момента в Калифорнии началась золотая лихорадка. Золото Калифорнии выдвинуло США на первое место в золотодобыче, которое в целом сохранялось почти до конца XIX в. Австралия представляла собой край каторжан, высланных из Англии за «особо тяжкие» преступления. Но в 1851 г. в штате Виктория было обнаружено золото. Искатели драгоценного металла устремились сюда. За 10 лет золотой лихорадки население континента утроилось и достигло 1,2 млн. человек. В связи с открытием месторождений в Калифорнии и Австралии, увеличением добычи золота в России, во второй половине XIX в. было добыто вдвое больше золота, чем за всю эпоху после открытия Америки.

В 1867 г. в Южной Африке, в долине р. Вааль были открыты южноафриканские алмазы. Сюда тоже хлынули искатели счастья. Вскоре в песчаных наносах рек обнаружили следы золота, а позднее в 1885 г. на ферме Остхейзен было открыто первое коренное месторождение золота. В отличие от других районов мира здесь содержание золота в конгломератах относительно небольшое, но зато очень постоянное. Месторождение было названо по имени возвышенности Витватерсранд. Золотоискатели, хлынувшие сюда со всего мира, основали город — Йоханнесбург — Голден-сити (Золотой город), как его называли буры. Здесь золото находится в наклонно залегающих слоях кварцитового конгломерата на возвышенности Витватерсранд. В этих конгломератах, пласты которых простираются на сотни километров и содержат золото, платину, серебро и урановую смолку — руды урана. К сегодняшнему дню из этих конгломератов (с 1885 г.) извлечено не менее 42 тыс. т золота (т. е. почти половина золота, добытого человечеством за всю историю), причем примерно еще 55 тыс. т (а это 65 % от потенциальных золотых ресурсов несоциалистического мира) золота еще сохраняется в этих конгломератах.

Месторождение Витватерсранд и сегодня крупнейшее в мире. Добыча золота здесь производится в рудниках глубиной до 4 км (3962 м), в конечных забоях которых постоянная температура плюс 55 °С. Сегодня на этом месторождении работает более 400 тыс. горняков, в основном негров — банту. Самое современное оборудование и самая жесточайшая эксплуатация работающих. Они добывают ежегодно почти 700 т золота. Здесь на каждого работающего приходится около 1,8 кг золота в год или 6 г золота в день. А начина-

лась добыча золота старателями, вооруженными лишь лопатой и лотком. В 1886 г. добыча 1 т, в 1898 г. — уже 177 т, а самое большое количество золота было извлечено в 1970 г. — 1000,4 т. С начала XX в. до настоящего времени ЮАР занимает ведущее место по добыче золота в мире.

В конце XIX в. в зарубежном мире произошло еще одно крупное событие — были открыты богатые золоторудные месторождения Аляски и Северной Канады, вызвавшие Клондайкскую золотую лихорадку. Но и это открытие в принципе не смогло изменить установившейся общей тенденции производства золота в XX в. Сегодня россыпи Аляски практически выработаны.

В XX в. были открыты крупные месторождения золота в Канаде (в основном в провинции Онтарио), которые позволили этой стране выйти на второе место в мире по разведанным запасам золота.

Россия к середине XIX в. давала 40 % мировой добычи золота, но затем в связи с открытиями месторождений в Калифорнии (1848 г.), Австралии (1851 г.), Трансваале (1885 г.), на Аляске (1890 г.), доля ее снизилась, например, в 1910 г. в России было добыто 63,6 т золота (что составило 9,3 % мировой добычи), эксплуатировалось в то время 2000 приисков и рудников, при этом только 1 % капиталовложений в золотодобывающую промышленность составил русский капитал, а 99 % — английский, французский, бельгийский.

На капиталистическом рынке цена на золото в течение долгого времени была стабильной. Она была установлена казначейством США: с 1934 г. по декабрь 1971 г. составляла 35 дол. за тройскую унцию (31,1035 г чистого золота). Однако валютно-финансовый кризис, падение курса доллара заставил США отказаться от поддержания стабильной цены на золото. В связи с конкуренцией на рынке золота, с одной стороны, и ростом спроса на него (стремление обезопасить денежные накопления от инфляции; расширение его промышленного применения в электронной, атомной, радиотехнической промышленности; накопление его в качестве стратегического валютного резерва), с другой — наблюдается колебание цен и в целом значительное их повышение. Так, в 1980 г. цена унции золота превысила 800 дол., затем снизилась до 300 дол. в 1985 г., а в 1987 г. составляла 460 дол. Таким образом, цена 1 г золота достигает сейчас примерно 15 дол.

Мировой рынок золота отличается высокой степенью монополизации. К примеру, принадлежащий семейству Оппенгеймеров транснациональный конгломерат «Англо-Америкен» и «Де Бирс» контролирует более четверти всего производства

золота капиталистического мира (и практически всю торговлю алмазами).

Многие золоторудные месторождения уже выработаны. Отметим, однако, что, по расчетам геохимиков, только в земной коре содержится около 100 млрд. т рассеянного (не в месторождениях) золота и в воде Мирового океана еще 10 млрд. т (по 4—10 мг на каждую тонну воды). Это более чем в миллион раз больше, чем его было добыто человечеством. В XX в. уже не раз предпринимались попытки наладить извлечение золота из морской воды, из крупных месторождений морских солей — этих остатков давно высохших морских бассейнов. Но пока безуспешно. Поиски в этом направлении ведутся, поскольку задача эта считается практически разрешимой.

Сегодня разрабатывается и еще одно интересное направление: несколько лет назад стали известны бактерии, использующие в своей жизнедеятельности золото. В районах отработанных отвалов бывших золотоносных песков запускают культуру этих бактерий, которые концентрируют в своем теле рассеянные в породе остатки золота. А затем эти бактерии извлекают и получают из них золото. Известны разновидности плесневых грибов, которые в процессе жизнедеятельности «высасывают» золото из растворов, покрываясь пленкой позолоты. Экспериментально проводилась сушка этой пленки, прокаливание ее. В результате получали золото. Таким образом, существует целый ряд живых существ, способных помочь человеку научиться извлекать золото из самых различных пород, где оно находится в рассеянном виде.

Интересен и еще один способ «добычи» золота. При бомбардировке платины, иридия, ртути и таллия нейтронами в атомных ускорителях исследователи получают радиоактивные изотопы золота, которые затем используют в медицине.

**Серебро.** Серебро позднее чем золото стало использоваться человеком. Об этом свидетельствуют и легенды, и археологические памятники. Самые древние серебряные изделия — мелкие бусинки и прошивки — найдены археологами в культурных слоях, накопившихся в Присредиземноморье около 4 тыс. лет назад. Известно, что серебро издавна добывалось в Египте, Древней Греции, Иберии. Серебро, как и золото, обожествлялось человеком. Если золото в представлениях далеких предков олицетворяло Солнце, то серебро — Луну. Так было, например, в древней Ассирии и Вавилоне, а позже у индейцев Нового Света. В отличие от золота серебряные изделия в археологических раскопках встречаются редко. Возможно это связано с тем, что серебро

может переходить в Земле в неустойчивые хлористые соединения и даже растворяться.

Серебро — светло-серый металл, очень тяжелый (плотность  $10,49 \text{ г/см}^3$ ), исключительно пластичный (1 кг его можно вытянуть в проволоку длиной 2 км и более); хорошо полируется, не окисляется на воздухе, имеет температуру плавления  $960,5^\circ \text{C}$ . Серебро обладает самыми высокими электропроводностью и теплопроводностью среди всех металлов. Со многими тяжелыми металлами образует сплавы, например, с ртутью — амальгаму.

Интересно происхождение названия «серебро» (по-латыни — аргентум), которое, возможно, связано с санскритским словом «аргента», что означает «светлый». «Серебро» (сильфер) — на английском языке староанглийское название этого металла писалось «сольфер», на голландском «цильфер», на немецком «зильбер» (связывают с древнеиндийским словом «Сарпа» — Луна). По-испански серебро называется «плата». С этим связана интересная эволюция некоторых географических названий. Так, в XVI в. испанский мореплаватель С. Кабот, побывавший в Южной Америке и встретивший здесь множество серебряных месторождений, дал название крупной реке Ла Плата, которое перешло на окружающую территорию. В начале XIX в., после изгнания испанцев, страна отказалась от испанского названия, напоминающего тяжелое прошлое народа, и стала называться Аргентиной (от латинского «аргентум»).

С давних пор из серебра, как и из золота, изготавливали украшения, знаки власти, предметы религиозного культа, отделывали рукояти кинжалов и ножны парадного оружия. Недалеко от Сименза в Крыму в 1988 г., при строительстве на склоне горы Кошка, которая с 1947 г. является памятником природы, случайно (бульдозер провалился в яму, оказавшуюся склепом) был обнаружен раннехристианский некрополь (V—X вв. до н. э.) древнего племени аланов. В Ялтинский исторический музей переданы найденные здесь массивные серебряные пряжки воинов; в верхней части каждой изображен орел — символ крещения христиан, пиалы, а также украшения, посуда и другие изделия.

Высокая пластичность серебра способствовала возникновению прикладного искусства по художественной обработке металла — торевтики, донесшего до нас облик, образ жизни и этнографию народов прошлых тысячелетий. Серебро, как и золото, издавна использовалось в качестве денег. Сегодня «профессии» серебра необыкновенно разнообразны.

Примерно около пятой части добываемого в мире серебра

применяется в электронике (для проводников очень точных приборов, для изготовления ответственных электроконтактов, посеребренной проволоки для высокочастотной электротехники), в атомной промышленности (для индикаторов нейтронного излучения). Для контактов используются сплавы серебра с кадмием, серебра с палладием, серебра с оксидом кадмия. Серебро необходимо в фотохимической (для производства светочувствительных эмульсий для фото- и киноматериалов) и целлюлозно-бумажной промышленности, в авиации, ракетостроении, в военном деле, в химической промышленности (в производстве автоклавов, тиглей и т. д.). Используется оно и для приготовления припоя для пайки металлов, в зубоврачебном деле, в медицине (как сильный антисептик) и в производстве йонаторов, предназначенных для обеззараживания воды.

На протяжении многих тысячелетий серебро шло для изготовления серебряной посуды, которая обеззараживала воду и пищу людей. Дело в том, что вода в серебряной посуде является очень слабым коллоидным раствором серебра и обладает сильным бактерицидным свойством (эффект «святой воды»). Серебро убивает болезнетворные и гнилостные бактерии, оно стерилизует воду даже в количестве миллиардных долей грамма на литр. И сегодня принцип «серебрения» воды используется в йонаторах, «серебрят» воду на морских судах, во время длительных путешествий, например, в пустыне, в космосе. В медицине используются и иные соединения серебра: ляпис (азотнокислое серебро), протаргол, протаргентум, аргин, лосаргентум, аргирол, колларгол. Серебро используется и для производства зеркал. Столетия назад зеркалами служили серебряные полированные пластинки, а после изобретения стекла сначала некоторое время в качестве отражателя использовалась амальгама олова, но затем научились наносить на стекло очень тонкий слой серебра. В металл для струн музыкальных инструментов также добавляют серебро.

С давних пор из серебра изготавливали ювелирные сплавы и монеты. Первые в мире серебряные монеты появились за несколько столетий до новой эры. Например, известны древнеримские динары, выпущенные еще в 269 г. до н. э. (на столетия раньше, чем золотые); при князе Владимире в X в. (а по другим сведениям в IX в.) появились серебряные деньги и на Руси. В XIII в. в качестве денег стали использоваться серебряные бруски массой приблизительно 200 г. Их рубили из удлиненных отливков. От слова рубить и произошло название «рубль». В 1534 г. во время правления Елены Глинской, матери Ивана Грозного, была введена в России единая денежная

система. На мелких серебряных деньгах был изображен воин с копьем. Эти монеты называли «копейными». Отсюда и пошло слово «копейка».

В 1528 г. в Богемии были выпущены талеры из серебра, а затем они распространились в других европейских государствах.

В России при царе Алексее Михайловиче в середине XVII в. (1654 г.) ходили серебряные рубли. Своего серебра в то время Россия еще не имела и для производства денег использовались чаще всего чешские иоахимсталеры (чеканили их в Иоахимстале), или как их называли русские люди «ефимки», для чего поверх латинской надписи на монете отчеканивалась русская.

Серебро издавна было монетным в Китае, Афганистане, Иране, Эфиопии. В 1985 г. в капиталистическом мире для чеканки монет было использовано 465 т серебра.

В СССР для серебра, применяемого в ювелирном деле, установлены пробы 750, 800, 875, 916, 925, 960.

Из 55 серебросодержащих минералов промышленное значение имеют в основном лишь самородное серебро, аргентит или «серебряный блеск» (сульфид серебра, 87 % металла), кераргирит (хлористое серебро, 75 %). Используются и прустит, или «светлая красная серебряная руда» (мышьяковистое серебро), и пираргирит, или «темная красная серебряная руда» (сурьмяное серебро). Эти минералы состоят на две трети из серебра.

Названия серебряных минералов содержат в своем составе слово серебро (аргентит, кераргирит, пираргирит). Название пираргирит, например, происходит от двух греческих слов, означающих огонь и серебро (отражены ярко-красный цвет и состав), название прустит дано в честь французского химика Ж. Л. Пруста.

Серебро в своей массе чаще всего рассеяно в виде примесей в рудах других металлов. Самородки серебра очень редки, самые крупные были встречены в Западной Европе (рудники Гарца и Рудных гор в XIV—XVI вв.), а один из них, найденный у Шнееберга, имел массу до 20 т. В Чили нашли пластину серебра массой в 1420 кг. Самородки известны в Канаде. Много самородков было встречено в XVIII в. в России на Алтае и на о. Медвежий.

Серебро, как правило, добывается попутно при разработках золотых, свинцово-цинковых, медных, никелевых, сурьмяных, кобальтовых и урановых руд (в капиталистических странах, например, около 50 % серебра получают из свинцово-цинковых руд, 18 % — из медных, 12 % — из золотых и лишь

20 % из собственно серебряных руд). В серебряных месторождениях минимальное содержание металла достигает 0,04—0,05 (или 400—500 г/т).

В СССР серебро обычно добывается из комплексных руд цветных металлов.

Общие запасы серебра в несоциалистических странах, по данным на 1987 г., превысили 3,5 млн. т, в том числе подтвержденные 0,4 млн. т. Возможные ресурсы серебра в этих странах немногим превышают 0,6 млн. т. До 60 % общих запасов серебра содержат недра стран американских континентов. В США около 0,1 млн. т, а в Мексике и Канаде — в сумме немногим более 0,1 млн. т серебра. Главнейшие месторождения серебра капиталистического мира размещены в США (Комсток-Лод, Кёр-д-Ален), в Канаде (Кобальт-Гауганда, Салливан, Экуити-Силвер), в Мексике (Гуанохуато, Реальде-Анхелес и Пачука), в Австралии (Маунт-Айза, Брокен-Хилл, Олимпик-Дэм), в Перу (Морокоча), в Боливии (Пото-си), в Чили (Чукикамата), в Никарагуа (Пис-Пис) и Гондурасе (Эль-Росарио).

Мировая добыча серебра на 1986 г. оценивается в 13,5 тыс. т. В 50 несоциалистических странах производится (в тыс. т) серебра: в Мексике — 2, в Перу — 1,8, в Канаде — 1,1, в США и Австралии — по 1.

Интересно, что вторичная выплавка серебра в этих странах в том же году составила (тыс. т) около 3,5, в том числе из старого лома 2,5, переплавки монет — 0,15 и государственных запасов 0,3. Цена на серебро на мировых биржах в 1981—1985 гг. колебалась от 0,20 до 0,34 дол. за 1 т. Мировая добыча серебра почти за 500 лет превысила 800 тыс. т, причем из них более 650 тыс. т (более 80 %) добыто на американских континентах.

**Металлы платиновой группы (МПГ).** Если испанское слово «плат» означает «серебро», то «платина» — презрительное «серебришко». Дело в том, что когда испанские конкистадоры в XVI—XVII вв. грабили богатые государства ацтеков и инков в Южной Америке, с берегов р. Платиндель-Пинто (вначале эта река называлась Рио-дель-Пинто) они привезли в Испанию вместе с золотым песком крупинки тяжелого серебристого металла, который и получил тогда же название платины.

Платина оказалась самым тяжелым металлом (плотность ее 21,45 г/см<sup>3</sup>), поэтому фальшивомонетки стали ее безнаказанно подмешивать в золото. В казну стало попадать золото с примесью платины; с другой стороны, ввиду тугоплавкости платины (ее температура плавления равна +1769 °С,

что на 231 ° выше, чем железа), ее не могли ни для чего использовать, поскольку не существовало печей, способных ее расплавить. Поэтому король Испании в 1735 г. издал указ, по которому платину впредь запрещалось ввозить в Испанию. Встречающуюся платину при разработке золотых россыпей Колумбии повелевалось топить в глубоких частях реки Платино-дель-Пинто. А всю платину, уже завезенную в страну, было указано торжественно утопить в море. За четыре десятилетия действия указа (отменен в 1778 г.) было утоплено от 4 до 7 т платины.

Платина существовала в форме никому не нужного порошка до 1827 г., когда петербургские инженеры П. Г. Соболевский и В. В. Любарский впервые в мире изобрели способ порошковой металлургии. Платину вначале очищали химическим путем и металл приобретал вид порошка или серой пористой губки. Затем заполняли платиновым порошком или губкой формы; спрессовывали и нагревали до 1000 °С. Металл приобретал идеальную форму, практически не отличающуюся от литых изделий.

Такова история распространения платины в Европе. Имеются, однако, данные о том, что индейцы доколумбовой Америки за много столетий до европейцев обладали какими-то иными способами обработки платины, неизвестными нам и сегодня. Например, вождь ацтеков Монтесума еще в 1520 г. прислал в подарок королю Испании полированные платиновые зеркала.

Министру финансов России графу Е. Ф. Канкрину в 1828 г. первому пришла смелая идея применить платину в качестве валютного металла. Царь Николай I согласился, но потребовал, чтобы реальность проекта подтвердил крупный международный авторитет. В качестве эксперта выступил знаменитый немецкий геолог и географ академик Александр Гумбольдт. Он приехал в Россию, побывал на Урале и Алтае, высоко оценил уральскую платину, одобрил идею министра. П. Г. Соболевский и В. В. Любарский наладили производство монет из платины достоинством в три, шесть, двенадцать рублей (белые дукаты); например, трехрублевый дукат из платины имел 10,35332 г. На Монетном дворе было отчеканено 1 млн. 400 тыс. рублей платиновых денег, на которые было затрачено 15 т металла.

Так Россия стала пионером, во-первых, в освоении платины как металла, во-вторых, в применении в качестве валютного материала.

Прошло 135 лет и в СССР вновь были отчеканены платиновые деньги: рубли и червонцы, выпущенные к Московской

Олимпиаде 1980 г. Надо отметить, что сегодня платина стала значительно дороже золота.

Как выглядит платина? Ведь золото и серебро, эти драгоценные металлы знают все. А вот платина и реже встречается, хотя бы в форме ювелирных изделий, и вид у нее такой, что не сразу сообразишь, какой перед тобой металл. Где она применяется?

Если внимательно присмотреться к тем ювелирным изделиям, где имеются бриллианты или другие драгоценные камни, а стоимость их больше, чем у изделий, скажем, сделанных из золота, то можно увидеть непосредственно под камнем серую, стального цвета пластинку, на которой и крепится драгоценный кристалл. Эта серая пластинка сделана из платины. Зачем? Дело в том, что золото (и серебро) со временем снашиваются и камни теряются. Опыт подсказал ювелирам, что использование устойчивой к истиранию платины позволяет сохранить драгоценные камни на украшениях, постоянно подвергающихся механическому воздействию. Из платины изготовлено рельефное изображение В. И. Ленина на Ордене Ленина, сделаны площадочки для крепления бриллиантов на Ордене Победы и т. д.

Близкие к платине по своим свойствам металлы объединены в группу, которая носит название металлы платиновой группы, или платиноиды. Платина и платиноиды обладают высокой огнеупорностью (температура плавления иридия 2443 °С, осмия 3045 °С, рутения 2334 °С, палладия 1552 °С), электропроводностью, химической стойкостью (например, на платину кислоты, за исключением царской водки, не действуют, с кислородом она не реагирует даже при нагревании). Особенно широко используются сама платина и палладий.

Платина и платиноиды идут для изготовления огнеупорной и кислотоупорной посуды, из них производят перегонную, кислотоупорную и жаропрочную заводскую аппаратуру. Платина сегодня выступает в роли катализатора (в частности, в производстве бензина с высоким октановым числом), гидрировании хлорированных ароматических аминов (исходного сырья для производства пестицидов, гербицидов, синтетических красок и различных фармацевтических продуктов), в других отраслях химической промышленности, стекольном производстве, автомобильной и авиационной промышленности, морской технике, электронике и производстве энергетического оборудования.

Сплавы платины применяются в электротехнике в качестве контактов и предохранителей. Сплавы платины с золотом, иридием и палладием используются в ювелирном (в СССР

в ювелирном деле для платины установлена проба 950), зубоорудном деле, в производстве радиоаппаратуры. В связи с тем, что платина абсолютно устойчива в расплавленном стекле, из нее производят плавильные тигли для варки оптического стекла.) Филеры из платины используются для производства стекловолокна.

Платино-родиевые сплавы выдерживают очень высокие температуры; платино-иридиевые (90 % платины, 10 % иридия) используются для изготовления международных эталонов массы (килограмм) и длины (метр). В 1797 г. во Франции был изготовлен платиновый эталон метра (одна десяти-миллионная часть четверти длины Парижского географического меридиана) и эталон килограмма в платиновом цилиндре (масса одного кубического дециметра воды при температуре +4 °С из р. Сены). В 1882 г. платиновые эталоны были заменены, рафинированы в платино-родиевом сплаве (31 эталонный метр и 40 эталонных килограммов), а затем были разосланы в разные страны. Эталон килограмма и сегодня хранится в нашей стране в Ленинграде в сейфах Всесоюзного Научно-исследовательского института метрологии имени Д. И. Менделеева, а эталон метра передан в фонды исторического музея, поскольку ему на смену с 1960 г. пришел новый эталон метра: длина, равная 1650763,73 длины волны оранжевого излучения атомов изотопа криптона-86.

Из устойчивых платиновых сплавов изготавливают элементы медицинских инструментов. Из иридия, который почти не растворяется и в царской водке, изготавливают особо прочные тигли. Из сверхтвердого сплава осмия с иридием («осмирид») долгое время делали наконечники для перьев авторучек. Сейчас научились делать их из более дешевых сплавов осмий-никель и осмий-вольфрам-кобальт. Металлы палладий и родий употребляются для легирования платиновых сплавов, а палладий еще и для золотых и серебряных сплавов. Платину используют для производства стекол с односторонней прозрачностью: с теневой стороны — прозрачное стекло, а с освещенной — обычное зеркало. Платиноиды используются в радиотехнике, космической технике, ракетостроении.

Потребление платины в несоциалистических странах в 1985 г. превысило 87 т, в том числе в отраслях, связанных с автомобильной промышленностью (главным образом при производстве катализаторов химических процессов по очистке выхлопных газов и в производстве горючего) — 27 т (31 %); в ювелирном деле — 25 т (29 %); в стекольной, химической и нефтехимической промышленности — 12 т (14 %), в электротехнике — 6 т (7 %).

В природе платина и металлы платиновой группы встречаются в основном в самородном виде, реже в форме ферроплатины (71—79% платины), палладистой платины (60% платины), поликсена, осмистого иридия (невьянскита), иридийистой платины и др. Самородки платины и минералов платиновой группы имеют очень изменчивый облик: то похожи на свинцовые слитки, то на сростки кристаллов в форме губки. Самый характерный их признак — это их большая тяжесть. Ведь это самые тяжелые металлы на Земле.

Интересен иридий, имеющий и палеогеографическое значение. Дело в том, что иридий на Земле очень редкий элемент. Однако в некоторых космических телах количество этого элемента в тысячи раз больше, чем в земной коре. Изучение осадочных горных пород на Земле, приуроченных к границе мел — палеоген (образовавшихся около 70 млн. лет назад), позволило в последние годы ученым отметить повышенное его содержание (до 30 раз и более) во многих участках мира в этих отложениях. Американский геофизик лауреат Нобелевской премии Уолтер Альварес на основании этого факта высказал предположение о том, что примерно 70 млн. лет назад Земля столкнулась с крупным астероидом, диаметр которого был около 10 км и на поверхность Земли выпало много иридия. Это вызвало серьезные последствия. Врезавшись в Землю, астероид поднял большое количество пыли, заслонившей на длительное время поверхность Земли от Солнца. Вымерли хлорофиллоносные растения и растительноядные динозавры (некоторые по размерам были в 2—3 раза больше современных электропоездов), затем и хищники.

В промышленных размерах платина и металлы платиновой группы накапливаются в магматических ультраосновных (в сульфидно-медно-никелевых или хромшпинелидовых месторождениях с платиной) или россыпных месторождениях. В уникальных месторождениях запасы превышают 50 т, в крупных — 5—50 т.

Впервые на территории нашей страны россыпи платины были открыты в 1819 г. на Урале (Тагильское месторождение). В сокровищнице Алмазного фонда СССР выставлены 20 уральских платиновых самородков (наиболее крупные имеют массу 7,860 и 5,918 кг).

В несоциалистических странах выявленные ресурсы платиноидов, по данным на 1987 г., составили около 85 тыс. т, из них платины 38 тыс. т, в том числе в ЮАР ресурсы эти равны 65 и 31 тыс. т. Подтвержденные запасы металлов платиновой группы в несоциалистических странах составляют 25 тыс. т, в том числе платины — более 12 тыс. т. Из них в



ЮАР размещены (тыс. т.): 24,5 и 12, в Канаде — 0,4 и 0,1, в США — 0,3 и 0,1.

В ЮАР почти все запасы платины и платиноидов приурочены к Бушвельдскому докембрийскому интрузивному комплексу, сложенному ультраосновными породами. Здесь в районе Йоханесбурга располагаются три уникальных месторождения платины — риф Меренского, Платриф и риф UG-2, богатые залежи, которые содержат до 8,6 г/т платиноидов. В Канаде платиноиды приурочены к уникальным месторождениям сульфидно-никелевых руд Садбери и др.; в США — к коренным месторождениям медных и золото-медных платиноидосодержащих руд Стиллуотер, Дулут, Бингем. На Аляске размещается единственное крупное россыпное месторождение — Сальмон-Ривер. Уникальные месторождения платиноидов есть в Зимбабве — Великая Дайка, Эмпресс, в Австралии — Коронейшн-Хилл и др.

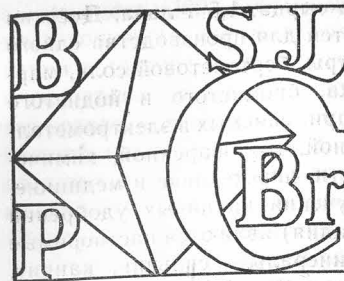
В Колумбии, где впервые платина стала добываться в промышленных масштабах еще в XVIII в. и до 20-х гг. XIX в. эта страна была единственным в мире производителем платины, запасы платины и платиноидов приурочены к богатым россыпям, среди которых уникальными размерами обладает месторождение Чоко-Пасифико (у г. Богота).

Основные месторождения платины и платиноидов приурочены к докембрию (Южная Африка), но встречаются они и в позднепалеозойских и мезозойских породах (Урал, Сибирская платформа). В кайнозое вблизи коренных месторождений образовывались россыпи.

Более всего платины добывается в ЮАР, затем в Канаде, США. В неосоциалистических странах добывается металлов платиновой группы немногим более 110 т (113 т в 1985 г.), в том числе платины 72,5 т. Из них в ЮАР добыто около 100 т (более 68 т платины), в Канаде — более 10 т (почти половина платины).

Мировая добыча платины непрерывно растет: предполагается, что к 2000 году она составит 160—170 т и достигнет пика к 2030—2040 гг. — 230—235 т.

На капиталистическом рынке цены на металлы платиновой группы в 1987 г. составили (в дол. за 1 г): платина — 18, палладий — 4, родий — 39, иридий — 12, рутений — 2, осмий — 22.



## АЛМАЗЫ, ГОРНЫЙ ЛЕН И ДРУГИЕ НЕМЕТАЛЛЫ

К неметаллическим (по старой терминологии — нерудным) полезным ископаемым относится большая группа минералов или горных пород, условно подразделяемая на химическое и агрохимическое сырье, техническое (индустриальное) сырье, флюсы и огнеупоры, строительные материалы. Ценность неметаллического ископаемого обычно определяется его физическими свойствами (например, ценность асбеста зависит от длины волокон минерала, слюды — от размеров пластин, степени их прозрачности и т. д.).

Особенностью неметаллов является их широкое применение в различных областях производства. Неметаллическое сырье часто взаимозаменяемо. Ежегодная добыча неметаллов по объему и валовой стоимости значительно выше, чем металлов.

В состав химического и агрохимического сырья входят натриевые и калийные соли, фосфориты и апатиты, борные руды, сера, бром и йод, плавиковый шпат (флюорит) и др.

К техническому (индустриальному) сырью, выделяемому по своим уникальным свойствам, относятся алмазы, пьезооптическое сырье, графит, слюды (мушкетит и флогопит), асбест. Месторождения этих видов сырья встречаются редко. При этом часто страны — основные их потребители как раз лишены месторождений. Лишь Советский Союз обладает крупнейшими запасами всех видов технического (индустриального) сырья.

Флюсы и огнеупоры, строительные материалы распространены повсеместно. Обычно они достаточно хорошо знакомы нашему читателю. Поэтому мы не будем рассматривать их на страницах нашей книги, хотя они и имеют важное значение для хозяйства.

**Калийные соли.** Большая часть калийных солей (примерно 90 %) издавна используется в качестве удобрений. Известны такие данные, что 1 т питательного вещества  $K_2O$  дает прирост 40 т корней сахарной свеклы (6 т сахара), 60 т картофеля,

4 т озимой пшеницы, 2 т хлопка-сырца, 1,5 т льна. Десятая часть калийных солей используется для производства едкого калия — поташа, калиевой селитры, бертолетовой соли, марганцевокислого калия, хромпика, бромистого и йодистого калия и других веществ, широко применяемых в электрометаллургии, стекольной, лакокрасочной, мыловаренной, химической, кожевенной промышленности, пиротехнике и медицине.

Источником сырья для получения калийных удобрений (туков и различных соединений калия) являются растворимые хлориды и сульфаты калия, минералы — сильвин, каинит, лангбейнит, полигалит, карналлит. Калийные руды обычно именуются по преобладанию в них того или иного калийного минерала (например, сильвинитовые, карналлитовые, каинитовые и др.). Название сильвин происходит от старого химического названия вещества «заль дигестивус сильвин» — соль пищеварительная Сильвиуса (голландского физика и химика); каинит — от греческого «современный» (обычно имеет современное, т. е. вторичное, образование); полигалит — от греческих слов «поли» и «галит», означающих «много» и «соль», т. е. в составе присутствует несколько солей; карналлит и лангбейнит названы в честь немецких ученых — горного инженера Р. фон Карналла и химика А. Лангбейна.

Месторождения калийных солей встречаются редко, представлены они либо в форме осадочных бассейнов, являющихся остатками древних высохших соленосных лагун (преобладающий тип), либо в виде современных водоемов, ресурсы которых возобновимы и практически неисчерпаемы (Мертвое море, оз. Серлс в США, оз. Индер в Казахстане и др.). Основные ресурсы калийных солей сосредоточены в позднепалеозойских бассейнах (СССР, Канада, Германия, США), а также в мезозойских (СССР) и кайнозойских (СССР, Франция, Германия, Испания).

Крупнейшими запасами калийных солей обладают СССР. В СССР калийные соли выявлены в пяти соленосных (калиеносных) бассейнах: Соликамском (Верхнекамском), Белорусском (Припятском), Предкарпатском (Украина), Прикаспийском, Восточно-Туркменском и Иркутском.

Большая часть запасов сосредоточена в Соликамском (Верхнекамском) бассейне в Пермской области (общие запасы калийных солей оцениваются в 21,5 млрд. т — в пересчете на оксид калия), занимающему площадь в 6,5 тыс. км<sup>2</sup> в северной части Предуральяского краевого прогиба, заложившегося в ранней перми. Вначале здесь накапливались грубообломочные морские молассовые отложения (3000 м), а в приплатформенном районе — известняки, в том числе и барь-

ерные рифы (300—800 м). К этим отложениям приурочены месторождения нефти и газа. В самом же конце ранней перми в прогибе накапливаются уже соленосные отложения; в основании глины с ангидритами и гипсами (до 400 м), а в кровле — песчано-глинистый материал кунгурского яруса нижней перми с каменной, калийной и калийно-магниево-солями (галит, сильвин, карналлит), мощность которых превышает 600 м. Так возник самый крупный в мире Соликамский (Верхнекамский) соленосный бассейн.

Образование гипсов и солей обусловлено тем, что после отступления обширного открытого моря в связи с продолжающимися поднятиями в Предуралье здесь сохранилась самая крупная из известных в истории Земли лагуна. Вода в условиях засушливого климата испарялась, а через пролив с севера соленая вода непрерывно поступала из океана. Лагуна все больше осолонялась, а затем при ее высыхании накапливались соли. Полагают, что с точки зрения геологической истории соленакпление происходило здесь очень быстро: на образование гипсово-ангидритовой толщи ушло «только» 200 тыс. лет, а для солей — всего 15—17 тыс. лет. Добыча поваренной соли в этом районе производилась с XV в., но калийные соли были открыты только в 1925 г. Сейчас бассейн обеспечивает большую часть общесоюзной добычи калийных солей (55 %).

В Германии размещаются уникальные Стасфуртское месторождение калийных солей, расположенное неподалеку от Берлина, и бассейн Верра-Фульда.

Общие запасы калийных солей в пересчете на К<sub>2</sub>О в несоциалистических странах, по данным на 1987 г., превысили 12,7 млрд. т (все выявленные в это время ресурсы составили почти 70 млрд. т). Большая часть общих запасов сосредоточена в Канаде (более 10,5 млрд. т). Основные залежи здесь располагаются в Саскачеванском соленосном бассейне, открытом во время бурения на нефть в 1946 г. Крупные запасы калийных солей сосредоточены и в южной части бассейна Верра-Фульда, Ганноверском бассейне в Германии, в Делаверском бассейне и в Большом Соленом озере в США, а также в Мертвом море (Израиль и Иордания). На эти месторождения приходится более 95 % запасов калийных солей. Есть месторождения и в других странах, например, в Испании — Каталонский бассейн, во Франции — Эльзас, в Таиланде — Таиландский, в Бразилии — бассейн Такари-Вассурас. В несоциалистических странах производство калийных солей (оксид калия) в 1986 г. составило 15 млн. т; из них: в Канаде — 7, Германии — 2, во Франции — 1,5, в Израиле — 1,2, в

США — 1. Цена оксида калия на капиталистическом рынке с 1981 по 1986 г. за 1 т. снизилась со 100 до 80 дол.

**Фосфориты и апатиты (фосфатное сырье).** Дарующие плодородие — так часто говорят о них. Примерно до 90—95 % мировой добычи фосфатного сырья используется для производства минеральных удобрений. Фосфатные, как и калийные, удобрения ускоряют рост и повышают урожайность сельскохозяйственных культур. Внесение в почву 1 т пентоксида фосфора дает прирост урожая озимой пшеницы до 20—25 т, картофеля и сахарной свеклы — до 60—70 т, хлопка-сырца — до 5—6 т. Сами же фосфорные удобрения вносятся в почву в разных количествах — от 45 до 100 кг на 1 га.

В СССР выявлено и освоено не одно месторождение сырья для удобрений. Среди строек-первенцев широко известен Хибинский апатитовый комбинат. В городе Кировске в Музее «Домик С. М. Кирова» на одном из стендов «Рапорт Хибинского комсомола мурманской конференции ВЛКСМ» — удивительный документ той эпохи (1932 г.). Одним из его авторов был ныне известный поэт Лев Ошанин, который написал:

В этом краю, где пурге горизонты открыты,  
Где свирепого ветра в горах не смолкает напор,

Люди нового склада открыли пласты апатита  
И с кирками пришли разрабатывать залежи гор.

Источником получения фосфора служит минерал апатит (содержит 41—42 % пентоксида фосфора) и горная порода — фосфорит \* (состоящая из фосфата, близкого по составу к апатиту, и ряда нефосфатных минералов, содержит 5—36 % пентоксида фосфора). Открытый в 1669 г. Х. Брандтом фосфор (Германия) первоначально был назван «холодным огнем», а затем фосфором, что в переводе с греческого («фос» — свети и «фор» — несущий) означает «светоносный» (светящееся в темноте вещество). Промышленное производство фосфора было организовано во второй половине XIX в.

Апатит имеет магматическое или метаморфическое происхождение, фосфориты — осадочные образования, среди них выделяются желваковые (конкреционные), ракушечниковые или пластовые (массивные) разновидности.

Наиболее простым видом удобрений является фосфоритовая мука или тонко измельченный продукт желваковых и

ракушечниковых фосфоритов (аморфный фосфат, легко растворимый в почвенных водах), содержат не менее 19 % пентоксида фосфора.

Апатиты и кристаллические фосфориты нерастворимы в воде, поэтому их перерабатывают с целью перевода нерастворимых соединений фосфора в хорошо растворимые и легко усваиваемые растениями: получают суперфосфат (в переводе «наилучший фосфат» содержит до 20 % усвояемого растением пентоксида фосфора), двойной суперфосфат (до 48 %), преципитат (до 38 %), аммофос (47—52 % пентоксида фосфора и 11 % азота), нитрофос (азотно-фосфатные удобрения), нитрофоска (азотно-фосфатно-калийные удобрения). С помощью термических способов производят термофосфаты, плавленые или обесфторенные фосфаты.

Царская Россия импортировала удобрения из Африки и Америки, в то время как фосфориты уже известных собственных месторождений либо не использовались, либо использовались не по назначению (например, плиты фосфоритов курских месторождений употреблялись в Курске для мощения улиц и в качестве стройматериалов). С 1932 г. советская страна полностью перешла на минеральные удобрения собственных месторождений.

Остальные 5—10 % фосфатного сырья расходуются на получение элементарного фосфора, фосфорной кислоты и различных солей, применяемых в металлургии для антикоррозийного покрытия поверхностей стальных, алюминиевых и цинковых изделий и т. д. Соединения фосфора применяются в медицине и в фармакологии, химической и пищевой промышленности, в животноводстве и др.

Из апатитовых концентратов производят белый и красный фосфор. Белый фосфор бесцветен, светится в темноте. Он идет на изготовление спичек (смесь белого фосфора и серы), в военном деле для производства зажигательных снарядов и дымовых шашек. Способность белого фосфора светиться в темноте позволяет применять его в измерительных приборах, рентгеновской технике и т. д. Красный фосфор используется также для покрытия спичечных коробков (красный фосфор от трения и тепла переходит в белый и воспламеняется).

Месторождения фосфатного сырья имеются во многих странах мира. Но единственным уникальным апатиторудным районом мира является Хибинский на Кольском полуострове. Происхождение руд здесь связано со щелочными интрузивными породами, сформировавшимися в герцинском тектоническом цикле. Здесь, в пределах «Апатитовой дуги» Хибин, уже сегодня известно 11 апатит-нефелиновых месторождений

\* Люди издавна находили в осадочных породах конкреции фосфоритов. В XVII—XVIII вв. эти конкреции служили природными каменными ядрами для гладкоствольных пушек того времени.

(запасы 2,1 млрд. т), пять из них разрабатываются: Куки-свумчоррское, Юкспорское, Апатитовый цирк, Росвумчоррское, Коашивинское.

Залежи руды были открыты в Хибинах в 1921—1926 гг. экспедицией АН СССР, возглавляемой академиком А. Е. Ферсманом и геологом А. И. Лабунцевым. С 1929 г. начал действовать рудник Кировский. Геологи открыли здесь ряд новых апатитовых залежей. Сегодня на этом, одном из самых мощных горнорудных предприятий мира, действуют 5 рудников, 3 обогатительных фабрики. Сырая апатитовая руда содержит 16 % пентоксида фосфора. На обогатительных фабриках производят концентрат с содержанием пентоксида фосфора до 35,4 %.

Апатитовые руды разрабатываются в тяжелейших условиях Заполярья. Например, на руднике Центральном (плато Росвумчорр расположено на высоте 1100 м над уровнем моря) из 365 дней в году солнце показывается лишь 30 дней, все остальное время — туман, дождь, ветер, долгая полярная ночь. Лампы в 25 000 ватт освещают карьер. Руду добывают открытым способом, затем самосвалами подвозят к вертикальному тоннелю (вначале его протяженность была 600 м, сейчас 300 м: карьер углубляется) и сбрасывают вниз, внизу руда загружается в думпкары и вывозится на обогатительные фабрики. Подобных рудников нет в мировой практике. Здесь самая высокая производительность труда и низкая себестоимость (1 т сырой руды — около 2 руб., концентрата — около 4 руб.). Производственная апатитовая пыль на предприятиях собирается воздухоочистительными установками и используется как высококачественное сырье, из которого вырабатывают удобрения стоимостью в несколько миллионов рублей. Таким путем очищается воздух и более полно используется сырье месторождения. Ежегодно комбинат «Апатит» отправляет апатитовые концентраты на 25 суперфосфатных заводов страны и на экспорт. Производится здесь около 20 млн. т концентратов апатита.

В СССР известны месторождения средних размеров комплексных руд, где апатит — попутный компонент: Ено-Ковдорское апатит-магнетитовых руд (Мурманская область), Волковское медно-магнетитовых руд (Свердловская область), Кручининское титано-магнетитовых руд (Читинская область), Ошурковское диоритовое с апатитом (Бурятская АССР, район г. Улан-Удэ), Стремигородское ильменит-apatитовое (у г. Коростеня в Житомирской области) и др.

В Советском Союзе выявлено около 90 месторождений фосфоритов, среди которых известны и разрабатываются

16: Вятско-Камское в Кировской, Егорьевское в Московской, Кингисеппское в Ленинградской, Унжинское в Костромской, Бычковское в Калужской, Полпинское в Брянской, Трухачевское в Курской, Родниковское в Саратовской, Кумсайское в Актюбинской областях, Хангабаба на полуострове Мангышлак, Каратауский фосфоритный бассейн в Казахстане с месторождениями Чулан-Тау и Ташик-Тас и многие другие.

Апатитовые месторождения известны в КНР (месторождение Хэйчжоу и Сусун) и СРВ (Маукон), а фосфоритовые также в КНР (уникальное месторождение Куньян на юге страны) и в Польше.

Общие запасы фосфатных руд в несоциалистических странах, по данным на 1987 г., превышают 105 млрд. т, из них подтвержденные запасы 37 млрд. т. На фосфориты приходится 93 % сырья, на апатиты — 7 %. Наибольшие запасы фосфоритов имеют (в млрд. т): Марокко 55, США 14, Перу 6, Австралия около 5, Египет более 3. Основными месторождениями фосфатных руд — фосфоритов являются в Марокко Хурибга и Юсуфия (руды в этой стране отличаются высоким качеством: в среднем они содержат 32—34 % пентоксида фосфора); в США — Карибу, Ли-Крик, Пулк; в Западной Сахаре — Бу-Краа; в Иордании — Эль-Хаса, в Египте — Абу-Тундуб и др.; в Мексике — Санто-Доминго; в Тунисе — Гафса; в Алжире — Джебель Онк; в Перу — Байвар и др. Апатитовые месторождения расположены в Бразилии — Тапиро, Араша, в ЮАР — Палабора и др.

Добыча фосфатных руд, в пересчете на товарные концентраты со средним содержанием  $P_2O_5$  около 32 %, в 1986 г. в мире составила 141 млн. т, а в развитых капиталистических и развивающихся странах она равнялась 97 млн. т, в том числе 89 млн. т — это концентраты фосфоритовых руд и 8 млн. т — апатитовых.

Основная добыча фосфоритов сосредоточена (в млн. т): в США — 38, Марокко — 21, Иордании — 6 и др.; апатитов в Бразилии — 4,5, ЮАР — 3.

Цена на фосфоритовые концентраты ( $P_2O_5$  до 33,3 %) американские и марокканские составляет от 30 до 50 дол. за 1 т.

**Борные руды.** Люди давно знакомы с одним из соединений бора — бурой, которую, уже в первом тысячелетии нашей эры использовали для пайки металлов. Тогда же и появилось, видимо, название «бура» (современное химическое название натриевая соль тетраборной кислоты). В жизни произошло так, что вначале были синтезированы соединения бора (голландский врач В. Гомберг еще в 1702 г., нагревая буру с серной кислотой, получил борную кислоту — «успокоительную

соль Гомберга»). Открытие самого элемента состоялось в 1808 г. (французские химики Ж. Гей-Люссак и Л. Тенар объявили об открытии элемента, который они называли бором). Независимо от французов, в это же время в Англии другой химик — Г. Дэви в результате точно такой же реакции получил элемент, который назвал «борацием».

Чистый бор почти не применяется в хозяйстве, а вот материалы, содержащие в небольших количествах этот элемент, приобретают особые свойства. Например, поверхностное насыщение стальных деталей бором до глубины 0,1—0,5 мм (борирование) улучшает их механические свойства, коррозионную стойкость. Бор используется для приготовления боратов марганца, меди, свинца, для производства твердых сплавов, при изготовлении оптических стекол, огнеупорных изделий, глазурей, эмалей, циркониевой керамики. Бораты, или соединения бора с металлами, используются при производстве деталей газовых турбин и реактивных двигателей. Карбид бора и его изотоп В-10 обладают способностью поглощать нейтроны, поэтому их применяют для изготовления регулирующих стержней атомных реакторов.

Повышенная твердость карбида бора позволяет его использовать в шлифовальном деле, для изготовления калибров, сопел, пескоструйных аппаратов и т. д. Боразон (бор с азотом, нитрид бора, созданный в Институте физики высоких давлений АН СССР) является заменителем алмазов, имеет твердость алмаза, но более термостоек, поэтому при шлифовке сталей он в 10 раз надежнее алмаза. Заменителями алмазов являются еще три его «родственника»: киборит, теплонит (хороший изолятор, используется в радиоэлектронике), карбонит.

Соединения бора употребляются для производства гибких пластмасс (для авиационной промышленности), нейлона, для очистки целлюлозы. В промышленности используется примерно 90 % добываемого бора и его соединений, 10 % — идет на нужды сельского хозяйства: для изготовления микроудобрений. В скандинавских странах, Новой Зеландии и Канаде борные соединения применяются для консервации древесины, предохранения ее от гниения и придания ей огнестойкости.

Известно более 100 минералов бора, но важное промышленное значение имеют 10—12 минералов из группы боратов: бура (содержит 36,6 % бора), борная кислота, кернит (51 %), ашарит (41,4 %), колеманит (50,8 %), инионит (37,6 %), пандермит (49,5 %) и боросиликатов: датолит (21,8 %), данбурит (28,7 %) и др.

По внешнему виду бораты обычно бесцветны или белого цвета, большинство из них растворяется в соляной кислоте, некоторые — в воде. Боросиликаты имеют кристаллическое строение.

Бор добывается как из месторождений борных руд, так и из борсодержащих горячих источников и из рапы соляных озер.

В Советском Союзе основные месторождения бора размещены в Казахстане (Индерское в Гурьевской области), в Забайкалье и на Дальнем Востоке (Додинское железорудное), на Керченском полуострове (грязевые вулканы — Бондаренковские поля и др.).

Месторождения бора известны в КНР (провинции Цинхай, Гири и Ляонин).

Общие запасы борных руд в несоциалистических странах составляют на 1987 г. около 940 млн. т (в пересчете на  $B_2O_3$ ), в том числе подтвержденные 523 млн. т. Более 90 % общих запасов сосредоточено в месторождениях Турции (рудный район Эмет, Кырка и др.). На США приходится 7 % общих запасов (Калифорния).

Большая часть борных руд сосредоточена в кайнозойских месторождениях. Прогнозные ресурсы борных руд несоциалистических стран оцениваются в 2,5 млрд. т, из них в Турции — 2 млрд. т. Добыча борных руд в этих странах в 1985 г. составила около 2,3 млн. т руды (или 1 млн. т  $B_2O_3$ ). Примерно 95 % добычи сосредоточено в США (1,2 млн. т руды или 0,6 млн. т  $B_2O_3$ ) и Турции (соответственно 1 или 0,4).

Сера. Есть свидетельства о том, что сера применялась человеком более 3000 лет назад (еще древние греки использовали сернистый газ, получающийся при сгорании серы, для дезинфекции помещений). Позднее, полтора тысячелетия назад, серу использовали для приготовления красок и обработки тканей, в качестве пиротехнического средства. Были известны и многочисленные месторождения серы в Средиземноморье (Италия, Сицилия и др.), связанные своим происхождением с деятельностью вулканов. Элементарную природу серы установил А. Лавуазье в конце XVIII в.

Сера — неметалл. Она представляет собой хрупкие кристаллы желтого цвета. Название происходит от латинского «сульфур» — светло-желтый. Русское название серы, по-видимому, происходит от санскритского «сира» — светло-желтый. Элементарная сера встречается в виде желтых кристаллов или порошковатых землистых масс, плохо проводит тепло и электричество, легко загорается от спички и горит с образованием сернистого газа. При температуре 114—119,8°C сера плавится

и превращается в жидкость, при 160°C буреет и становится вязкой, а при 300°C — снова становится жидкой (сера имеет две точки плавления). В расплавленном и газообразном состоянии (кипит при температуре 444,6°C) соединяется с другими элементами. С металлами образует сульфиды. При 360°C соединяется с кислородом, образуя сернистый газ, при 400°C — с водородом — сероводород. Применяется в основном в химической, в меньших размерах в целлюлозно-бумажной и резиновой промышленности (вулканизация каучука и др.), в стекольной, текстильной и других отраслях промышленности, в земледелии (для производства инсектицидов, микроудобрений) и животноводстве (дезинфицирующее средство), в пиротехнике (приготовление бенгальских огней), для изготовления серных спичек, в химико-фармацевтической промышленности и т. д.

Источниками серы являются самородная сера, пирит, пирротин, сульфидные руды цветных металлов, природный газ, нефть, газы металлургических и коксохимических заводов, а иногда гипс и ангидрит.

Самородная сера имеет осадочное и вулканическое происхождение и залегает в виде пластов, гнезд и линз. Извлекают серу из природного газа и газов нефтепереработки. Получают серу из пиритов (колчеданные месторождения).

Существуют различные способы переработки серных руд в элементарную серу: геотехнологический (подземная выплавка серы из руды), термический (выплавка серы из кусков добытой руды), экстракционный (извлечение серы из руды с помощью химических веществ, растворяющих серу), пароводяной (получение серы из руды в автоклавах при высоких температурах), комбинированный (флотационное обогащение руд, а затем извлечение серы из концентратов). На разработках чаще всего применяются методы геотехнологический и комбинированный. Сущность первого состоит в том, что на месторождении на расстоянии 50—100 м друг от друга бурятся скважины, оборудованные тремя колоннами труб, вставленных одна в другую. По внешней трубе (диаметр до 30 см) под давлением в серный слой подается перегретая вода (165—170°C). Сера плавится в горячей воде. По внутренней трубе под еще большим давлением вводится пар или горячий воздух. В результате происходит вытеснение воды с растворенной в ней серой по второму диаметру. Поднятая на поверхность, сера затвердевает. Этим способом добывается наиболее чистая сера (99,5—99,9%). Каждая скважина может давать ежегодно 300—400 т серы. Способ этот применяется как в нашей стране (например, на Яворском горно-химическом

комбинате, на Язовском месторождении в Прикарпатье с 1969 г.), так и за рубежом (США, Мексика).

Сейчас в мире известны шесть сероносных провинций, из них четыре полностью или частично размещены на территории СССР — Средиземноморская, Восточноевропейская, Среднеазиатская и Восточноазиатская. Наиболее богатая из них Средиземноморская. В ее состав входит Предкарпатский сероносный бассейн, серное оруденение которого имеет осадочное происхождение и приурочено к неогеновым известнякам. Здесь по границе Русской плиты и Предкарпатского краевого прогиба протягивается серия из 20 месторождений, среди которых размерами выделяются Раздольское, Подорожнянское, Язовское (самое крупное в СССР) и др. Сероносный горизонт размещается на глубинах 20—300 м, поэтому разрабатывается как открытым способом, так и геотехнологическим. На базе Язовского, Немировского и Любенского месторождений действует Яворовский горно-химический комбинат, где ежегодно получают до 1,5 млн. т в год технической серы. В Раздольском и Подорожнянском месторождениях руда добывается в карьерах, на их базе действует Раздольское производственное объединение «Сера». К Средиземноморской провинции относятся также месторождения Крыма и Кавказа (приурочены к верхнеюрским галогенным породам).

В пределах Восточноевропейской сероносной провинции известны три сероносных района: Волжский, Предуральский (сероносный бассейн, вытянутый в меридиональном направлении, самородная осадочная сера в Пермском и Башкирском Предуралье приурочена к верхнепалеозойским отложениям), Северо-Прикаспийский (Соляные купола Матенкожа и др.).

В Среднеазиатской сероносной провинции размещаются экзогенные месторождения: Гаурдакское верхнеюрское, Шорсу и Чангыр-Ташское в Фергане, Каракумское (серные бугры Дарбаза и др.) — кайнозойские.

Восточноазиатская провинция включает Курильские острова и Камчатку, где известно более 30 месторождений, генетически связанных с вулканической деятельностью.

Сероносные месторождения известны в Польше (залежи самородной серы, приуроченные к западному продолжению Предкарпатского сероносного бассейна Средиземноморской провинции — месторождение Тарнобжег), КНР (колчеданные месторождения).

Месторождения серы имеются в 31 несоциалистической стране. Общие запасы самородной серы, по данным на 1987 г., здесь составляют около 700 млн. т, подтвержденные более

350 млн. т. Основные запасы самородной серы сосредоточены в недрах 23 развивающихся стран Америки и Азии (Ирак — около 250 млн. т, Чили — 100 млн. т и др.) и в США (около 100 млн. т). Ресурсы самородной серы в этих странах во всех ее видах (самородной, связанной с природным горючим газом, нефтью, битуминозными песками, сульфидами металлов) оцениваются в 3 млрд. т. Если учесть ресурсы серы, заключенные в углях, нефтеносных и битуминозных сланцах, то они в сумме составляют величину порядка 400 млрд. т. Серу добывают и из пирита; месторождения его сосредоточены в Саудовской Аравии, Испании, Японии, Индии и др.

Главными месторождениями самородной серы несоциалистических стран являются в Ираке — Мишрак (самое крупное в мире); в Чили известно более 70; в США — Раствер-Спрингс, Болинг-Доум и др. В 1986 г. здесь произведено более 6 млн. т, из них только США 4 млн. т, Мексика 1,5 млн. т, Ирак 0,5 млн. т. Добыча самородной серы в этих странах ведется в основном методом подземной выплавки. Добывается сера и из природных газов и газов металлургических производств (в основном в Канаде, США, Франции и др.). На капиталистическом рынке в 1985 г. цены на мексиканскую и американскую серу составляли 140—150 дол. за 1 т.

**Бром и йод.** Бром — красновато-бурая жидкость (плавится при температуре  $7,25^{\circ}\text{C}$ ), в застывшем состоянии — красно-коричневые игольчатые кристаллы со слабым металлическим блеском. Пары брома обладают резким неприятным запахом (по-гречески «бромос» — зловонный). Бром открыт в 1826 г.

Из-за высокой химической активности в свободном виде бром не встречается. Он находится в виде бромидов в морской воде, в водах соляных озер и нефтяных буровых скважин, в верхних горизонтах залежей поваренной соли. Бром соединяется с водородом, металлами и неметаллами, растворяется в воде и органических растворителях. Важнейшие соединения брома: бромистый калий, бромистый натрий, бромистый аммоний, бромистое железо, бромистый этил, бромистый метилен, бромформ. Известен единственный природный минерал брома (природный бромид) — бромаргерит ( $\text{AgBr}$ ).

Йод представляет собой серовато-черные пластинчатые кристаллы с металлическим блеском, температурой плавления  $113,6^{\circ}\text{C}$  и кипения  $184,4^{\circ}\text{C}$ . При нагревании переходит в пар коричневого цвета. В воде плохо растворяется, хорошо растворяется в спирте, эфире и других органических растворителях. Важнейшие соединения йода: йодистый калий, йоди-

стый натрий, йодистый аммоний, йодистый метил, йодистый этил, йодоформ.

В 1811 г., получая селитру, французский химик Б. Куртуа обратил внимание на то, что медный котел, в котором происходило выпаривание зольного раствора, быстро разъедается. Под действием концентрированной серной кислоты из раствора выделялись тяжелые фиолетовые пары. В 1813 г. Ж. Гей-Люссак детально исследовал фиолетовое вещество, установил его элементарную природу и назвал йодом (от греческого «иозидес» — фиолетовый).

Примерно 90 % мировой добычи брома идет на изготовление антидетонаторов для моторного топлива. Кроме того соединения брома используются в медицине, при изготовлении фототоваров, в сельском хозяйстве (для борьбы с вредителями); йод применяется в основном в медицине и фармакологии, в сельском хозяйстве (добавка к удобрениям), в реактивной технике и т. д. Йод, как и фосфор, является необходимым элементом всех живых организмов. Особенно много йода накапливается в морских водорослях, губках и кораллах. В качестве источника йода используются подземные воды, морские водоросли, отходы производства селитры.

Бром добывается из морской воды, рассолов соляных озер, щелока калийных производств, подземных вод нефтяных месторождений. В СССР производство йода начато в 1932 г. из буровых вод одновременно тремя заводами: Бакинским йодным (Апшеронский полуостров), Челекенским химическим (Туркменская ССР) и Лапоминским опытным йодным заводом (у г. Архангельска). Бром добывается из озерной рапы в Крыму.

Переоценка запасов брома и йода показала, что наиболее богатые по концентрации йода месторождения приурочены к артезианским бассейнам Северного Кавказа (Азово-Кубанский, Терско-Прикаспийский), и к восточной части Рионо-Куринского бассейна, в районах Днепровско-Донецкого и Предкарпатского бассейнов, Предуральского прогиба и Северо-Двинского бассейна. Йодные месторождения известны в Западной Туркмении (Каракумский и Восточноприкаспийский артезианские бассейны), в Западной Сибири (Среднее Предуралье, Среднее Приобье), на Дальнем Востоке (артезианские воды о-ва Сахалин). Бромные воды особенно широко распространены в районах Волго-Камского, Ангаро-Ленского, Западно-Туркменского и Амударьинского артезианских бассейнов. В Крыму, северо-восточнее Джанкоя, открыто Севро-сивашское месторождение йодных вод. Сырьевой базой брома служат оз. Сасык-Сиваш у Евпатории и Сивашский залив

(запасы брома в этих водоемах все время восполняются за счет вод Черного и Азовского морей). Источником брома и йода служат и нефтяные воды различных месторождений.

Мировое производство брома более 320 тыс. т; наиболее крупные производители (в тыс. т): США (почти 200), Великобритания (30), Израиль (21), Франция (16), Япония (12).

**Флюорит (плавиковый шпат).** Флюорит (фтористый кальций) — красивый минерал, обычно состоящий из мозаики крупных кристаллов, фиолетовых, зеленых, розовато-желтых или совершенно прозрачных. Блеск стеклянный, температура плавления 1360°C. В воде практически не растворяется, не является проводником электрического тока. Некоторые его разновидности при осторожном нагревании светятся в темноте (термолюминесценция) и фосфоресцируют после того, как побывают на солнечном свете. Флюорит пропускает инфракрасные и ультрафиолетовые лучи.

Он легко плавится (отсюда и название «флюорите» — латыни — течь), понижает температуру плавления других минеральных веществ.

Флюорит служит основным сырьем для получения фтора. Главным потребителем фтора является химическая промышленность: производят фтористоводородную кислоту — основу различных фторсодержащих продуктов, используемых также в качестве высокоактивного топлива и в ядерной технике. В черной металлургии плавиковый шпат применяется в качестве флюса при выплавке специальных сталей и ферросплавов (на 1 т конверторной стали идет 1,8 кг плавикового шпата, а на 1 т кислородно-конверторной стали — 5,4 кг). В цветной металлургии из флюорита получают искусственный криолит, применяющийся в производстве глинозема и алюминия. Совершенно прозрачный, бесцветный и бездефектный флюорит, кристаллы которого имеют в поперечнике не менее 10 см, применяется для оптических линз микроскопов, фотоаппаратов, биноклей (флюорит пропускает ультрафиолетовые и инфракрасные лучи, поэтому бинокли и фотоаппараты с флюоритовой оптикой можно использовать даже ночью). В соответствии с областями применения флюорит подразделяется на кислотный (химический), металлургический (флюсовый), эмалевый (керамический), оптический.

Все месторождения флюорита по происхождению гидротермальные.

Богатые их руды содержат 60—85 % флюорита. В СССР месторождения флюорита есть в Южном Приморье, Восточном Забайкалье, на Алтае, в Средней Азии. Крупными запасами флюорита обладают КНР и МНР.

Общие запасы плавикового шпата в 1986 г. в мире (в пересчете на содержание  $\text{CaF}_2$ ) составили 330 млн. т. Приблизительно половина приходится на СССР и МНР.

Среди несоциалистических стран нужно отметить ЮАР, Мексику, Испанию и Францию, Великобританию, Италию, Таиланд и Кению.

Добыча флюорита в 1986 г. составила в мире 4,7 млн. т, из них более всего в МНР и КНР (по 0,7 млн. т) в СССР — 0,6 млн. т. Флюорит в несоциалистических странах производится (в млн. т): в Мексике — 0,8, ЮАР и Испании — по 0,3, во Франции и Таиланде — по 0,2.

На капиталистическом рынке цена на металлургический сорт флюорита (70 % фтористого кальция) составляла 125 дол. за 1 т, на кислотный кек (97 % фтористого кальция) — 170—180 дол. за 1 т.

**Алмазы.** В Британском музее в Лондоне есть бронзовая греческая статуэтка, вместо глаз у нее таинственно мерцают 2 неотшлифованных алмаза. Специалисты считают, что возраст статуэтки 2500 лет, алмазы — индийского происхождения.

До XVII в. Индия была известна как единственный источник алмазов. Здесь в копиях Голконды (так называется ныне заброшенная крепость близ Хайдарабада) в древности добывались алмазы и находился их рынок.

Говорят, что красота, долговечность, редкость — таковы три главных достоинства настоящего драгоценного камня, и алмаз бесспорно является первым среди них. Чудесный природный кристалл после обработки становится еще красивее и называется бриллиантом: обработка (огранка, шлифовка и полировка) усиливает его блеск и сияние. Алмаз обладает высоким показателем преломления света (2,417) и сильной дисперсией (0,044), но имеет сравнительно небольшое естественное отражение (менее 17 %), которое многократно усиливается с помощью огранки и шлифовки. При бриллиантовой огранке алмаз имеет 57—80 граней (до 128). Луч света преломляется в алмазе и, отражаясь от многочисленных граней, радужно сверкает. Эта праздничная игра света и сделала его «королем» драгоценностей, камнем-вельможей. Бриллианты издавна служили украшением для женщин и вправлялись в короны королей. Например, центральное место среди камней государственной короны, сделанной для английской королевы Марии, занимает алмаз «Кох-и-Нор» (106 каратов). А императрица Екатерина II, получив от своего фаворита графа Орлова уникальный алмаз, который так и назывался «Орлов» (199,6 каратов), повелела вправить алмаз в



свой золотой скипетр — символ высшей государственной власти.

Да, алмазы украшали своих владельцев, подчеркивали их влияние и богатство. Престижный и дорогой кристалл. Немецкий профессор Батеман подсчитал: алмазы (имеются в виду ювелирные камни) стоимостью 10 млн. дол. может перенести один человек, тогда как золото на эту сумму будет иметь массу 12 т. Каким только легендами не обросли «биографии» наиболее известных алмазов. Рассказывают, что когда персидский шах Надир в 1739 г. захватил Дели, он долго и тщетно искал огромный алмаз династии Великих Моголов и, наконец, узнал, что его постоянно носит в своем тюрбане Мохаммед-Шах. Прощаясь с ним, Надир-Шах предложил обменяться тюрбанами, и Мохаммед-Шах был вынужден согласиться. Когда Надир размотал тюрбан и увидел сверкающий алмаз, он воскликнул: «Кох-и-Нор» — «Гора света» — так камень получил имя.

Малочисленность месторождений алмазов (Индия, затем Бразилия, потом Африка...) лишь увеличивала ажиотаж вокруг них.

В 1879 г. было открыто первое коренное месторождение — трубка «Кимберли». В 90-х годах прошлого столетия в этот район двинулась армия алмазоискателей. Кровавый «алмазный бум» перешагнул «золотую лихорадку» Клондайк. В 1899 г. к этим богатствам «протянула руку» королевская Англия. Началась англо-бурская «алмазная» война 1899—1901 гг. Сесиль Джон Родс — ее инициатор и главный исполнитель.

Вся история алмазов в капиталистическом мире насыщена драматическими событиями, начиная от беспощадной эксплуатации рабочих на алмазных рудниках Африки, Бразилии, Индонезии до грязных махинаций синдикатов и монополий, занятых разработкой и продажей алмазов и бриллиантов.

В XX веке алмаз привлек внимание из-за других удивительных и очень ценных качеств: высокой твердости, механической прочности, устойчивости против химических реагентов, полупроводниковых свойств. С 20-х годов XX в. началось использование технических свойств этого камня. Сегодня алмазы подразделяют на ювелирные (крупные прозрачные, иногда цветные или с «нацветом», без дефектов) и технические.

Алмаз — самый твердый минерал на Земле. По 10-балльной шкале Мооса, с помощью которой определяют относительную твердость минералов, твердость кварца 7, топаза 8, корунда 9, алмаза 10. Фактически же абсолютная твердость

алмаза в 1000 раз больше, чем у кварца и в 150 раз больше, чем у корунда. Так как твердость его несколько различна в разных направлениях, то удается обрабатывать алмазы алмазными же резцами и пудрой. Хотя известны и такие твердые алмазы, которые совершенно не поддаются обработке. Кстати, само слово «алмаз» происходит от греческого «адамас», что в переводе означает «непобедимый», «несокрушимый», «непреодолимый». Впоследствии слово «адамас» в романо-германских языках было трансформировано в «адамант», «демант», «диамант».

Высокая твердость алмаза сочетается с высокой сопротивляемостью к истиранию и механической прочностью, устойчивостью против химических реагентов: кислоты и щелочи на алмаз не действуют. Все эти свойства связаны с тем, что алмаз — чистейший углерод с особой кристаллической структурой. Он имеет самую плотную упаковку атомов углерода (в отличие, например, от графита — одного из самых мягких в мире кристаллов, представляющего также углерод, но с гораздо менее плотным кристаллическим строением).

Техника XX в. с ее высокими требованиями к качеству и прочности обработки материалов, особенно металлов, немалыми без алмазов. Для этого обычно используют мелкие и часто непрозрачные камни, которые применяются как абразивы и режущие материалы. Мировая добыча технических алмазов составляет по объему примерно 80 %. Благодаря автоматизации процессов на основе алмазных инструментов, сверл, шлифовальных кругов и т. д. производительность труда повышается в 10—13 раз. Через алмазные фильеры (волоочильные камни, их «прожигают» с помощью лазеров) протягивают сотни тысяч километров проволоки. Важнейшей областью применения технических алмазов являются буровые инструменты: алмазные долота и коронки. Именно за счет алмазного бурения в короткое время были освоены недра Кольского полуострова, нефтяные залежи Волго-Уральской и Западно-Сибирской нефтегазоносных провинций, разведаны крупнейшие месторождения железных руд и других полезных ископаемых, началось использование шельфовых зон океанов и морей, изучаются глубины океанов. Алмазными коронками бурят сверхглубокие скважины.

Количество потребляемых технических алмазов стало одним из важнейших показателей промышленного потенциала той или иной страны. Американские специалисты считают, что если США лишит алмазов, то промышленный потенциал страны сразу снизился бы наполовину. Долгое время Советский Союз закупал алмазы за границей, но освоение Якут-

ских месторождений позволило поднять промышленный потенциал нашего государства. Советский Союз стал крупным экспортером алмазов.

Иногда алмазы содержат незначительные примеси иных элементов, придающих им не только любую окраску и оттенки, но даже и особые свойства. Наиболее высоко ценятся бесцветные или голубоватые (голубовато-белые) камни. Они составляют примерно четверть всех известных алмазов. Основная часть алмазов имеет какой-либо цветной оттенок (желтый, бурый, бледно-розовый). Возможно и искусственное окрашивание алмаза в синий, зеленый, желтый цвета. Это достигается облучением его.

Принято считать, что алмазы — идеальные изоляторы. Это так и есть. Но примерно 20 лет назад при исследовании африканских алмазов выяснилось, что некоторые из них — чаще небесно-голубые или алмазы «желтой воды» — являются очень хорошими полупроводниками.

С 1955 г. в ряде стран стали синтезировать искусственные алмазы, используемые в качестве технических. Была решена проблема получения искусственных алмазов и в СССР.

Кратко история синтеза алмазов выглядит так: первой теоретической работой, содержавшей реальное решение проблемы получения искусственных алмазов, была работа О. И. Лейпунского, опубликованная в 1939 г. (это открытие зарегистрировано 29 июня 1971 г. с приоритетом от августа 1939 г.). Поэтому все последующие опыты по синтезу алмазов ведутся по способу О. И. Лейпунского. Затем, в 1953 г. были достоверно получены фактически первые кристаллы алмазов в Швеции группой Э. Лундблада, в 1954 г. в США группой Т. Холла, а в 1960 г. в СССР группой Л. Ф. Верецагина.

Сначала в СССР получили мелкие кристаллы, пригодные только для абразивов, затем стали выращивать более крупные кристаллы, еще позднее научились делать камни заданной формы. И вот, в 1961 г., благодаря объединенным усилиям Московского Института физики высоких давлений АН СССР и Киевского института сверхтвердых материалов АН УССР, в Киеве вступила в строй первая в СССР промышленная установка, на которой под давлением в 10,13 ГПа, и при температуре в 2000 °С превращали обычный графит в кристаллы алмазов.

Вот что писали тогда восхищенные журналисты, побывав в институте. На первом этаже института гостей встречает робот, который обращается к ним со словами: «Я робот, мои челюсти развивают усилия в сто тысяч килограммов. Сейчас

в вашем присутствии я превращу графит в алмаз». С этими словами робот берет небольшой контейнер с графитом, кладет его в рот, сжимает челюсти и в контейнере вместо графита несколько мелких кусочков алмазов. Робот продолжает: «Вы видели как это просто. Теперь каждый из вас может делать алмазы дома у себя на кухне». В демонстрационном зале они увидели, как на одном из станков алмазным резцом разрезают бутылку на тончайшие кольца, а с помощью алмазного сверла в большом оконном стекле из торца в торец высверливают ровное тонкое отверстие, при этом стекло хорошо сохраняется.

Сейчас в 20 странах капиталистического мира производство искусственных алмазов превышает 150 млн. карат в год, что больше добычи из природных месторождений. Вообще, все работы по изготовлению искусственных алмазов ведутся в большом секрете. И дело не только в том, что алмазы мощное стратегическое сырье. Например, с одной стороны, как только 15 февраля 1955 г. пресса опубликовала данные о синтезе алмаза сотрудником кампании «Дженерал электрик» Трейси Холлом, стоимость акций этой кампании поднялась на 300 млн. дол., а, с другой, — это поставило под удар жизнь Алмазного синдиката с акциями корпорации «Де Бирс». Интересно, что уже в марте 1955 г. руководство южноафриканской горнодобывающей корпорацией «Де Бирс» решило построить фабрику в Спрингсе у Йоханнесбурга (ЮАР) по производству синтетических алмазов. Эта фабрика стала давать продукцию уже в 1958 г., имеет 75 единиц оборудования (станков) высокого давления. Затем в 1963 г. ее дочернее предприятие было открыто в Шанионе (Ирландия). В 1967 г. «Де Бирс» и шведская фирма АЕА заключили соглашение о совместном производстве алмазов. Промышленные синтетические алмазы выпускаются в СССР, США, КНР, ЧСФР, Нидерландах, Японии.

Так, из камня-вельможи алмаз превратился в камень-труженик. Правда при этом он не утратил своей «аристократичности» и широко используется в ювелирной промышленности. Поэтому важным этапом синтеза алмазов было изготовление ювелирных сортов. Впервые способ получения таких алмазов зарегистрирован в 1967 г. Робертом Уэнторфом, получившим камни в 1 карат.

Карат — единица массы в торговле драгоценными камнями в ювелирном деле с античных времен. В 1907 г. Международным комитетом мер и весов на конференции в Париже введен метрический карат, равный 0,2 г. Само слово «карат», возможно, происходит от греческого названия «карацион» — рождкового дерева, широко распространенного в Средизем-

номорье, плоды которого в древности служили «гирями» при взвешивании драгоценных камней (одна такая гиря по массе примерно соответствовала 1 карату).

Цветные алмазы — большая редкость, поэтому стоимость их примерно на четверть выше. Англичанин Уильям Крукс установил, что радиоактивное излучение радия превращает бесцветный камень в зеленый. Можно получить кристаллы синего, красного и других цветов. Окрашиваются искусственные алмазы и за счет введения различных примесей. Например, азот придает кристалликам зеленоватый и желтый цвет, бор — синий.

Известны синтетические заменители алмазов, внешние свойства которых приближаются к свойствам настоящих алмазов. Сегодня заменителей алмазов много. Но самым интересным среди них является «фианит», или кубический оксид циркония, прозрачные кристаллы с желтоватым нацветом можно увидеть сегодня в любом ювелирном магазине. Это лучший и наиболее дешевый заменитель алмаза, последнему он уступает лишь в твердости (она у него 7,5—8,5), но имеет почти одинаковые с алмазом показатели преломления (2,15—2,25, а у алмаза 2,42) и дисперсии (0,050 и 0,044). Название «фианит» дано в честь Физического института Академии наук. Его создатели в 1980 г. удостоены Ленинской премии.

На Западе этот минерал называют джевалитом, диамонсквасом. Первоначально считалось, что «фианит» не имеет аналогов в природе. Но в 1966 г. в породах Тажеранского интрузивного массива на западном берегу Байкала у о-ва Ольхон геологом А. А. Коневым найден минерал тажеранит. Он оказался близким по своим свойствам «фианиту».

И еще одно качество драгоценного камня — редкость. На Земле его месторождения немногочисленны. Среди природных алмазов резко преобладают мелкие. Крупные в несколько десятков каратов большая редкость, в сотни каратов — уникалы. Поэтому тем и другим обычно присваивают собственные имена.

Алмазы встречаются в коренных и россыпных месторождениях, причем добываются из тех и других примерно в равных количествах.

Коренными источниками алмазов являются, как правило, кимберлиты, ультраосновные глубинные породы, впервые обнаруженные в 1879 г. в районе г. Кимберли (у населенного пункта Ягерсфонтейн) в Оранжевой Республике (ныне территория ЮАР). Кимберлитовые трубки, или трубки взрыва, представляют собой как бы жерла вулканов, заполненные

сильно измененной брекчиевидной породой глубинного происхождения. Она состоит из собственно кимберлита (ультраосновная порода) и обломков пород, поступивших в кимберлит во время прорыва верхних горизонтов земной коры. Кимберлитовые трубки образуются, когда деятельность вулканов характеризуется не длительным излиянием лавы, а имеет характер кратковременного и мощного взрыва. При этом возникают огромное давление (почти 6,08 ГПа) и высокие температуры (более 2500 °С). Если жерло прорывает породы, содержащие углерод (например, известняки), то при этом могут образовываться кристаллы алмазов. При выветривании кимберлитов образуются так называемые синяя и желтая «земли» (остаточные суглинки выветривания), из которых извлекают алмазы.

Трубки взрыва обычно приурочены к глубинным разломам земной коры, располагающимся на платформах у их окраин. Встречаются они группами, вытянутыми вдоль разломов. Диаметр трубок и жил колеблется от 15 до 300 м (500×860 м — «Премьер» в ЮАР, 1500×1000 м — «Мвадуи» в Танзании). Не все кимберлитовые трубки являются продуктивными (например, в Африке алмазоносными является лишь каждая десятая). В разрабатываемых трубках среднее содержание алмазов составляет около 0,5 карата на 1 м<sup>3</sup> породы. На верхних горизонтах содержание бывает в 5—6 раз больше. Промышленная концентрация алмазов сохраняется иногда до больших глубин (например, трубка Кимберли разрабатывалась до глубины 1072 м). Некоторые трубки содержат большие запасы алмазов, например, запасы алмазов трубки «Мвадуи» — более 100 млн. каратов, из трубки «Премьер» уже извлечено 45 млн. каратов. Трубки взрыва в Африке имеют кайнозойский возраст.

Половина алмазов добывается из аллювиальных (СССР, Южная Африка) и морских (Западная Африка) россыпей. Россыпи образовались в результате выветривания и размыва пород кимберлитовых трубок.

Алмазы извлекаются из породы в виде кристаллов или их обломков. В «сыром», неограниченном виде алмазы обычно выглядят скромно: поверхность их шероховата, полупрозрачна, покрыта серой растрескавшейся коркой различных оттенков.

Именно поэтому «королем» ювелирных камней алмаз стал значительно позже других драгоценных камней. Древние народы Средиземноморья и Востока долгое время не знали алмаза. Они отдавали предпочтение рубинам, сапфирам, изумрудам. И только когда из алмаза стали путем огранки производить бриллианты, они заняли первое место. Место-

рождения алмазов обнаружены в Южной Азии, Африке, Бразилии, США и в других районах мира.

Советский Союз располагает многочисленными коренными и россыпными месторождениями алмазов. Первый алмаз России был обнаружен в 1829 г. на Урале на Крестовоздвиженском прииске при промывке россыпей золота 14-летнего мальчиком Павлом Поповым. Позднее находки были сделаны при разработке золотых и платиновых месторождений на западном склоне Урала. Академик А. Е. Ферсман подсчитал, что за период с 1829 г. по 1917 г. на Урале найдено 250 кристаллов. После Октябрьской социалистической революции были определены ресурсы алмазных россыпей западного склона Урала (четвертичные и среднедевонские). Первый в СССР алмазный прииск был организован в 1941 г. на Урале.

В 40—50-х гг. советские геологи открыли мезозойскую Якутскую алмазоносную провинцию. Было это так. Еще в 20-х гг. появились первые сведения о случайных находках алмазов местными охотниками на севере Якутии. Об этих находках сообщал в печати вилюйский краевед П. Х. Староватов. Но эти открытия остались, как это часто бывает, незамеченными. Независимо от них академик В. С. Соболев еще до Великой Отечественной войны, установив сходство геологического строения Сибирской и Южно-Африканской платформ, предсказал вероятность открытия на севере Сибири коренных месторождений алмазов. Начались поиски.

В 1948 г. в Западной Якутии был найден первый алмаз, а в 1949 г. установлены промышленные алмазоносные россыпи. В 1954 г. геолог Л. А. Попугаева обнаруживает первую кимберлитовую трубку в Якутии — «Зарницу», а в 1955 г. группа геологов Амакинской экспедиции открывает первые промышленные коренные месторождения — трубки «Мир» и «Удачная».

Л. А. Попугаева, вместе с рабочим Ф. Беликовым, используя метод пиропной съемки открыла первую кимберлитовую трубку Якутии (кстати, неалмазоносную). Трубка «Зарница» считается первой кимберлитовой трубкой Советского Союза. Но и у нее, по нашим сведениям, были давние предшественники.

Так, в конце 30-х гг. в районе Неноксы у основания Онежского полуострова в одной скважине были обнаружены никому неведомые загадочные породы, названные геологом И. В. Альбовым граувакками. По сохранившимся описаниям, опубликованным этим геологом, и керну буровой скважины было установлено, что это не граувакка (серая глинистая порода), а древняя вулканическая брекчия — кимберлит. Кста-

ти, на севере в долине р. Сев. Двина описаны и одиночные находки кристаллов алмазов. В 80-х годах на севере Архангельской области установлены алмазоносные месторождения, приуроченные к кимберлитам.

Сейчас в Якутии открыто более 300 кимберлитовых трубок, среди них самые знаменитые «Мир», «Удачная», «Заполярная», «Юность». Трубки взрыва формировались здесь с позднего девона до раннего мела в три этапа.

Они сосредоточены в Вилюйском бассейне в основном в двух районах: в Малобатуобинском и Даалдынском, отстоящих друг от друга на сотни километров. В бассейне р. Вилюй известны также россыпи. Добыча коренных алмазов в Якутии началась в 1957 г. Здесь вырос город Мирный и Чернышевский. Первый из этих двух городов стал основным центром алмазодобывающей промышленности Якутии.

В нашей стране есть и другие районы, где известны одиночные находки кристаллов алмазов — это Средняя Сибирь, Юг и Север европейской части СССР. Они еще ждут своих разведчиков.

В витринах Алмазного фонда СССР (Москва) размещено более 500 крупных ювелирных алмазов, главным образом из якутских месторождений. Многие из них по традиции имеют имена: «Звезда Якутии» (232 кар), «Революционер Иван Бабускин» (171 кар), «Великий почин» (135 кар), «Большая Медведица» (114,5 кар), «Мария» (106 кар) и др. Имена алмазам давались не случайно. Например, в кимберлитовой трубке «Мир» в начале 1981 г., накануне XXVI съезда КПСС, найден самый крупный за всю историю алмазодобывающей промышленности страны ювелирный кристалл алмаза «Имени XXVI партсъезда» (342,5 кар или 64,9 г). Кстати, здесь же был обнаружен и предыдущий камень-рекордсмен «Звезда Якутии». В 1984 г. новый крупный алмаз был назван «Индира Ганди» (71,55 кар) в честь известного политического деятеля Индии. Алмаз «Мария» получил имя рабочей-промывальщицы Марии Коненкиной, нашедшей этот камень.

В Алмазном фонде СССР хранятся также алмазы из бывшей царской казны. Среди этих сокровищ находится всемирно известный прозрачный с голубовато-зеленым оттенком бриллиант «Орлов» (199,6 кар, в необработанном виде имел 450 кар). Его биография может составить канву приключенческого романа. Найден был этот камень в начале XVII в. в Индии (Голконда). Согласно легенде, этот камень вместе с другим подобным алмазом «Кох-и-Нором», был глазом статуи Браммы в Мадрасе, откуда в начале XVII в. оба эти алмаза были похищены европейцами. Очевидно, этот факт из леген-

ды использовал в своем романе Уилки Коллинз «Лунный камень».

В Алмазном фонде СССР находится и второй всемирно известный исторический камень — алмаз «Шах» (88,7 кар), прозрачный, с желтоватым оттенком, по форме напоминающий миниатюрный саркофаг. На персидском языке выгравированы на самом камне имена его владельцев. Алмаз был найден в Центральной Индии в середине XVI в. До 1591 г. он хранился у правителей Ахмеднагара. После покорения Ахмеднагара камень перешел в руки Акбара из династии Великих Моголов. В 1739 г. персидский шах Надир разгромил войска индийских властителей, захватил Дели, и оттуда вместе с другими ценностями увез алмаз «Шах» в Персию. В 1829 г. он был преподнесен персидским шахом Хозрев-Мирзой Николаю I «во искупление» зверского убийства русского посла в Тегеране писателя Александра Сергеевича Грибоедова.

Бережно сохраняя уникальные творения природы и ювелирного мастерства в музеях, Советский Союз большое число алмазов использует в промышленности: главным образом для технических целей, а крупные и прозрачные кристаллы идут на изготовление ювелирных изделий на Киевской, Свердловской, Смоленской и других ювелирных фабриках.

Общие запасы алмазов в 17 развитых капиталистических и развивающихся странах, по данным на 1987 г., составили 2300 млн. кар, в том числе ювелирных — 750 млн. кар. Более половины этих запасов размещены в Африке, главным образом в Заире (520 млн. кар, в том числе 80 млн. кар ювелирных), Ботсване (соответственно 300 и 90), ЮАР (250 и 85) и других странах. Самой богатой алмазами страной в последнее время стала Австралия. Подсчитанные ее запасы составили 530 млн. кар., из них ювелирных 235 млн. кар.

Главными алмазоносными месторождениями не социалистических стран являются месторождения ЮАР (трубки Премьер и Финш, район прибрежно-морских россыпей Намакваленд), Австралии (трубки Арджайл), Ботсваны (трубка Орапа, Джваненг), Анголы (трубки Камафука-Камазомбо, россыпи Куэнго), Заира (россыпи Бакванга), Ганы (россыпи р. Бирим), Намибии (россыпи в устье р. Оранжевой) и др.

От начала добычи алмазов и до 1985 г. извлечено из земных недр (без СССР) 1550 млн. кар (около 310 т). И примерно 90—95 % этого количества приходится на Африку. Мировое производство алмазов всех видов (включая ювелирные, технические природные и синтетические, а также алмазную крошку и порошок), например, в 1985 г. составило 200 млн.

кар (вдвое больше, чем в 1975 г.). Ежегодная добыча алмазов в мире превысила 100 млн. кар, в том числе в 17 не социалистических странах в 1986 г. она составила 79 млн. кар (из них около 30 млн. кар ювелирных), или 16 т. Из этой суммы 48 млн. кар, или 60 %, приходится на рудники Африки. Более трети добыто в Заире, более одной пятой — в ЮАР и почти столько же в Ботсване. В меньших количествах алмазы добываются в Анголе, Гане, Намибии (почти все ювелирные). В 1986 г. треть алмазов добывалась в Австралии. Если в 1985 г. в не социалистических странах было добыто алмазов 55 млн. кар (из них 22 млн. кар ювелирных), то уже в 1986 г. прирост добычи на одну треть произошел за счет Австралии.

В Заире известны уникальные месторождения Бакванга и Касаи (россыпи и кимберлитовые брекчии), а также ряд россыпей и 24 кимберлитовые трубки в провинции Шаба. Они были открыты в 1907 г., а промышленная разработка их началась в 1913 г. Среди добываемых в Заире алмазов около 75 % технических. В то же время Заир и Ботсвана дают примерно по 25 % (а в сумме 50 %) всех ювелирных алмазов не социалистических стран.

ЮАР добывает несколько меньше алмазов, чем Заир, но по стоимости ЮАР дает большую часть мировой добычи алмазов. На ЮАР приходится более 40 % добычи ювелирных алмазов не социалистическими странами. Первые алмазы в ЮАР были найдены в аллювии р. Оранжевой в начале 1867 г. Сейчас в этом районе выявлено около 250 кимберлитовых трубок, из них 25 трубок содержат алмазы в промышленных концентрациях. По масштабам алмазоносности выделяются трубки группы «Кимберли» («Кимберли», «Дютойтспан», «Бюлтфонтейн», «Премьер» или «Весельтон», «Де-Бирс», «Новый Премьер»). Здесь же имеются речные россыпи в Немакваленде, Трансваале, Капской провинции ЮАР, а также морские россыпи на побережье Атлантического океана. Россыпи дают примерно 15 % от всей добычи алмазов в ЮАР, но 98 % алмазов, добываемых в них — ювелирные. Самый крупный алмаз, извлеченный из россыпей, имел массу 813,5 кар. За все время в ЮАР добыто около 400 млн. кар. На руднике «Новый Премьер» в 1905 г. был найден самый крупный алмаз в мире «Куллинан» (3106 кар или 621,2 г), впоследствии при обработке расколотый по линиям трещин, возникших от ударов землекопов, на 105 частей, в том числе и на два крупных алмаза «Куллинан Первый» (530,2 кар с 74 гранями — самый крупный ограненный алмаз в мире), «Куллинан Второй» (317,4 кар с 66 гранями), а также «Куллинан Третий» (94,4 кар) и «Куллинан Четвертый» (63,6 кар). Первый

называют еще «Звезда Африки», второй, третий, четвертый камни названы «Малые звезды Африки». Кроме этих камней получился еще 101 бриллиант массой от 5 до 19 кар.

В Намибии практически все добываемые алмазы ювелирные. Они извлекаются из россыпных месторождений в устьевой части р. Оранжевой, в морских террасах от устья Оранжевой до бухты Чамас, а также из подводных россыпей этой же бухты, где добыча началась в 1952 г. Среди ювелирных алмазов преобладают белые камни со слабым зеленоватым оттенком, но встречаются и желтые, светло-зеленые, красноватые, меловые, коричневые и даже черные. Всего в Намибии с 1908 по 1985 г. добыто около 56—57 млн. кар алмазов.

Третье место по добыче алмазов среди стран капиталистического мира занимает Ботсвана, в пределах которой богатейшие месторождения были открыты в конце 60-х гг. нынешнего столетия.

В Анголе выявлено до 100 россыпей месторождений, а в долине р. Чикана известны кимберлитовые трубки. В Гане алмазы добываются из уникальных по размерам россыпей р. Бирим близ Аккры (90 % технические алмазы), преобладают коричневые и зеленые камни. С 1920 по 1985 гг. в этой стране извлечено около 95 млн. кар, но их добыча, как, впрочем, и в других африканских странах, не принесла процветания ее народу.

В Сьерра-Леоне разрабатываются алмазные россыпи (бассейн рек Бафи и Севи). Алмазы в основном мелкие, однако ювелирные сорта составляют около 40 % в общей добыче. Наиболее крупный из найденных здесь алмазов имел 770 кар (стоимость 800 тыс. дол.). Добыча была начата с 1932 г., но уже к 1985 г. было извлечено более 47 млн. кар.

Основные запасы Танзании размещены в крупном месторождении — трубке «Мвадуи» (Центральное плато, Шиньянга), хотя здесь имеется еще около 100 трубок, в семи из которых также установлена промышленная алмазность. Половина добываемых алмазов — ювелирные (средняя масса — 1 кар, но встречаются камни в 100 кар и более). Месторождения эксплуатируются с 1925 г. и до 1985 г. здесь получено 15—16 млн. кар.

В Центрально-Африканской Республике, Республике Кот-д'Ивуар (с 1948 г.), Гвинее (с 1946 г.) и Либерии разрабатываются россыпные месторождения. С 1978 г. началось освоение уникального высокогорного месторождения в горах Малути — Лётсенг-Ла-Терай в Лесото, где встречены крупные алмазы высокого качества.

На Америку\* приходится всего 2,8 % мировой добычи алмазов (без СССР), большая часть их добывается в Бразилии (обнаружены в XVII в.), а также в Венесуэле и Гайане.

В Бразилии алмазоносны сильно метаморфизованные изверженные породы («филлиты») и россыпи штатов Минас-Жераис (месторождения Риу-дас-Гарсас), Байя и Мату-Гросу; в Венесуэле — россыпи в штате Боливар и федеральной территории Амазонки; в Гайане — россыпи в бассейне р. Мазуруни. Из добываемых в Бразилии алмазов в прошлом являлись ювелирными 90 %, а теперь лишь пятая часть.

Индия была мировым алмазным монополистом до открытия в начале XVII в. алмазов в Бразилии. Найденные в 580 км к северу от Рио-де-Жанейро алмазы вызвали большой интерес, тем более, что месторождение было богатым. Однако добыча росла так быстро, что вызвала снижение мировых цен на алмазы. Голландские купцы, боясь потерять доходы, сначала пытались подорвать доверие покупателей к этим камням, утверждая, что это низкокачественные индийские камни, ввезенные в Бразилию из Индии (Гоа). Тогда стали алмазы привозить в Гоа, а оттуда уже в Европу как индийские камни. Но долго скрывать правду не удалось, да и цены на алмазы катастрофически падали, и тогда правительство Португалии (Бразилия в то время была португальским владением) вводит высокие пошлины на экспорт алмазов, затрудняет условия аренды алмазоносных участков, и таким образом, почти приостанавливает работу на приисках. Лишь после 1822 г. Бразилия освободилась от власти Португалии, и добыча алмазов начала расти.

В Индии и Индонезии (о-в Калимантан) размещаются месторождения алмазов, известные еще задолго до открытия бразильских и африканских. Многие из них уже выработаны. И Индия, которая дала миру, пожалуй, наиболее интересные камни, давно перестала быть не только монополистом, но и сколько-нибудь значительным поставщиком алмазов. На долю Индии приходится всего 0,04 % общей мировой добычи алмазов (без СССР) и 0,1 % добычи ювелирных алмазов. Наиболее богатым является алмазоносный район Панна, который расположен восточнее Декана, простирается к северу от Мендраса до притоков Ганга.

В 1978 г. впервые в отдаленном районе Северо-Западной Австралии было найдено около 300 крупных алмазов. Затем было обнаружено богатое коренное месторождение, которое

\* В США обнаружено несколько небольших кимберлитовых трубок. С 1912 г. по 1961 г. в них добыли всего 12 тыс. кар.

сразу стало разрабатываться. Здесь, как и в Африке, алмазы были найдены уже у австралийского г. Кимберли, но не в кимберлитовых трубках, а в так называемых лампроитовых трубках взрыва — трубках Арджайл, Эллендейл и других, в россыпях Аппер-Смоук-Крик и многих других. Уже с 1986 г. Австралия за счет ввода в строй прииска Арджайл ежегодно добывает 25 млн. кар, что выводит ее на первое место среди несоциалистических стран, а добыча алмазов в этих странах возрастает в целом на 45 %.

Районы запасов и добычи алмазов и их использование не совпадают. Уровень мирового потребления технических алмазов в 70-х гг. XX в. оценивался в 80 млн. кар в год. Среди капиталистических стран главным потребителем являются США, Япония, Италия, Великобритания, Франция.

Всего несколько стран мира специализируются на обработке алмазов для ювелирных целей. Самыми известными из них являются Индия (Бомбей), Бельгия (Антверпен), Израиль, США, ЮАР, Нидерланды, Франция, Германия.

На капиталистическом рынке в середине 80-х гг. цены на технические алмазы сортов борт (крошка) и на алмазную пудру составляли более 2 дол. за 1 кар, на прочие технические алмазы — более 5—7 дол. за 1 кар, на синтетические алмазы — около 0,5—5 дол. за 1 кар. Цена на ювелирные необработанные алмазы в зависимости от величины и качества камней колеблется в широких пределах, но в среднем составляет 400—600 дол. за 1 кар, на мелкие бриллианты — 120—1100 дол. за 1 кар, на крупные высококачественные — до 6000 дол. за 1 кар. Принято считать, что камень примерно от 1 до 3—5 кар стоит в тысячу раз дороже чистого золота. Но с увеличением размера камня цена его увеличивается во много раз.

Крупные камни не имеют цены, и если и пускают их в продажу, то только с аукциона, где цена складывается очень высокая. Так, например, стоимость знаменитого «Куллинана» (3106 кар), из которого изготовлено 105 бриллиантов, выставленных для обозрения в Лондонском Тауэре, приравнена 94 т чистого золота.

Большая часть (80—85 %) алмазных сделок на капиталистическом рынке контролируется Всемирным Алмазным Синдикатом в Лондоне. Он был основан в 1893 г. Всемирный Алмазный Синдикат устанавливает на мировом рынке цены на алмазы и для поддержания высоких цен «регулирует» добычу в разных странах системой квот (устанавливает размер добычи и стоимость алмазов). На протяжении своей почти вековой истории этот синдикат — гигантское монополистическое предприятие — почти полностью контролировал добычу

алмазов в капиталистическом мире. Он вел смертельную борьбу с конкурентами в прошлом в Бельгийском Конго, Португальской Анголе, в Юго-Западной Африке и поглотил их. Ведущая роль во Всемирном Алмазном Синдикате принадлежит английской монополии «Де-Бирс», история которой начинается еще в апреле 1880 г., когда Сесиль Родс основал компанию «Де-Бирс майнинг» для эксплуатации рудника «Кимберли». В жестокой борьбе Родс расправился с конкурентами, завладев рудниками «Бюлтфонтейн», «Премьер» и многими другими. Сегодня «Де-Бирс» имеет многочисленные дочерние компании, например, «Даймонд Корпорейшн» и др.

Производство синтетических алмазов в какой-то мере подорвало монополию синдиката и пошатнуло его позиции. Открытие советских месторождений алмазов сделало социалистические страны независимыми от мирового капиталистического рынка алмазов и лишило Всемирный Алмазный Синдикат монополии. Многие алмазодобывающие страны — бывшие колонии стали политически независимыми государствами. Естественно их стремление взять в свои руки контроль над своими природными богатствами.

Все это вносит изменения в общую картину алмазодобывающей промышленности мира.

**Асбест.** По-гречески это слово означает «неугасимый», «неразрушимый». Это собирательное название нескольких минералов, имеющих волокнистое строение. Их волокно (длина его колеблется от 0,5 до 20—30 см) обладает прядильной способностью, теплостойко, негорюемо (температура плавления около 1550 °С), плохо проводит тепло и электричество. Из минералов к асбесту прежде всего относят хризотил-асбест и его разновидности (группа серпентинов), составляющие примерно 95 % от всего объема потребляемого в мире асбеста. Хризотил-асбест разлагается под действием соляной кислоты. И в том случае, когда требуется кислотоупорный асбест, применяют минерал из группы амфиболов (асбестовидный антофиллит, тремолит-асбест, актинолит-асбест, крокидолит-асбест, амозит-асбест).

Особенности асбеста (несгораемость и непотопляемость) известны человеку с древних времен. Еще буддийские священники, ламы и жрецы использовали его свойства: одеваясь в асбестовые одежды входили в огонь и «по воле бога» не сгорали, тем самым внушая пастве мысль о том, что их пастырь обладает чудодейственной силой. В «вечных» священных лампадах годами горели негорюемые асбестовые фитили.

Ценное свойство асбеста расщепляться на тонкие волокна, из которых можно изготовлять пряжу, давно дало повод

народу окрестить его «горным льном», «горной шерстью». Из 1 кг «распущенного» асбеста можно изготовить нить длиной примерно в 15 км. Асбестовая одежда из этого волокна не горит и не пропускает тепло. Асбестовые нити обычно очень прочные. Такая нить сечением в 1 мм выдерживает груз в 320—350 кг (стальная проволока — 203 кг, нить из органического волокна — 40—80 кг). Применение асбеста зависит от длины волокон в минерале. Пряжу получают из асбеста с волокном не менее 6—9 мм. При производстве асбестовой ткани к нему прибавляют вначале 15—20 % хлопка или льна (затем эти волокна выжигают), но иногда их заменяют металлической нитью (из латуни, железа). Ткани эти идут для одежды литейщиков (асбестовые наколенники, рукавицы, передники и пр.), из асбестовой ткани для пожарников делают костюмы, спасательные канаты и брезенты, а также почтовые мешки, театральные занавеси.

Ткани из асбеста используются в различных отраслях промышленности, в ракетостроении и космонавтике (как термоизоляционный материал), в электропромышленности (электроизоляторы). Асбестовое волокно длиной 2—8 мм идет на изготовление асбестовой бумаги и картона, применяемых для обшивки стен зданий, асбестоцементных труб, шифера, кровельных покрытий, замазок, тормозных колодок, наполнителей пластмасс. Асбестовые картон и бумага, пропитанные битумом, используются для гидроизоляции туннелей метро и теплофикационных сетей.

Наиболее короткое асбестовое волокно (менее 0,5—2 мм) применяется только в смеси с другими веществами (цементом, глиной, песком и т. д.) и служит в основном для строительных целей.

По происхождению все асбестовые руды — образования, связанные с ультраосновными глубинными породами.

Общие мировые запасы асбеста оцениваются в 260 млн. т, большая часть которых размещается в СССР. Первое в СССР асбестовое месторождение было открыто на Урале в 1720 г. крестьянином Софроном Сегрой, а в 1885 г. там же было выявлено крупнейшее в мире Баженовское месторождение хризотил-асбеста (разрабатывается с 1889 г.). Сейчас на Урале известно много месторождений, объединяемых во всемирно известный уникальный по своим запасам и значению Баженовский асбестоносный район, на базе которого в г. Асбесте действует крупнейший в мире горнообогатительный комбинат «Ураласбест» (на котором вырабатывается две из каждых пяти тонн производимого в мире асбеста). В Оренбургской области размещается Кiemбаевское месторождение.

Здесь вблизи железнодорожной станции Горный Лен возведен один из крупнейших совместных объектов стран-членов СЭВ — Кiemбаевский асбестовый горнообогатительный комбинат (мощность до 550 тыс. т в год).

На Джетыгаринском месторождении в Кустанайской области с 1965 г. действует Кустанайский горнообогатительный комбинат (мощность до 600 тыс. т асбеста). С 1963 г. разрабатывается крупное Актавракское месторождение в Тувинской АССР. В Бурятской АССР в районе трассы Байкало-Амурской магистрали размещается месторождение Молодежное, в котором запасы асбеста только уникального (по длине волокна) качества превышают 10 млн. т (длина лучших волокон здесь достигает 20 см). Это месторождение справедливо считается самым богатым текстильными сортами на всей планете.

Промышленные месторождения асбеста имеются в КНР (месторождение Шимян, запасы 10 млн. т волокна) и Югославии.

Запасы асбестового волокна размещаются в 24 капиталистических странах, по данным 1987 г., содержат почти 100 млн. т (а выявленные ресурсы 170 млн. т), из них подтвержденные 75 млн. т. В этом сырье более 90% составляет хризотил-асбест. Почти все запасы сосредоточены в недрах Канады (50 млн. т), а также в ЮАР (8,5 млн. т), США (8 млн. т), Зимбабве (7 млн. т), Италии, Бразилии и Греции (по 5 млн. т).

Месторождения асбеста в СССР имеют раннепалеозойский (Восточный Саян, Забайкалье) и позднепалеозойский (Урал, Казахстан) возраст. За рубежом преобладают месторождения раннего палеозоя (Канада) и докембрия (Южная Африка).

В этих странах производится более 1,4 млн. т асбеста, из них в Канаде 0,7 млн. т, ЮАР, Зимбабве, Бразилии и Италии (примерно поровну) в сумме 0,6 млн. т. На капиталистическом рынке цена на все виды асбестового волокна составляла в 1985 г. 300—500 дол. за 1 т, цена на лучшие сорта почти в 10 раз выше.

**Графит.** В природе много углеродных соединений (уголь, нефть, озокерит, асфальт и т. д.), но есть и чистый углерод в виде двух кристаллических модификаций: алмаз и графит. Первый имеет кубическую форму (самая плотная упаковка составных частей, так называемая метастабильная), второй — гексагональную (равновесную, неплотную). Обе эти модификации известны человеку с давних пор. А. Лавуазье в 1787 г. удалось доказать, что алмаз и уголь являются угле-



родом. В 1797 г. С. Теннант показал, что при сжигании одинакового количества алмаза и графита образуется одинаковое количество углекислого газа. Графит — чистый углерод и в природе встречается в кристаллическом виде. Более известен чешуйчатый графит, кристаллы которого имеют вид мелких табличек, или чешуек. Этот графит всем нам хорошо известен с детства: из него делают грифели для карандашей. Карандашная линия — это огромное количество мелких чешуек, остающихся на бумаге.

Другая разновидность — скрытокристаллический, или аморфный графит, кристаллы в котором настолько малы, что обнаруживаются только с помощью электронного микроскопа. Графит имеет темно-синий или черный цвет и металлический блеск, плавится при температуре выше 3800 °С, в химическом отношении инертен, является хорошим проводником тепла и электричества (лучше меди и алюминия).

Графит бывает магматического, пневматолитового происхождения или образуется в результате метаморфизма углей и даже известняков.

Графит издревле применялся человеком в качестве красящего вещества, для изготовления огнеупорных сосудов, а с XVI в. — в качестве грифелей для карандашей. Еще в прошлом веке графит добывался в России (Алиберовский рудник) в Восточном Саяне на вершине Ботогольского хребта. Вьюками вывозился к дороге-тракту, затем в повозках отправлялся за 8—10 тыс. км на карандашные фабрики Франции, а уже потом в виде готовых карандашей вновь пересекал границу России. В этом факте, как в зеркале, отразилось отношение царского правительства к использованию национальных богатств страны.

Сейчас рамки использования графита сильно расширились. Его применяют в литейном деле (для припудривания и обмазки внутренних поверхностей литейных форм и стержней, для изготовления тиглей), в электротехнике, в производстве смазочных материалов и антифрикционных изделий и, конечно, карандашей (грифель состоит из 50—80 % графита и 20—50 % каолина), красок, в качестве блоков для атомных котлов (графит способен отражать нейтроны и снижать их скорость). Он используется для изготовления искусственных алмазов, в порошковой металлургии и в производстве полупроводников.

В связи с тем, что природный графит часто бывает загрязнен другими элементами (загрязнение достигает 20 %), а для нужд атомной энергетики нужен графит высокой чистоты, производят искусственный графит. Он состоит из нефтя-

ного кокса (наполнитель) и каменноугольного пека (связующее). В наполнитель добавляют природный графит и сажу.

В СССР разведанные запасы графита составляют 92 млн. т, в том числе более 11 млн. т кристаллического и чешуйчатого. В стране разведано 45 месторождений кристаллического графита и три аморфного. Из семи крупных месторождений мира четыре находятся в СССР: Ботогольское (или Алиберовское) в Восточном Саяне, Курейское (аморфный графит) у Туруханска в низовье р. Курейки, Гогинское в низовье р. Нижней Тунгуски, Союзненское в долине р. Амур — примерно в 60—70 км выше устья р. Сунгари. На Украине имеется Завальевское месторождение, хотя оно средних размеров, но дает половину продукции страны. Завальевский чешуйчатый графит используется не только в нашей стране, но и идет на экспорт.

Промышленные месторождения графита размещены также в КНР, КНДР и ЧСФР (Лужницкое-Тин и Черна-Гурка). Чехо-Словацкие графиты отличаются высоким качеством, и карандаши «KOH-I-NOOR» — лучшие в мире.

Месторождения графита известны в 18 капиталистических странах, общие их запасы превышают 114 млн. т (из них 54 млн. т приходится на кристаллический и 60 — на аморфный). Большая часть общих запасов кристаллического графита сконцентрирована в Бразилии (около 33 млн. т), на Мадагаскаре (5 млн. т) и в Мексике (4 млн. т). Довольно крупные запасы есть в Австралии, Норвегии, Пакистане, Южной Корее, Шри-Ланке, Индии, Канаде. Аморфный графит сосредоточен в месторождениях Мексики (30 млн. т), ЮАР (20), Австрии (5), Южной Кореи (3), Шри-Ланки (1,3 млн. т).

Большая часть графита приурочена к докембрию (СССР, Шри-Ланка, Индия, Мадагаскар), имеются раннепалеозойские (Южная Корея), позднепалеозойские (СССР, Австралия, Германия) и кайнозойские (Мексика).

Добыча графита осуществляется в 16 несоциалистических странах, составляя более 200 тыс. т, в том числе в Мексике и Индии по 35 тыс. т, в Южной Корее — более 30, Австрии — 25, Бразилии — 20, на Мадагаскаре и в Зимбабве — по 13, в Германии — 12, в Норвегии и Шри-Ланке — по 8 тыс. т. Причем, в Мексике, Южной Корее и Австрии добывается аморфный графит, а в остальных странах — кристаллический. На мировом капиталистическом рынке стоимость 1 т аморфного графита составляет 60—120 дол., чешуйчатого — 250—3500 дол.

**Пьезооптическое сырье.** Под пьезооптическим минераль-

ным сырьем подразумеваются пьезокварц, исландский шпат, оптический флюорит.

Пьезокварц — кристаллы кварца, образовавшегося в условиях низких температур (гидротермальные и гидротермально-метасоматические процессы): горный хрусталь, дымчатый раухтопаз, черный морион, желтый цитрин. Наиболее крупные скопления этих минералов приурочены к полостям в кварцевых и пегматитовых жилах (хрустальные погребца и камеры), встречаются они и в россыпях. Применение пьезокварца основано на его пьезоэлектрических свойствах (прямой и обратной пьезоэффект). Кристаллы пьезокварца или их отдельные участки не должны иметь дефектов (помутнений, трещин, двойников и т. д.). Чем больше бездефектная область, тем выше ценится кристалл. Пьезокварц широко применяется в оптических (горный хрусталь) и измерительных приборах, в радиотехнике, ультразвуковой гидроакустике и дефектоскопии. Пластинки из пьезокварца используются для изготовления пьезоэлектрических \* резонаторов (стабилизаторов и фильтров радиочастот, фильтров телефонирования и телеграфирования и пьезометрических звукоснимателей, в микрофонах, громкоговорителях и т. д.). Кондиционные требования, предъявляемые к этим видам сырья, следующие: морион должен иметь массу не менее 10 г, цитрин — 5 г, аметист — 1 г, размеры в поперечнике у мориона не менее 10 мм, цитрина — 9 мм, аметиста — 6 мм.

Наиболее крупные хрусталеносные районы СССР — Урал, Украина, Средняя Азия, Казахстан и Восточная Сибирь. На Украине размещение месторождений пьезокварца и оптического кварца связано с расположением пегматитовых жил в пределах Украинского щита. Особенно богатые месторождения горного хрусталя и мориона имеются на Житомирщине (например, Волинское месторождение), где обнаружены кристаллы кварца массой до 10 т, длиной до 2,7 м, а размеры «погребов», где они находятся, достигают 50—60 м<sup>3</sup>. Кристаллоносные жилы известны и в Донбассе (месторождения Нагального кряжа).

За рубежом имеется всего три крупных месторождения горного хрусталя — Нортсентрал-Гояс, Кристаллина и Сети-Лагоас в Бразилии. Извлекается горный хрусталь из недр на Мадагаскаре и в США. Но в большом количестве кристал-

\* Сущность пьезоэлектрических свойств кристаллов в том, что если к граням таких кристаллов подвести электрическое напряжение, кристаллы деформируются: сжимаются или растягиваются. И, наоборот, если сжимать или растягивать пьезокристалл, на его гранях возникают электрические напряжения.

лосырье добывается только в Бразилии (более 70 тыс. т ежегодно). Пьезокварц и оптический кварц высоко ценится на международном рынке (до 1000 дол. за 1 кг моноблока). В связи с недостатком природного пьезосырья и оптического кварца в последние годы его синтезируют.

Исландский шпат (по названию острова, где он был найден впервые) — прозрачные, бесцветные или слабо окрашенные разновидности кристаллов кальцита. Происхождение гидротермальное. Применение исландского шпата связано с его хорошо выраженной способностью к двойному лучепреломлению. В оптической промышленности он используется для изготовления различных поляризационных призм и приборов (микроскопы, полярископы, фотометры, поляриметры, спектрометры, дальнометры, прицелы и т. д.).

Месторождения исландского шпата представлены обычно отдельными шпатоносными телами небольших размеров. Запасы более 50 кг сырья уже считаются промышленными (кондиции — десятки грамм на 1 м<sup>3</sup> горной массы). В крупных месторождениях запасы достигают нескольких тонн. На территории СССР месторождения, приуроченные к траппам, размещены в пределах Тунгусской синеклизы Сибирской платформы. Небольшие месторождения в СССР приурочены к карбонатным породам: в Средней Азии, в Гиссарском и Зеравшанском хребтах, на Памире и т. д.

Основными зарубежными поставщиками на мировой рынок исландского шпата являются Исландия (Эскифьордур), ЮАР (Дагаб).

**Слюды (мусковит и флогопит).** История применения слюд в хозяйстве людей насчитывает многие столетия. С давних пор крупные пластины мусковита и прозрачного флогопита употреблялись человеком для изготовления окон и фонарей. Отсюда и название. Оно дано Дэна в 1850 г. по обиходному наименованию мусковита — «московское стекло» — минерал из Московии (так называлась в прошлом Древняя Русь).

Название флогопит происходит от греческого «флогос» — огнеподобный (из-за красноватого оттенка). С развитием стекловарения интерес к слюдам упал и вновь возродился в начале XX в. в связи с развитием электро- и радиопромышленности.

Среди большой группы слюдястых минералов сегодня важнейшее практическое значение снова имеют мусковит и флогопит. Они обладают высокой электросопротивляемостью, гибкостью, упругостью, способностью расщепляться на идеально ровные пластины. Кроме того мусковит кислотоупорен, флогопит термостоек. Слюды используются в форме

листовой слюды (минимальные размеры 2×2 см), слюдяного порошка и слюдяных материалов. Основными потребителями листовой слюды (90 %) является электропромышленность (электроизоляторы в электроприборах, в аккумуляторах). Кроме того прозрачность и огнестойкость позволяет использовать слюду вместо стекол для окошек плавильных печей, рудничных ламп, глазков в горнах, очков для металлургов, оконцев в бронированных башнях судов. Слюдяной порошок используется для производства огнеупорных красок, идет на изготовление декоративных красок. Промышленные месторождения, дающие листовую слюду, встречаются редко и, как правило, приурочены к докембрийским породам щитов древних платформ.

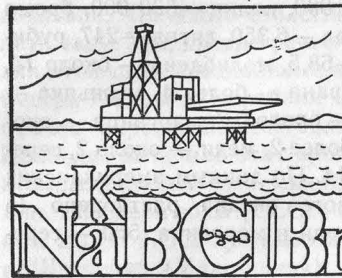
В СССР месторождения мусковита имеются в южной части Витимо-Патомского нагорья. Здесь, в бассейне р. Мамы, находится известная еще с XVII в. Мамско-Чуйская слюдоносная провинция. В ней из 90 тыс. пегматитовых жил 1,5 тыс. промышленно слюдоносны. В Чупино-Лоухском слюдоносном районе в Карелии известно 2,5 тыс. пегматитовых жил. В Енско-Кольском слюдоносном районе выявлено 7 тыс. пегматитовых жил, из которых около 0,4 тыс. промышленно слюдоносны.

Флогопитовые руды имеются в Ковдорском флогопит-вермикулитовом месторождении, в Алданском слюдоносном районе в Южной Якутии, а также в Слюдянке на юге Байкала (последнее во многом уже выработано, но интересно с точки зрения минералогии).

Прогнозные ресурсы мусковита в капиталистических и развивающихся странах составляют 30—35 млн. т, из них в Индии — 20 млн. т (из 8 крупных месторождений мира четыре размещены в Индии: слюдяной пояс Джайпур-Удайпур, месторождения Монгхор, Гоя и Хазарибаг), Бразилии — 5—10 млн. т (пегматитовые поля рудных районов в штате Минас-Жераис). Прогнозные ресурсы флогопита в этой группе стран — 0,6 млн. т, из них половина размещена в Канаде (месторождения Фонтенан и Попино). Слюдяные месторождения известны в США (слюдоносный район Графтон и месторождения штатов Северная Каролина в Нью-Гемпшир).

Производство слюды (преимущественно мусковита) в капиталистических и развивающихся странах составляет около 200 тыс. т, в том числе листовой — около 8 тыс. т. Примерно две трети производят США, пятую часть — Индия; флогопит добывается и на Мадагаскаре.

## РУДЫ В ОКЕАНЕ



Наступил новый этап в отношениях «океан — человек». Издавна хозяйственная жизнь человека связана с Мировым океаном: мореплавание и рыболовство, добыча водорослей и морского жемчуга, промысел морского зверя и разведение подводных плантаций. Но только недавно моря и океаны стали привлекать внимание людей как источник минерального сырья. Как показали первые же исследования, Мировой океан оказался просто «складом» сокровищ. Размеры их настолько велики, что даже несопоставимы с ресурсами минеральных скоплений на суше. Можно назвать три главные причины усиления интереса человечества к океану. Анализ минеральных ресурсов суши показал их истощаемость в обозримом будущем. Этому способствовал и сырьевой кризис в мировом капиталистическом хозяйстве, когда при наличии высокоразвитой обрабатывающей промышленности после второй мировой войны были утеряны источники дешевого сырья (колониальные и зависимые страны). Наконец, выяснилось, что добывать руду со дна моря с 4—5-километровой его глубины легче и дешевле, чем из 1—2-километровых глубоких рудников на суше.

Интерес человечества к Мировому океану был подкреплён развитием соответствующей техники в последние годы. Исследователи полагают, что в перспективе уже в начале третьего тысячелетия многие из минеральных ресурсов будут добываться в основном из морских месторождений и извлекаться из морской воды. Минеральные ресурсы морей и океанов имеют «трехслойное» размещение: это во-первых, минеральные ресурсы вод Мирового океана, во-вторых, полезные ископаемые дна океана или подводные ресурсы, в-третьих, полезные ископаемые недр под океаном.

**Ресурсы вод.** Еще в конце 60-х гг. было установлено, что в морской воде растворено около 95 химических элементов, которые в сумме составляют 48 000 000 млрд. т минеральных веществ, в том числе (в млрд. т): натрия — 14 180 000, хло-

ра — 26 400 000, магния — 1 800 000, калия — 530 000, брома — 90 400, кальция — 559 000, бора — 6 350, лития — 247, рубидия — 164, фосфора — 96, йода — 68,5, молибдена — около 14, железа и цинка — почти по 7, урана — более 4, мышьяка — 2,7, титана — около 1,4, никеля — около 0,7, марганца — около 0,6, хрома — 0,3, ванадия — более 2, меди — около 2, серебра, вольфрама и ртути — по 0,14. По данным американских исследователей, в воде Мирового океана растворено (в млрд. т): до 20 урана, по 15 — меди и марганца, 500 — серебра и 7—10 золота.

Американские исследователи в 1955 г. в илах обнаружили бактерии, способные утяжелять воду. Предполагается, что тяжелая вода скапливается в глубинах океана и запасы ее достигают 274 000 млрд. т. Тяжелая вода содержит дейтерий. Она используется в атомных реакторах для замедления нейтронов, которые необходимы для поддержания цепной реакции деления урана. Во второй половине XIX в. впервые были обнаружены на дне океана железомарганцевые конкреции («картофелины»). В настоящее время установлено, что на океанском дне конкреции занимают площадь, равную всей суше, и местами покрывают дно, как некогда булыжники покрывали мостовые.

Из большого количества растворенных в морской воде веществ сейчас добывается лишь их малая доля. В КНР еще 4 тыс. лет назад человек извлекал из морской воды поваренную соль (35 кг из 1 т). Древние соляные варницы известны на Сиваше, в Белом море (Соловецкие острова, Карелия и т. д.). И сейчас производство поваренной соли из вод Мирового океана в мире составляет 35 млн. т, или 29 % от общей мировой добычи (США, КНР, Япония, Турция, Филиппины). Из вод Сиваша, залива Кара-Богаз-Гол извлекается соль и в СССР. Из морской воды производят более 100 тыс. т брома — 70 % мировой добычи (США, Италия, Великобритания, Канада, Бразилия, Франция, Япония). В СССР с 1932 г. действует бромный завод в Красноперекопске на базе Сивашских вод: здесь очень высокая концентрация брома, она достигает 240—270 г на 1 м<sup>3</sup> (для сравнения: в США и Великобритании производится бром из вод, содержащих 70 г на 1 м<sup>3</sup>). Из океанических вод извлекают также металлический магний (свыше 100 тыс. т или более 60 % мирового производства) и магний в соединениях (около 700 тыс. т или 6 %). Магний добывают в СССР, США (шт. Техас) и Японии. В Великобритании, Италии, Японии из морской воды получают калий.

Еще древние мореплаватели задумывались о способах получения пресной воды в океане. Археологические находки

показали, что много столетий назад человек пытался опреснить воду. Так, древнегреческие мореплаватели использовали для этой цели специальные ящики с песком. Мореплаватели Севера издавна вырубали верхние части морских льдов. Сейчас опреснение поставлено на промышленную основу. Наиболее экономно этот процесс осуществляется с помощью атомных опреснителей. Ежегодно в мире производят около 150 млн. т пресной воды (СССР, США, Мексика, Кувейт, Нигерия и т. д.). В СССР установки для ее получения действуют в г. Шевченко (Мангышлак), Красноводске, Бегдаше (Кара-Богаз-Гол). Имеются реальные проекты по использованию айсбергов.

Уже разработаны способы получения золота, серебра, меди из морской воды. Но в данное время менее рентабельно, чем из наземных месторождений. Одновременно промышленно развитые страны освоили извлечение урана (его содержание 3,34 мг на 1 л морской воды) из морской воды. Наилучший абсорбент — гель со следующим составом (в %): TiO<sub>2</sub> — 60; H<sub>2</sub>O — 35; Na<sub>2</sub> — 05. Гранулированный гидрооксид титана помещается на подстилку из стекловаты и погружается в местах наибольших приливов. Во время отливов он собирается и отправляется на завод, где освобождается от урана при обработке раствором углекислого аммония. Такой способ получения урана конечно дорог, но сегодня он уже почти рентабелен (10—20 тыс. ф. ст. за 1 т урана). Подобные установки действуют на побережьях Японии.

Итак, человечество уже давно приступило к освоению минеральных ресурсов вод Мирового океана, но основные его запасы практически остаются еще недоступными и нераскрытыми. К тому же отметим, что минеральные ресурсы Мирового океана постоянно возобновляются за счет привноса их с суши (в количестве 3,5 млрд. т веществ ежегодно).

**Подводные ресурсы.** Огромные ресурсы минерального сырья размещаются на дне океанов и морей. Для каждой глубины здесь характерны свои виды сырья. Океаническое дно делится на шельф (и прилегающие к нему пляжи), континентальный склон и океаническое дно. В особенности богата полезными ископаемыми шельфовая область.

В верхней ее части (до глубины 20—30 м) и в районе пляжей, где наиболее интенсивно протекают процессы взаимодействия воды и суши, возникают наилучшие условия для образования месторождений металлических руд. Здесь формируются прибрежно-морские россыпи — ильменитовые, рутиловые, циркониевые и монацитовые. Крупные месторождения протянулись вдоль Восточного побережья Австралии на 1500

км, а также вдоль западного побережья Новой Зеландии, Индии и Шри-Ланки. В СССР в пределах территориальных вод также известны морские россыпи титановых и циркониевых руд в прибрежной зоне Балтийского моря. Ильменит-рутил-циркониевые россыпи развиты по всему северному обрамлению и мелководью Азовского моря. В Северном Приазовье, Присивашье, на Керченском полуострове, северо-западном Предкавказье широко распространены залежи непрерывно возобновляемых оолитовых железных руд. Рудами железа, титана, хромита богаты пляжные и шельфовые пески, обрамляющие США с запада (от Калифорнии до Аляски) и востока (от Флориды до Род-Айленда). Аналогичные россыпи обрамляют со всех сторон Африканский материк, такие месторождения металла разрабатываются в Марокко, Сенегале, Кот-д'Ивуаре, Мозамбике, Египте, в прибрежных зонах стран Европы (Польша, Германия, Норвегия, Дания, Великобритания, Испания, Португалия, Италия). Вдоль Азии от Чукотки до Индии протягивается полоса россыпей, в которых помимо тяжелых титановых и железистых минералов встречаются касситеритовые и ванадиевые россыпи. Большая часть запасов и добычи олова в капиталистических и развивающихся странах размещена, как известно, в Юго-Восточной Азии (Индонезия, Малайзия, Таиланд и др.) и связана именно с такими касситеритовыми россыпями.

Морские россыпи золота в пляжных и шельфовых образованиях приурочены к восточному побережью Тихого океана (богатые залежи в районе Аляски), а золото-платиновые развиты вдоль побережья Калифорнии.

Вдоль западного побережья Африки к пляжным пескам приурочены россыпи алмазов, добываемых в ЮАР и Намибии.

Россыпи янтаря размещаются вдоль побережья Балтийского моря в пределах СССР, Польши, Германии. Янтарь найден на Дальнем Востоке, по берегам Татарского пролива, а также в других районах мира (Аляска, Новая Зеландия, Средиземное море). Издавна самые большие запасы янтаря известны в Прибалтике. Сегодня единственный в мире комбинат по добыче янтаря находится близ поселка Янтарный в Калининградской области.

В пределах континентального склона характерны скопления фосфоритов и глауконитовых илов. Они распространены глубже 200 м вдоль берегов Африки, Северной Америки, Австралии, Новой Зеландии, Японии, Европы (у берегов Румынии и Франции). При этом размеры залежей фосфоритов непрерывно растут. К фосфоритам приурочены залежи урана и ряда редких элементов. Добыча фосфоритов со дна морей

ведется пока только в США. Глауконитовые зеленые пески, или илы, обогащены одноименным минералом, в составе которого присутствует оксид калия (8 %). Эти породы размещены на континентальных склонах у побережья Северной и Южной Америки, Африки, Австралии, Великобритании, Португалии, Японии и в других местах.

На океаническом дне Тихого, Индийского и Атлантического океанов много железомарганцевых конкреций. Их обнаружили более 100 лет назад (экспедиция «Челленджера» 1873—1876 гг.).

В Тихом океане, где их больше всего, конкреции размещены на дне Северо-Восточной, Северо-Западной, Центральной, Южной и Перуанской глубоководных котловин, а также в пределах Среднего Тихоокеанского поднятия на глубинах от 4 до 5 км. В Атлантическом океане конкреции распространены у Бермудских островов и в районе Флориды на глубинах 0,5—1 км.

В Индийском океане имеются три таких участка: полоса между Австралией и Южной Африкой, а также две площади, размещенные южнее Австралии и Африки. Тихоокеанские конкреции содержат до 50 % марганца, 26 % железа, 2,3 % меди и кобальта, 2 % никеля, кроме того еще 25 ценных компонентов, в том числе редкие элементы. В конкрециях, распространенных на меньших глубинах, содержится больше марганца, в глубоководных — больше кобальта и никеля. В этих районах содержание всех элементов промышленное. Общие запасы руд (в млрд. т): марганца более 360, железа более 200, никеля более 2, кобальта — 1, меди — 1,5, что превышает наземные мировые запасы по марганцу в 142 раза, по никелю в 38 раз, по кобальту в 500 раз, по меди — в 3—4 раза и т. д. Сейчас разработаны рентабельные способы добычи железомарганцевых конкреций: США и Япония уже добывают железомарганцевые конкреции со дна океана.

На дне океанических бассейнов размещаются и так называемые рудные илы. Они накапливаются в районах рифтовых зон, содержат очень высокие концентрации таких металлов как железо, марганец, цинк, свинец, серебро, золото и др. Примерно аналогичные рудоносные илы распространены в районах действующих вулканов. В них концентрируются алюминий, титан, цинк, свинец, олово, ртуть, серебро, ниобий и другие металлы. В глубоководных океанических красных глинах, покрывающих дно океана слоем мощностью в среднем до 100 м на площади около 10 млн. км<sup>2</sup>, содержатся (в %): 25 оксида алюминия, 13 оксида железа, 0,2 меди, 0,08 никеля, 0,04 ванадия и 0,02 кобальта. Иными словами, алюминия в

450 раз больше, меди почти в 3000 раз больше, чем во всех месторождениях этих ископаемых на суше.

**Полезные ископаемые недр под океаном.** Недра Мирового океана изучены еще очень слабо. Геолого-геофизические исследования в акваториях Мирового океана проводят около 100 стран, 60 стран бурят морское дно, около 30 стран добывают нефть и газ со дна морей и океанов.

Запасы нефти в шельфах (до глубины 305 м), сосредоточенные в сотнях месторождений, составляют по предположению ряда исследователей 280 млрд. т, газа — 140 трлн. м<sup>3</sup>.

Нефтегазоносные области в пределах шельфовой зоны СССР распространены в акватории Азовского и мелководной северо-западной части Черного моря.

Нефть со дна морей добывается в Советском Союзе и других социалистических странах, а также во многих капиталистических и развивающихся странах. Годовая добыча нефти из морских месторождений мира составляет примерно треть общей ее добычи. Нефть добывают из скважин, пробуренных на шельфах Персидского и Мексиканского заливов, в заливе Кука (США), в лагуне Маракайбо (Венесуэла), на шельфах Австралии и Западной Африки. На акваториях Мирового океана известно 10 супергигантских (сверхуникальных) нефтяных месторождений с извлекаемыми запасами от 1 млрд. т и более. Семь из них размещены в зоне Персидского залива. Среди них уникальные месторождения Саудовской Аравии, Ирана.

В лагуне Маракайбо находится крупнейшая группа месторождений Боливар-Коустал. В Мексиканском заливе обнаружено около 140 крупных месторождений нефти и газа. В Арктической зоне Северной Америки выявлены крупные потенциальные запасы (20—30 млрд. т нефти и до 20 трлн. м<sup>3</sup> газа). В нефтегазоносном бассейне Северного моря поиски нефти и газа начались после открытия в 1959 г. в Нидерландах у Гронингена уникального газового месторождения Слохтерен. Акватория этого бассейна в 1965 г. поделена между Великобританией (известно 3 месторождения нефти и 16 месторождений газа, три из них — Уэт-Сол, Леман-Бенк, Хьюит — обеспечивают на девять десятых потребности страны в газе), Норвегией (7 месторождений нефти, среди них уникальное Экофиск, и одно — газа), Нидерландами (1 нефтяное месторождение, 5 газовых), Германией, Данией и Францией.

У побережий Африки важнейшие нефтегазоносные бассейны размещены прежде всего в Гвинейском заливе, Красном и Средиземном морях. В Гвинейском заливе месторождения нефти известны на шельфе у побережья Нигерии, Габона, Кон-

го, а месторождения газа — у побережий ЮАР, в Мозамбикском проливе, Суэцком заливе. Нефтяные месторождения открыты в пределах шельфа Австралии. Полагают, что к 2000 г. со дна океана будет добываться половина всей потребляемой нефти.

Первые сведения о добыче нефти с морского дна относятся к середине XVIII в. В 1824 г. в окрестностях Баку на Каспии в Биби-Эйбатской бухте в 20—30 м от берега соорудили нефтяные колодцы, изолированные от воды. В конце XIX в. в Японии у г. Идзумосаки в море был намыт искусственный остров, с которого производилось бурение. В Калифорнии в 1906 г. бурились наклонные нефтяные скважины, уходившие под морское дно на расстояние до 230 м от берега, затем здесь стали сооружать в море специальные пирсы.

В Баку в 1925 г. была засыпана «Бухта Ильича» и с этой насыпи бурились эксплуатационные скважины. Затем началось широкое освоение нефтяных месторождений шельфа Каспийского моря. В 1935 г. у о-ва Артема бурится первая глубокая скважина.

В 1948 г. к каменной гряде Нефтяные камни на шельфе Каспийского моря подошло судно. Здесь стали жить первые нефтяники. Рядом затопили 6 заполненных песком старых судов. Они словно волнолом защищали участок, на котором начались работы. В ноябре 1949 г. из пробуренной скважины хлынула нефть. За прошедшие годы построены в море эстакады на вбитых в дно стальных сваях общей длиной более 300 км. На них сооружены буровые вышки, хранилища нефти, причалы, мостовые, тротуары, здания поликлиник, школ, дома быта, столовых, оранжереи, кинотеатры — в общем городок, в котором трудятся люди разных специальностей. Неделю они работают в море, а неделю отдыхают на материке.

В настоящее время Каспий дает две трети нефти и 90 % газа, добываемых в Азербайджане.

Месторождения нефти известны не только в пределах шельфа. Так, в 1968 г. в 400 км от западного побережья Сенегала под 4-километровой толщей воды, под океаническим дном открыто одно из крупных месторождений нефти. Районом интенсивной добычи нефти стало Северное море (рис. 11). Одновременно перед человечеством возникла очень сложная проблема. Как уберечь океан от загрязнения его нефтью не только из-за аварий танкеров, сбросов в море горючего с судов, но именно при добыче нефти в море. Большая опасность связана со взрывами на морских промыслах.

Железные руды с 1895 г. добываются на месторождении у восточного побережья о-ва Ньюфаундленд с помощью

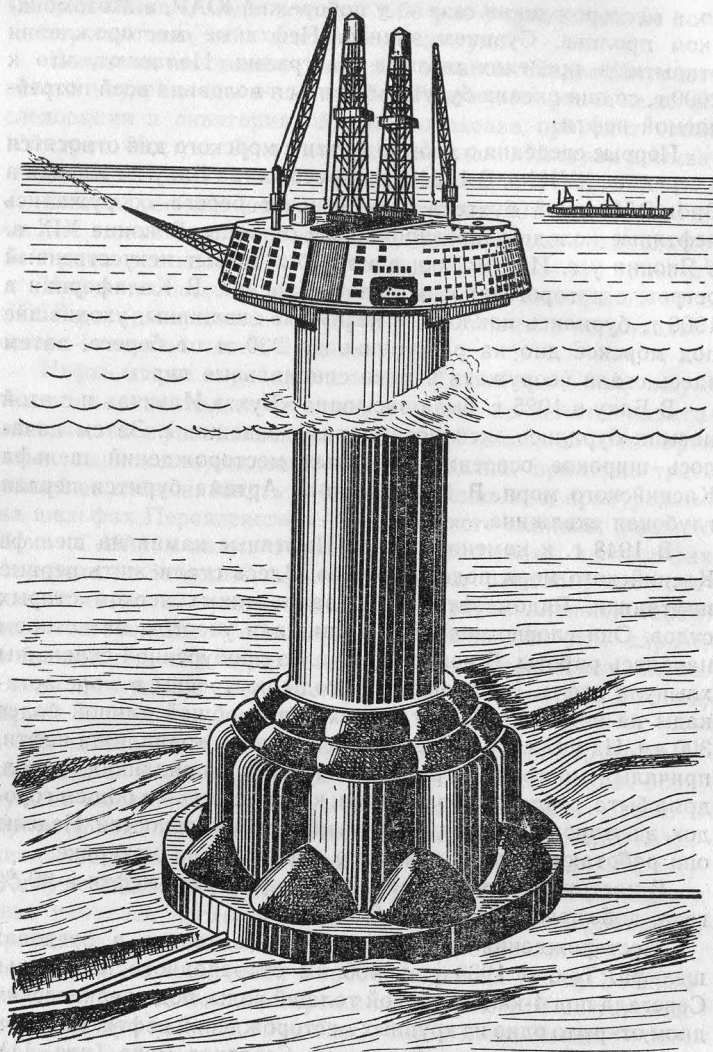


Рис. 11. Железобетонный «замок» — буровая платформа «Статфорд Б» в Северном море

наклонных шахт. Аналогичным образом разрабатываются залежи железных руд во Франции (Нормандия), в Финляндии (Аландские острова). Прибрежные железистые и титаномагнетитовые пески разрабатываются в Японии и Новой Зеландии.

Из недр океанического дна в Мексиканском заливе добывается самородная сера из крупного месторождения (запасы 37 млн. т), расположенного в 11 км от берега. Добыча производится со стальной платформы-острова геотехнологическим способом (подземное выщелачивание). Производство серы на этом месторождении составляет примерно треть суммарной добычи стран капиталистического мира.

\* \* \*

Минерально-сырьевая база — основа развития производительных сил любой страны. Человечество издавна использует полезные ископаемые, постоянно увеличивая их перечень. Начал человек с того, что насадил на палку каменный наконечник, заострил крупные обломки галек ударами друг о друга, превратив их в каменный топор... Было это около 3 млн. лет назад... Именно тогда камень впервые стал полезным ископаемым, а обезьяна — человеком. Позднее полезными ископаемыми стали глина, медь и олово, железо... Сейчас, в век ИТР, человек использует в той или иной мере почти все известные минералы и горные породы. Значение минеральных ресурсов еще более возросло. С каждым годом растет потребность в топливно-энергетических ресурсах: Для разнообразных отраслей промышленности требуются руды черных, цветных и благородных металлов, сырье для химической промышленности, удобрения, стройматериалы...

Много «ролей» у полезных ископаемых! Однако их главная роль в том, что получаемые из них вещества составляют основу современного хозяйства, без них практически немыслима наша жизнь. Они служат украшениями (ювелирные изделия) и разнообразят наш быт (различные поделки из камня). Они обогащают наши знания и воспитывают эстетически, когда мы любуемся минералами или изделиями из них в музеях, на выставках, в минералогических заповедниках и парках.

Советуем прочесть

- Венецкий С. И. Рассказы о металлах.— 4-е изд.— М.: Металлургия, 1986.
- Григорьев В. М., Портнов А. М. Рождение и жизнь руд.— М.: Недра, 1986.
- Давиденко И. В. Земля — твой дом.— М.: Недра, 1982.
- Здорик Т. В. Камень, рождающий металл.— М.: Просвещение, 1984.
- Козловский Е. А. Геологи открывают богатства недр.— М.: Недра, 1980.
- Короткий Р. М., Лобанов В. А., Нейдинг М. М. Рудники Нептуна.— Л.: Судостроение, 1986.
- Марфуни А. С. История золота.— М.: Наука, 1987.
- Мезенин Н. А. Занимательно о железе.— 3-е изд.— М.: Металлургия, 1985.
- Меркс Ф. В поисках «голубой земли».— М.: Наука, 1982.
- Популярная библиотека химических элементов. Кн. 1 и 2.— М.: Наука, 1983.
- Радкевич Е. Наш дом — Земля.— М.: Молодая гвардия, 1988.
- Савицкий Е. М., Клячко В. С. Металлы космической эры — 2-е изд.— М.: Металлургия, 1978.
- Соболевский В. И. Замечательные минералы.— М.: Просвещение, 1983.
- Табер А. М. Нефть — прошлое, настоящее, будущее.— М.: Просвещение, 1987.
- Шуман В. Мир камня. Т.1. Горные породы и минералы. Т.2. Драгоценные и поделочные камни.— М.: Мир, 1986.
- Яншин А. Л., Жарков М. А. Руды плодородия.— М.: Советская Россия, 1985.

ОГЛАВЛЕНИЕ

О ЧЕМ ЭТА КНИГА? . . . . .	3
«ЗАКОНСЕРВИРОВАННАЯ» ЭНЕРГИЯ . . . . .	7
МЕТАЛЛЫ ВЕКА МЕТАЛЛОВ . . . . .	34
О БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛАХ . . . . .	104
АЛМАЗЫ, ГОРНЫЙ ЛЕН И ДРУГИЕ НЕМЕТАЛЛЫ . . . . .	129
РУДЫ В ОКЕАНЕ . . . . .	165
СОВЕТУЕМ ПРОЧЕСТЬ . . . . .	174

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНОЕ ИЗДАНИЕ  
Редактор издательства Е. А. Савицкий  
Редактор отдела А. С. Яншин

КНИГА О ПОДЗЕМНЫХ ИСКОПАЕМОСТИ

Заведующий редакцией В. А. Крайновская  
Редактор издательства Е. А. Савицкий  
Редактор отдела А. С. Яншин  
Художественный редактор Т. Н. Юрская  
Технический редактор О. А. Лобанов, С. Е. Ветерина  
Корректор Л. В. Баран

ИД № 7058

Сдано в набор 25.08.80. Подписано в печать 30.11.80. Формат 84×108/16.  
Репродукция в Л. Литературно-издательский отдел. Печать в типографии.  
Лит. № 824. Уч. изд. № 0,8. Тираж 50 000 экз. За-  
каз 877/12452. Цена 25 коп.

Ордена «Знак Почета» издательство «Мир»  
125017 Москва, Тверская улица, 2

Ленинградская типография № 2 государственного издательства «Литературная»  
Москва, Ленинградская область, Ленинградская область, Ленинградская область  
им. Л. Пастера Государственный комитет СССР по печати  
125012, Ленинград, В-25, Невский проспект, 20.



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНОЕ ИЗДАНИЕ

**Войлошников Виталий Денисович**  
**Войлошникова Нина Абелевна**

**КНИГА О ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Заведующий редакцией *В. А. Крыжановский*  
Редактор издательства *Е. К. Семилеткова*  
Оформление художника *А. С. Андреева*  
Художественный редактор *Г. Н. Юрчевская*  
Технические редакторы *О. А. Колотвина, С. Г. Веселкина*  
Корректор *Г. П. Вергун*

ИБ № 7058

---

Сдано в набор 25.06.90. Подписано в печать 30.11.90. Формат 84×108<sup>1/32</sup>.  
Бумага офсетная № 1. Гарнитура Литературная. Печать высокая. Усл.  
печ. л. 9,24. Усл. кр.-отт. 9,45. Уч.-изд. л. 9,8. Тираж 50 000 экз. За-  
каз 577/1245-2. Цена 45 коп.

---

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра»,  
125047 Москва, Тверская застава 3

Ленинградская типография № 2 головное предприятие ордена Трудового  
Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга»  
им. Евгении Соколовой Государственного комитета СССР по печати.  
198052, г. Ленинград, Л-52, Измайловский пр., 29.