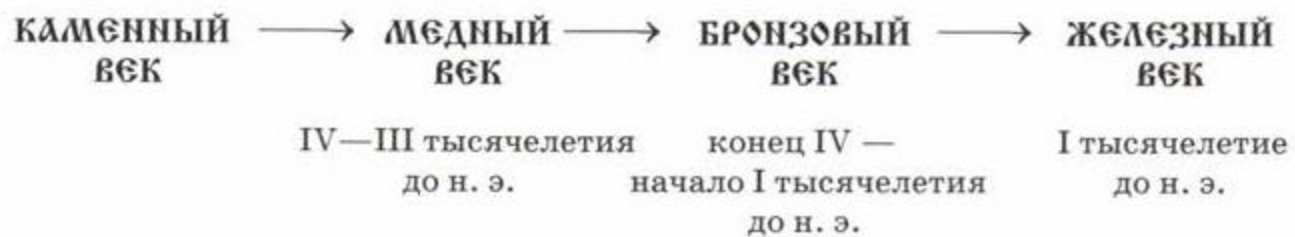


МЕТАЛЛЫ





2



1



3

Рис. 18. Древние монеты из золота, серебра и меди:
1 — золотая с изображением Александра Македонского и орла (символа власти императора) (Греция);
2 — серебряная с изображением богини Афины и совы (птицы, посвящённой Афине) (Греция);
3 — медная в виде дельфина (Причерноморье)



**Рис. 20. Царь-колокол
(бронза)**



Рис. 21. Царь-пушка (бронза)

Знаменитые Царь-колокол и Царь-пушка в Московском Кремле — ещё два примера художественной ценности меди и её важнейшего сплава — бронзы (рис. 20 и 21).



Рис. 22. Решётка ограды Летнего сада

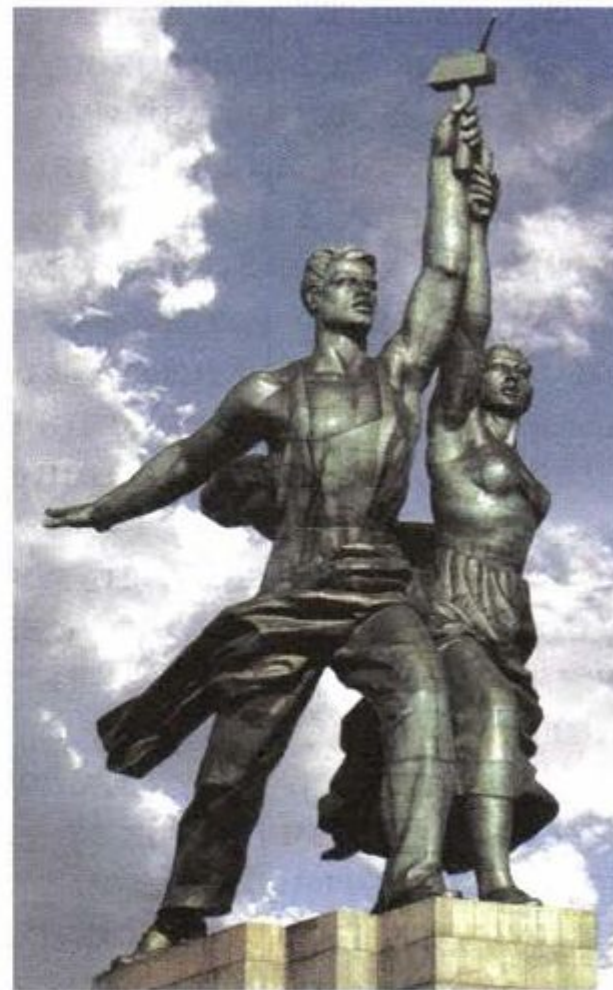


Рис. 23. Скульптура «Рабочий и колхозница» (нержавеющая хромоникелевая сталь)

Положение металлов
в Периодической системе
Д. И. Менделеева
и строение их атомов

ПЕРИОДЫ	Ряды	ГРУППЫ										
		A I B	A II B	A III B	A IV B	A V B	A VI B	A VII B	A	VIII	B	
1	1	(H)							H	He		
2	2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne			
3	3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar			
4	4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	
	5	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr			
5	6	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	
	7	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe			
6	8	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	
	9	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn			
7	10	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	

Рис. 24. Положение химических элементов-металлов в Периодической системе Д. И. Менделеева (короткопериодный вариант)

IA												VIIA VIIIA					
(H)												B	C	N	O	F	He
Li	Be											Al	Si	P	S	Cl	Ar
Na	Mg	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII	VIII	VIII	IB	IIB	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg						
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Re							

Рис. 25. Положение химических элементов-металлов в Периодической системе Д. И. Менделеева (длиннопериодный вариант)

В Периодической системе Д. И. Менделеева каждый период, кроме первого (он включает в себя два элемента-неметалла — водород и гелий), начинается с активного химического элемента-металла. Эти элементы образуют главную подгруппу I группы (IA группу) и называются **щелочными металлами**. Своё название они получили от названия соответствующих им гидроксидов, хорошо растворимых в воде, — щелочей.

Атомы щелочных металлов содержат на внешнем энергетическом уровне только один электрон, который они легко отдают при химических взаимодействиях, поэтому являются сильнейшими восстановителями. Понятно, что в соответствии с увеличением радиуса атома восстановительные свойства щелочных металлов усиливаются от лития к францию.

Следующие за щелочными металлами элементы, составляющие главную подгруппу II группы (IIA группы), также являются типичными металлами, обладающими сильной восстановительной способностью (их атомы содержат на внешнем уровне два электрона). Из этих металлов кальций, стронций и барий называют **щёлочноземельными металлами**. Такое название эти металлы получили потому, что их оксиды, которые на Руси в старину называли «землями», при растворении в воде образуют щёлочи.

К металлам относят и химические элементы главной подгруппы III группы (IIIA группы), исключая бор.

Из элементов главных подгрупп следующих групп к металлам относят: в IVA группе — германий¹, олово, свинец (первые два элемента — углерод и кремний — неметаллы), в VA группе — сурьму и висмут (первые три элемента — неметаллы), в VIA группе только последний элемент — полоний — явно выраженный металл. В главных подгруппах VIIA и VIIIA групп все элементы — типичные неметаллы.

Что касается элементов побочных подгрупп, то все они металлы.

Таким образом, условная граница между элементами-металлами и элементами-неметаллами проходит по диагонали В (бор) — Si (кремний) — As (мышьяк) — Te (теллур) — At (астат) (*проследите её в таблице Д.И. Менделеева*).

Атомы металлов имеют сравнительно большие размеры (радиусы), поэтому их внешние электроны значительно удалены от ядра и слабо с ним связаны. Вторая особенность, которая присуща атомам наиболее активных металлов, — это наличие на внешнем энергетическом уровне 1—3 электронов. Отсюда вытекает самое характерное химическое свойство всех металлов — их **восстановительная способность**, т. е. способность атомов легко отдавать внешние электроны, превращаясь в положительные ионы. Металлы — свободные атомы и простые вещества — не могут быть окислителями, т. е. атомы металлов не могут присоединять к себе электроны.

Физические свойства металлов

Металлическая связь обуславливает все важнейшие физические свойства металлов: *пластичность, электро- и теплопроводность, металлический блеск* и другие свойства, характерные для этого класса простых веществ.

Пластичность — это свойство вещества изменять форму под внешним воздействием и сохранять принятую форму после прекращения этого воздействия.

Пластичность металлов обусловлена способностью одних слоёв атом-ионов в кристаллах под внешним воздействием легко смещаться (как бы скользить) по отношению к другим слоям без разрыва связей между ними (рис. 26). Наиболее пластичны золото, серебро и медь. Например, из золота можно изготовить «золотую фольгу» толщиной 0,003 мм, которую используют для золочения изделий (рис. 27).

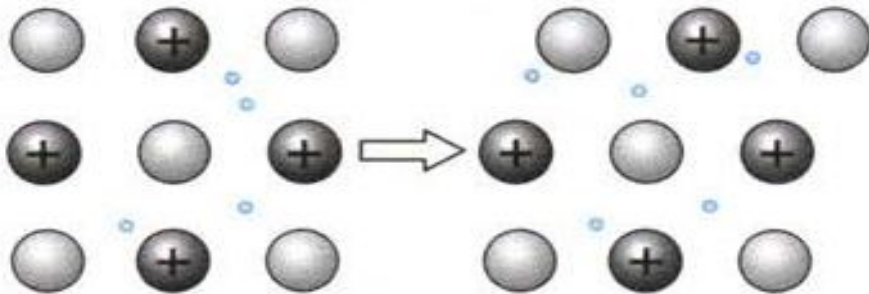


Рис. 26. Смещение слоёв в металлической кристаллической решётке при механическом воздействии



Рис. 27. Высокую пластичность золота используют для золочения интерьеров дворцов

Высокая электропроводность большинства металлов обусловлена присутствием в их кристаллических решётках подвижных электронов, которые направленно перемещаются под действием электрического поля (рис. 28).

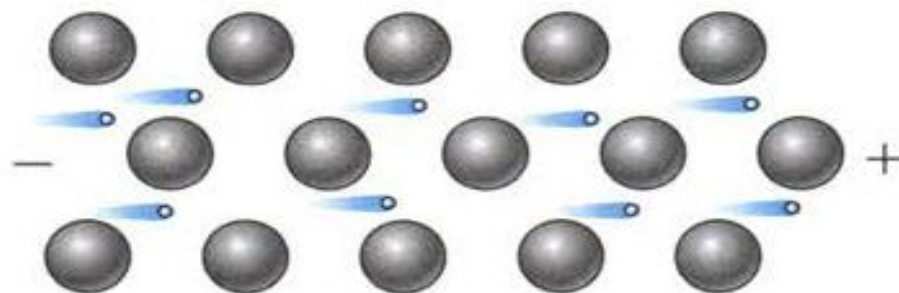


Рис. 28. В металлических кристаллических решётках подвижные электроны под действием электрического поля перемещаются, создавая электрический ток

При нагревании колебательные движения ионов в кристалле усиливаются, что затрудняет направленное движение электронов и ведёт к снижению электрической проводимости. При охлаждении электропроводность металлов увеличивается и вблизи абсолютного нуля переходит в сверхпроводимость. Наибольшую электропроводность имеют серебро и медь, наименьшую — марганец, свинец, ртуть и вольфрам.

Такое свойство, как теплопроводность металлов, также связано с высокой подвижностью свободных электронов: сталкиваясь с колеблющимися в узлах решётки ионами, электроны обмениваются с ними энергией. С повышением температуры колебания ионов при посредстве электронов передаются другим ионам, и температура всего металлического предмета быстро выравнивается.

Для гладкой поверхности металлов характерен металлический блеск — результат отражения световых лучей. В порошкообразном состоянии металлы теряют блеск, приобретая чёрную или серую окраску, и только алюминий и магний сохраняют блеск в порошке. Из алюминия, серебра и палладия, обладающих наиболее высокой отражательной способностью, изготавливают зеркала, в том числе и применяемые в прожекторах.

Из других физических свойств металлов наибольший практический интерес представляют твёрдость, плотность и температура плавления.

Для всех металлов (кроме ртути) при обычных условиях характерно твёрдое агрегатное состояние. Однако твёрдость их различна. Наиболее твёрдые — металлы побочной подгруппы VI группы (VIB группы) Периодической системы Д. И. Менделеева. Так, хром по твёрдости приближается к алмазу. Самые мягкие — металлы главной подгруппы I группы (IA группы) Периодической системы Д. И. Менделеева — щелочные металлы. Например, натрий и калий легко режутся ножом.



Рис. 29. Лампы, при изготовлении которых используют различные металлы: *1* — лампа накаливания; *2* — галогенная лампа; *3* — люминесцентная лампа; *4* — светодиодная лампа

По плотности металлы делят на *лёгкие* (плотность меньше 5 г/см^3) и *тяжёлые* (плотность больше 5 г/см^3). К лёгким относят щелочные, щёлочноземельные металлы и алюминий. Из переходных металлов сюда включают скандий, иттрий и титан. Эти металлы, благодаря лёгкости и тугоплавкости, всё шире применяют в различных областях техники.

Самый лёгкий металл — это литий ($\rho = 0,53 \text{ г/см}^3$). Самый тяжёлый — осмий ($\rho = 22,6 \text{ г/см}^3$).

Лёгкие металлы обычно *легкоплавки*, галлий может плавиться уже на ладони руки, а тяжёлые металлы — *тугоплавки*. Наибольшей температурой плавления, которая равна $3380 \text{ }^\circ\text{C}$, обладает вольфрам. Это свойство вольфрама используют для изготовления ламп накаливания (рис. 29, 1). Кроме него в конструкцию лампы входят ещё семь металлов.

В Российской Федерации в настоящее время, как и ранее в Евросоюзе и США, на государственном уровне принято решение о замене привычных ламп накаливания на более экономичные и долговечные современные лампы, например галогенные, люминесцентные и светодиодные. Галогенная лампа (рис. 29, 2) — это та же лампа накаливания с вольфрамовой нитью, заполненная инертными газами с добавкой паров галогенов (бро-

ма или иода). Люминесцентные (рис. 29, 3) — это хорошо знакомые вам лампы дневного света, имеющие один существенный недостаток — они содержат ртуть, а потому нуждаются в соблюдении особых правил утилизации на специальных пунктах приёма. Светодиодные лампы (рис. 29, 4) — самые экономичные и самые долговечные (срок работы до 100 тыс. ч), но пока и самые дорогие из ламп.

В технике, как вы уже знаете, металлы делят на *чёрные* (железо и его сплавы) и *цветные* (все остальные, более подробно о них будет рассказано в следующем параграфе) (рис. 30). Золото, серебро, платину и некоторые другие металлы относят к *драгоценным* металлам (рис. 31).



a)



б)



в)



г)

Рис. 30. Металлы условно делят на две группы: чёрные (*a* — чугун; *б* — сталь); цветные (*в* — медь; *г* — алюминий)

В технике, как вы уже знаете, металлы делят на *чёрные* (железо и его сплавы) и *цветные* (все остальные, более подробно о них будет рассказано в следующем параграфе) (рис. 30). Золото, серебро, платину и некоторые другие металлы относят к *драгоценным* металлам

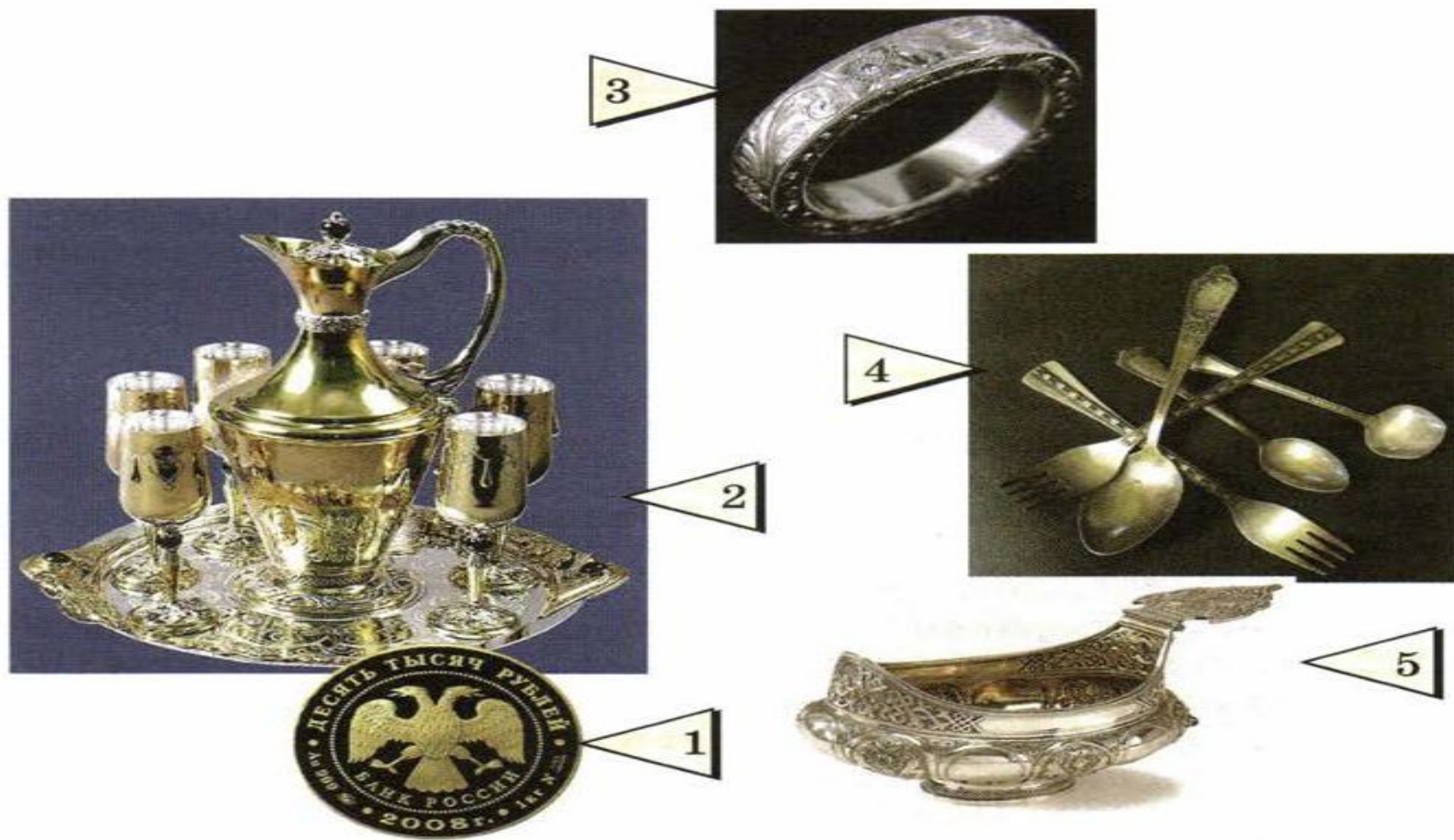


Рис. 31. Драгоценные металлы: золото (1, 2); платина (3); серебро (4, 5);

Химические свойства металлов

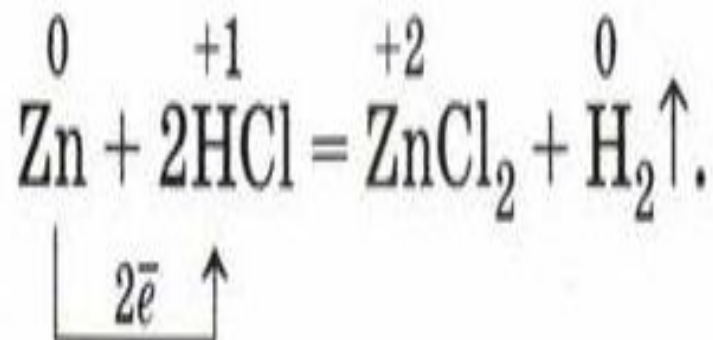
В химических реакциях металлы проявляют только восстановительные свойства, т. е. их атомы отдают электроны, образуя в результате положительные ионы. Окислителями при этом могут выступать неметаллы (кислород, галогены, сера и др.), катионы водорода H^+ и катионы других металлов.

По восстановительной способности, как вы уже знаете, металлы располагают в ряд, который называют электрохимическим рядом напряжений:

K, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb, (H_2) , Cu, Hg, Ag, Au.

из положения металлов в ряду напряжений вытекают два правила, характеризующие химические свойства металлов. Повторим их.

1. Металлы, стоящие в ряду напряжений левее водорода, вытесняют его из растворов кислот (рис. 35), а стоящие правее, как правило, не вытесняют водород из растворов кислот:



Известно, что золото, ртуть и серебро не реагируют с соляной кислотой. Напомним, что это правило имеет ряд поправок:

- правило соблюдается, если в реакции металла с кислотой образуется растворимая соль;

- концентрированная серная кислота и азотная кислота любой концентрации реагирует с металлами по-особому, при этом водород не образуется;

- на щелочные металлы правило не распространяется, так как они легко взаимодействуют с водой (а указанное правило относится к реакциям водных растворов кислот с металлами).

2. Каждый металл вытесняет из растворов солей другие металлы, находящиеся правее него в ряду напряжений, и сам может быть вытеснен металлами, расположенными левее, например (рис. 36):

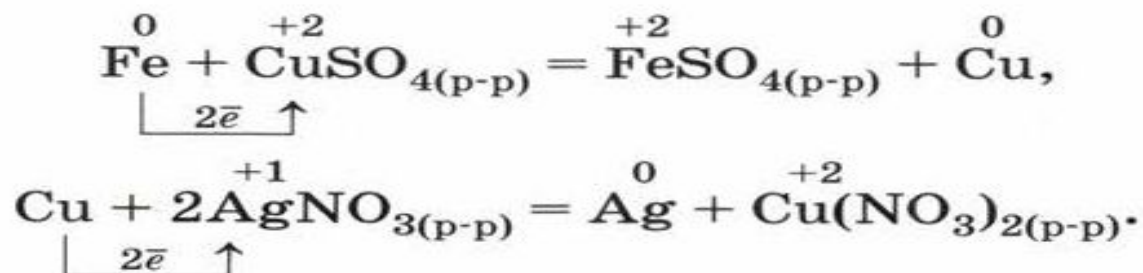


Рис. 35. Взаимодействие цинка с соляной кислотой



Рис. 36. Взаимодействие меди с раствором нитрата серебра

Это правило также имеет поправки, аналогичные таковым к первому правилу, а именно — правило соблюдается при условии образования растворимой соли; правило не распространяется на щелочные металлы.

ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛОВ

Металлы находятся в природе как в свободном виде — *самородные металлы*, так и в виде различных соединений. В свободном состоянии в природе встречаются такие металлы, которые трудно окисляются кислородом воздуха, например платина, золото, серебро, значительно реже ртуть, медь и др.

Большинство металлов в природе существует в связанном состоянии в виде различных химических природных соединений — *минералов* (рис. 38). Очень часто это оксиды, например минералы железа: *красный железняк* Fe_2O_3 , *бурый железняк* $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, *магнитный железняк* Fe_3O_4 . Нередко минералами явля-

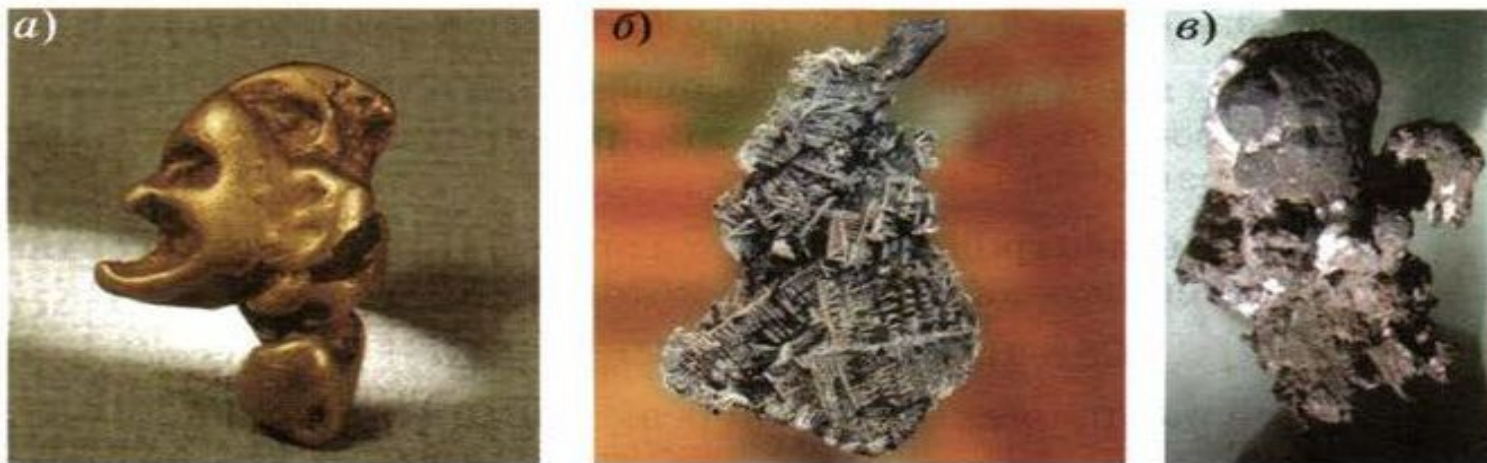


Рис. 37. Самородки: *а* — золота; *б* — серебра; *в* — меди

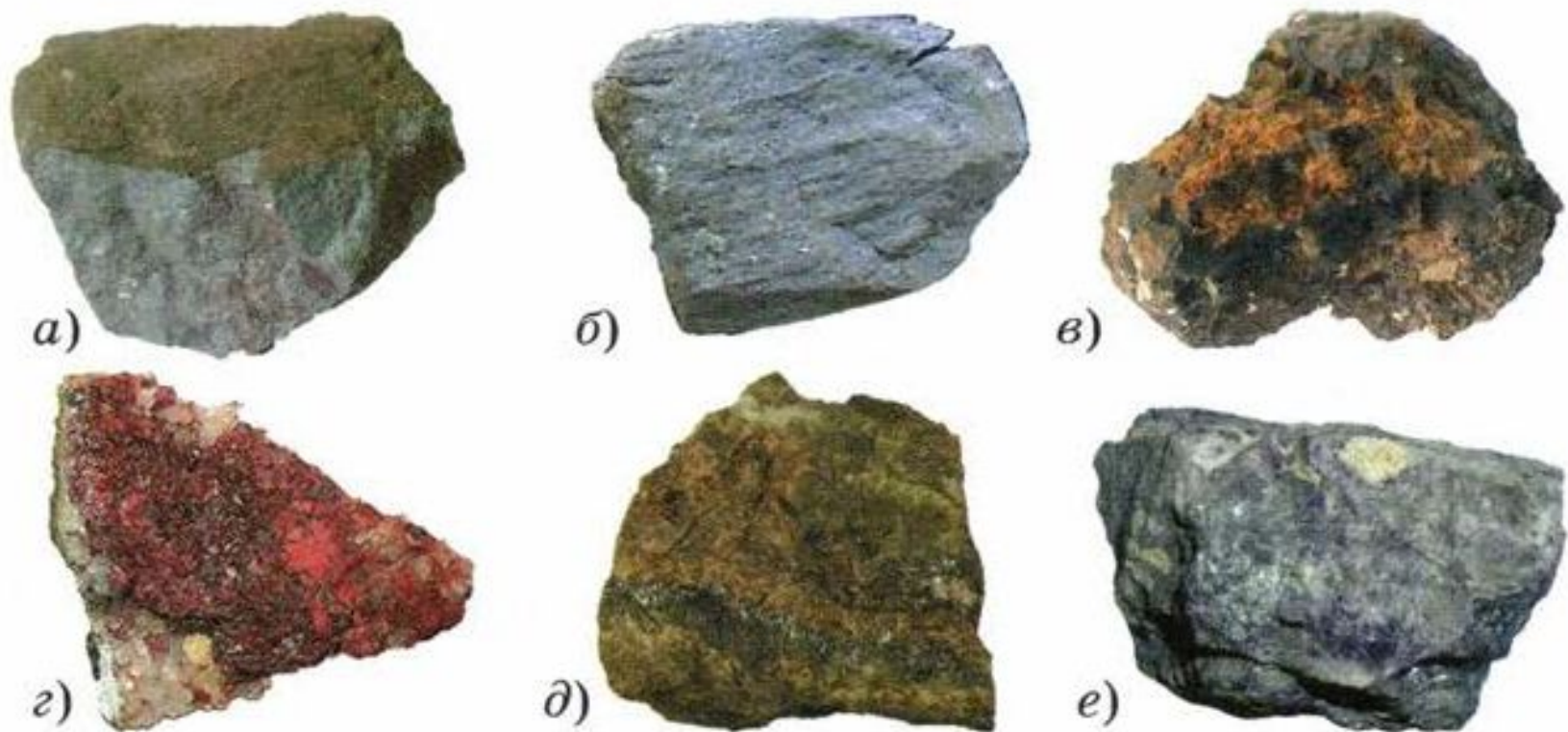


Рис. 38. Минералы: *а* — красный железняк; *б* — магнитный железняк; *в* — бурый железняк; *г* — киноварь; *д* — цинковая обманка; *е* — свинцовый блеск

ются сульфидные соединения, например *свинцовый блеск*, или *галенит*, PbS , *цинковая обманка* ZnS , *киноварь* HgS .

Минералы входят в состав горных пород и руд.



Рудами называют содержащие минералы природные образования, в которых металлы находятся в количествах, пригодных в технологическом и экономическом отношении для получения металлов в промышленности.

По химическому составу минерала, входящего в руду, различают *оксидные, сульфидные* и другие руды.

Обычно перед получением металлов из руды её предварительно **обогащают** — отделяют пустую породу, примеси. В результате образуется **концентрат**, служащий сырьём для металлургического производства (рис. 39).



Металлургия — это наука о методах и процессах производства металлов из руд и других металлосодержащих продуктов, о получении сплавов и обработке металлов.

Такое же название имеет и важнейшая отрасль тяжёлой промышленности, занимающаяся получением металлов и сплавов.

В зависимости от метода получения металла из руды (концентрата) существует несколько видов металлургических производств.



Пиromеталлургия — методы переработки руд, основанные на химических реакциях, происходящих при высоких температурах (от греч. *пирос* — огонь).

Медная руда



1 т (1000 кг)

Концентрат



16 кг

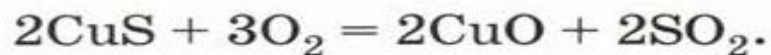
Медь



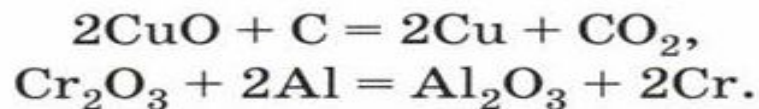
4 кг

Рис. 39. Из 1 т медной руды можно получить 16 кг концентрата и только 4 кг чистой меди

Пирометаллургические процессы включают обжиг и плавку. При обжиге содержащиеся в рудах соединения металлов, в частности сульфиды, переводят в оксиды, а сера удаляется в виде оксида серы (IV) SO_2



При плавке происходит восстановление металлов из их оксидов с помощью угля, водорода, оксида углерода (II) или более активного металла:



Чугун получают при высоких температурах в металлургических печах, называемых домнами (рис. 40). В свою очередь, из чугуна в других металлургических печах, например конвертерах (рис. 41), выплавляют сталь.

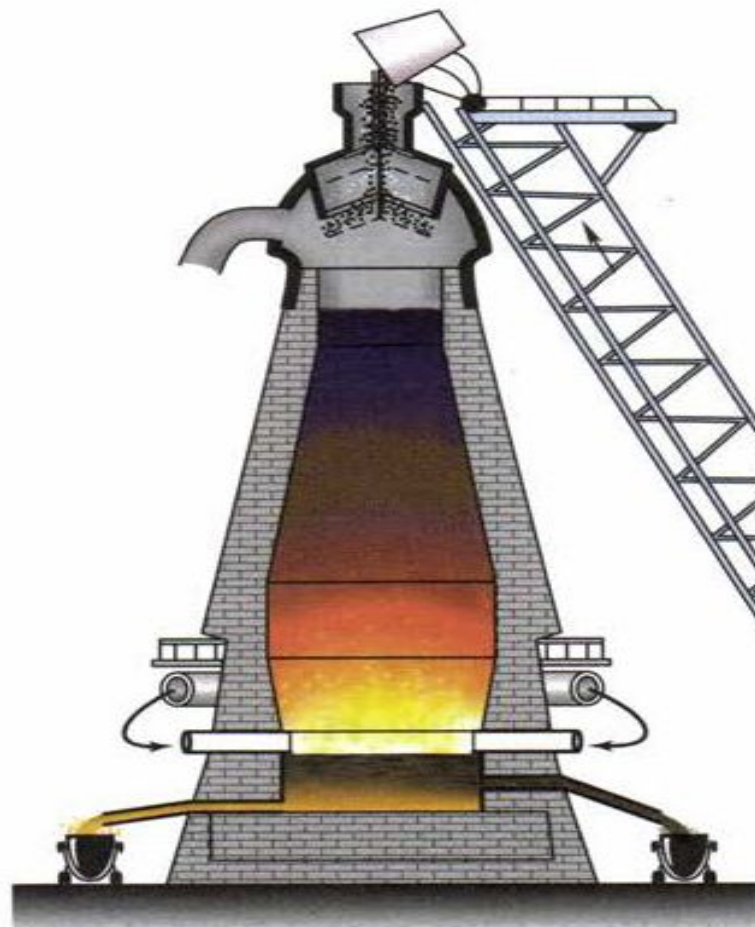


Рис. 40. Домна используется для выплавки чугуна

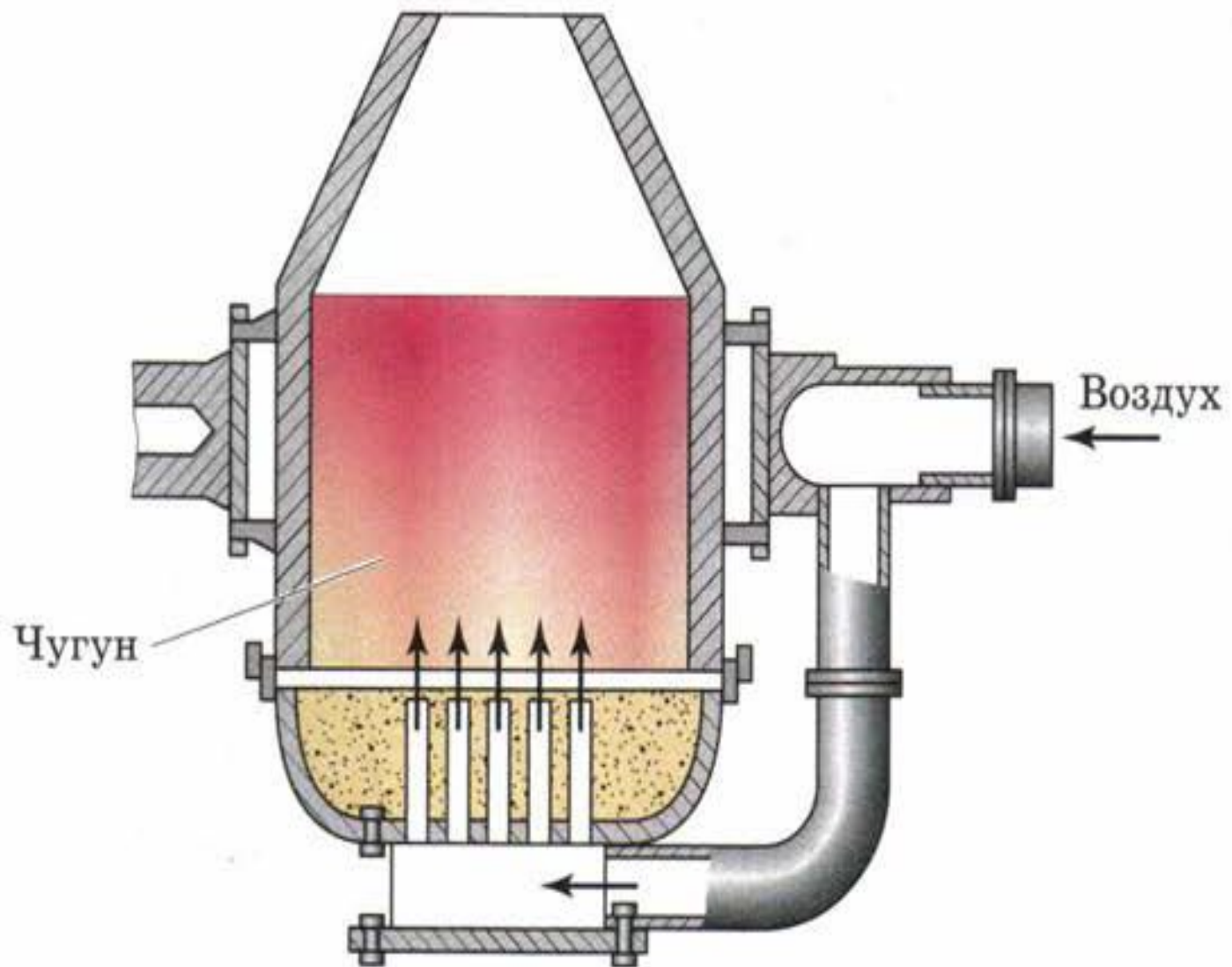


Рис. 41. Конвертер

Если в качестве металла-восстановителя используют алюминий, то соответствующий процесс восстановления называют а л ю м и н о т е р м и е й (рис. 42). Этот метод получения металлов был предложен русским учёным Н. Н. Бекетовым.



Гидрометаллургия — методы получения металлов, основанные на химических реакциях, происходящих в растворах.



Рис. 42. Сваривание рельса алюминотермией (а); рельс, сваренный с использованием алюминотермии (б)



Электрометаллургия — методы получения металлов, основанные на электролизе, т. е. выделении металлов из растворов или расплавов их соединений с помощью постоянного электрического тока.

Этот метод применяют главным образом для получения активных металлов — щелочных, щёлочноземельных и алюминия, а также для производства легированных сталей. Именно этим методом английский химик Г. Дэви впервые получил калий, натрий, барий и кальций.

Большого внимания заслуживают *микробиологические методы получения металлов*, в которых используется жизнедеятельность некоторых видов бактерий. Например, так называемые тионовые бактерии способны переводить нерастворимые сульфиды в растворимые сульфаты. В частности, бактериальный метод применяют для извлечения меди из её сульфидных руд

непосредственно на месте их залегания. Полученный рабочий раствор, обогащённый сульфатом меди (II), подается на гидрометаллургическую переработку.

СПЛАВЫ

Сплавы — это материалы с металлической кристаллической решеткой, обладающие характерными свойствами и состоящие из двух и более компонентов.

Компонентами сплавов могут быть и неметаллы, и соединения.

По состоянию компонентов сплавы могут быть однородными, когда при сплавлении образуется как бы раствор одного металла в другом, например сплавы меди и олова, золота и серебра, и неоднородными, например чугуны, представляющий собой механическую смесь железа и углерода.

Сплавы классифицируют по-разному, в зависимости от того, какой признак взят за основу. Чаще всего сплавы подразделяют по составу. Например, выделяют медные, алюминиевые, никелевые, титановые и другие сплавы.

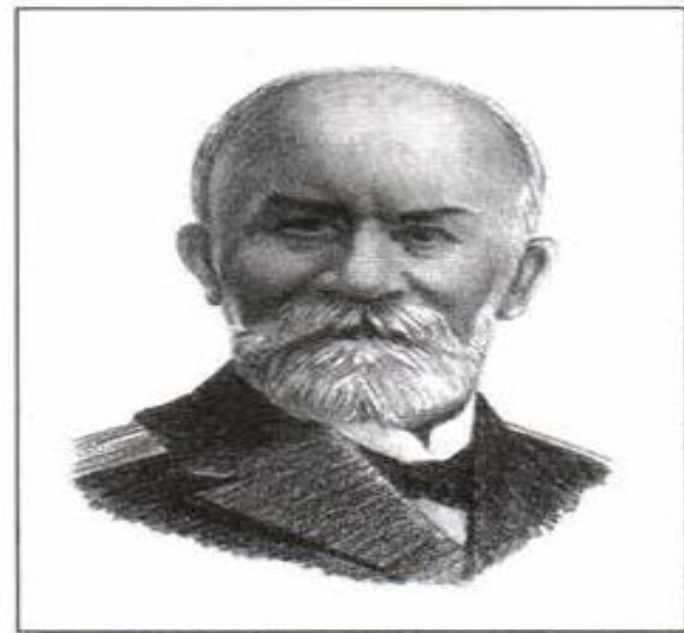
Есть группы сплавов, носящие общие названия: бронзы, латуни и др. Иногда в названии сплава отмечают особо ценные компоненты: бериллиевые бронзы, вольфрамовая сталь и др.

В металлургии железо и все его сплавы выделяют в одну группу под названием *чёрные металлы*; остальные металлы и их сплавы имеют техническое название *цветные металлы*.

Чернов Дмитрий Константинович (1839—1921)

.....

Русский учёный в области металлургии, основоположник науки о металлах — металловедении. Разработал (1868) наилучшие условия отливки,ковки и термической обработки стали. С тех пор бронзовые артиллерийские орудия были вытеснены стальными.



Аносов Павел Петрович (1799—1851)

.....

Горный инженер, металлург. Внёс большой вклад в развитие производства стали. Первый исследователь, применивший (1831) микроскоп для изучения структуры стали. Изобрёл способ закалки стальных изделий в струе сжатого воздуха. Раскрыл секрет приготовления булатной стали. Получил литейную сталь из чугуна, усовершенствовал многие заводские механизмы.



подавляющее большинство железных (или чёрных) сплавов содержит углерод. Их разделяют на чугуны и стали.

Чугун — сплав на основе железа, содержащий от 2 до 4,5% углерода, а также марганец, кремний, фосфор и серу. Чугун значительно твёрже железа, обычно он очень хрупкий, не куётся, а при ударе разбивается. Этот сплав применяют для изготовления различных массивных деталей методом литья, так называемый *литейный чугун*, и для переработки в сталь — *перелый чугун*.

Вид	Состав	Свойства	Применение
Серый чугун	Содержит 1,7—4,3% С, 1,25—4,0% Si и до 1,5% Mn. Из-за большого содержания кремния снижается растворимость углерода, поэтому углерод находится в свободном состоянии в виде графита	Сравнительно мягкий и поддающийся механической обработке материал. Свободный углерод придаёт чугуну мягкость	Производство литых деталей (шестерни, колёса, трубы и т. д.), художественное литьё
Белый чугун	Содержит 1,7—4,3% С, более 4% Mn, но очень мало кремния. Углерод в основном содержится в виде <i>цементита</i> — карбида железа Fe_3C	Твёрдый и хрупкий материал. Эти свойства придаёт цементит, который обладает большой твёрдостью	Переработка в сталь

Сталь — сплав на основе железа, содержащий менее 2% углерода. По химическому составу стали разделяют на два основных вида: *углеродистая* и *легированная*.

Углеродистая сталь представляет собой сплав железа главным образом с углеродом, но, в отличие от чугуна, содержание в ней углерода, а также марганца, кремния, фосфора и серы гораздо меньше. В зависимости от количества углерода стали подразделяют на *мягкие* (содержание углерода не превышает 0,3%), *средней твёрдости* (углерода несколько больше, чем в мягких) и *твёрдые* (углерода может быть до 2%). Из стали мягкой и средней твёрдости делают детали машин, трубы, болты, гвозди, скрепки и т. д., а из твёрдой — различные инструменты и посуду.

Легированная сталь — это тоже сплав железа с углеродом, только в него введены специальные, *легирующие* добавки: хром, никель, вольфрам, молибден, ванадий и др.

Легирующие добавки придают сплаву особые качества. Так, хромоникелевые стали очень пластичные, прочные, жаростойкие, кислотоупорные, устойчивые против коррозии (ржавления). Их применяют в строи-

Легирующий элемент	Особые свойства стали	Изделия, для производства которых используется сталь
Хром	Твёрдость и коррозионная стойкость	Инструменты, резцы, зубила
Никель	Вязкость, механическая прочность, коррозионная стойкость	Турбины электростанций и реактивных двигателей, измерительные приборы, детали, работающие при высоких температурах
Марганец	Твёрдость, механическая прочность, устойчивость к ударам и трению	Детали дробильных установок, железнодорожные рельсы, зубья ковшей экскаваторов
Титан	Жаростойкость, механическая прочность при высоких температурах, коррозионная стойкость	В самолёто-, ракето- и судостроении. Химическая аппаратура
Вольфрам	Твёрдость и жаропрочность, износоустойчивость	Быстрорежущие инструменты, пилы, фрезы, штампы, нити электрических ламп
Молибден	Эластичность, жаростойкость, коррозионная стойкость	Лопасты турбин реактивных самолётов и автомобилей, броневые плиты, лабораторная посуда, детали электронных ламп
Кремний	Устойчивость к воздействию кислот	Трансформаторы, кислотоупорные аппараты и приборы
Ванадий	Высокая прочность, упругость и устойчивость к ударам	Детали автомобилей, тракторов и других машин, подвергающиеся при работе ударам

Бронза — сплав на основе меди с добавлением (до 20%) олова. Бронза хорошо отливается, поэтому её используют в машиностроении для изготовления подшипников, поршневых колец, клапанов, арматуры и т. д. Используют бронзу также и для художественного литья (рис. 33).

Латунь — медный сплав, содержащий от 10 до 50% цинка. Применяют в моторостроении, для изготовления мебельной фурнитуры.

Мельхиор — сплав, содержащий около 80% меди и 20% никеля, похож по внешнему виду на серебро. Используют его для изготовления сравнительно недорогих столовых приборов и художественных изделий.

Дюралюминий (дюраль, дуралюмин) — сплав на основе алюминия, содержащий медь, магний, марганец и никель. Имеет хорошие механические свойства, его применяют в самолёто- и машиностроении (рис. 34).



Рис. 34. «Супер Джетт-100»

Коррозия металлов и способы защиты от неё



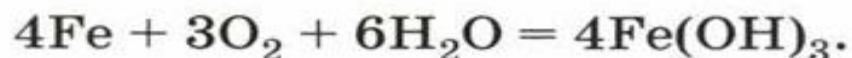
Коррозией (от лат. *corrodere* — разъедать) называют самопроизвольное разрушение металлов и сплавов под влиянием окружающей среды.

Ежегодно из-за коррозии теряется около четверти всего произведённого в мире железа. Однако не только потеря металлов, но и порча изготовленных из них изделий обходится очень дорого. Затраты на ремонт или на замену деталей судов, автомобилей, аппаратуры химических производств, приборов и коммуникаций во много раз превышают стоимость металла, из которого они изготовлены.

Коррозия вызывает серьёзные экологические последствия. Утечка газа, нефти и других опасных химических продуктов из разрушенных коррозией трубопроводов приводит к загрязнению окружающей среды, что отрицательно влияет на здоровье и жизнь людей.

Коррозию металлов и сплавов (их окисление) вызывают такие компоненты окружающей среды, как вода, кислород, оксиды углерода и серы, содержащиеся в воздухе, водные растворы солей (морская вода, грунтовые воды). Эти компоненты непосредственно окисляют металлы — происходит *химическая коррозия*.

Чаще всего коррозии подвергаются изделия из железа. Особенно сильно корродирует металл во влажном воздухе и при соприкосновении с водой (рис. 43). Упрощённо этот процесс можно выразить следующим уравнением химической реакции:



Сущность процесса коррозии для этого случая покажем на следующем примере. Если два различных металла, находящихся в контакте между собой, опустить в водный раствор электролита (в реальных условиях это, например, грунтовые воды, сконденсированная влага из атмосферы), то металл более активный, расположенный в электрохимическом ряду напряжений левее, бу-

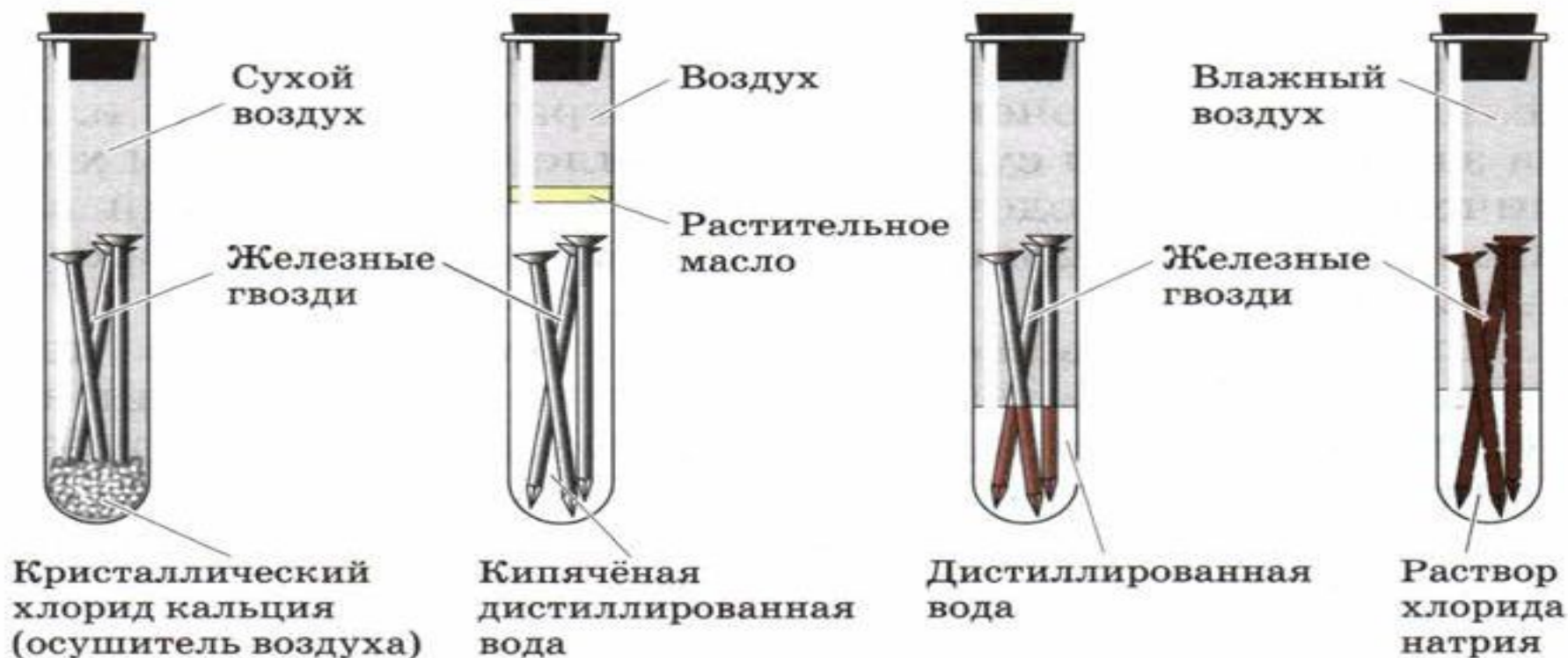


Рис. 43. Влияние факторов окружающей среды на коррозию металлов

дет разрушаться, предохраняя менее активный металл от коррозии.

Например, при контакте железа с медью в водной среде железо, как более активный металл, постепенно корродирует, переходя в воду в виде ионов железа (рис. 44, а).

Электроны, высвободившиеся из атомов железа, перейдут к меди и на её поверхности соединятся с ионами водорода, выделившимися из компонентов водной среды (например, серной или других

кислот; вам, очевидно, известно выражение «кислотные дожди»). Этот электрохимический процесс можно пред-

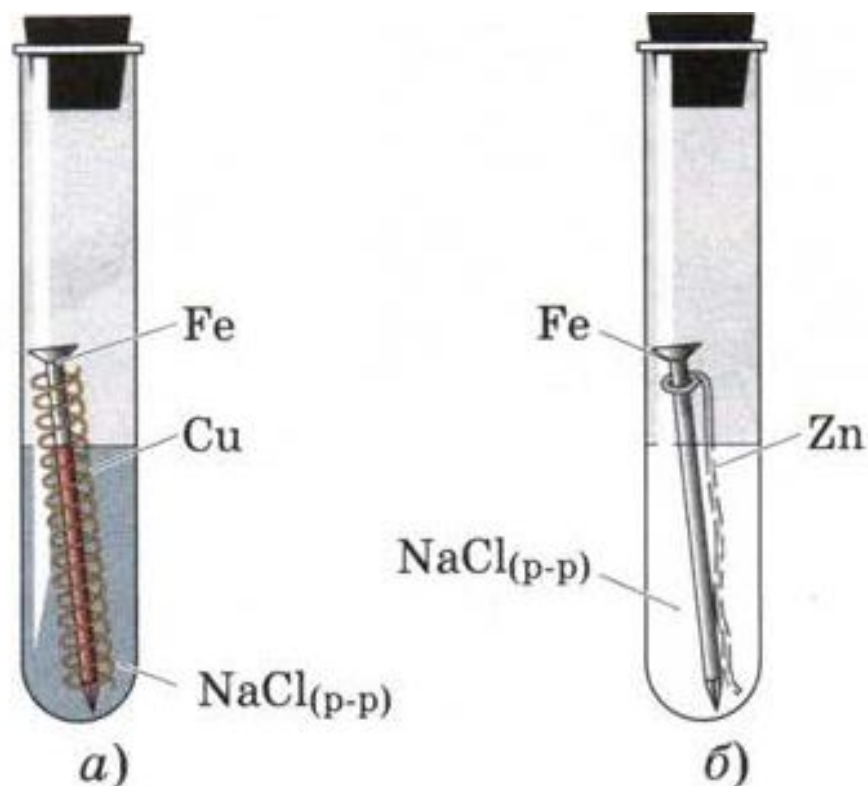


Рис. 44. Электрохимическая коррозия металлов при контакте металлов в электропроводной среде: а — Fe—Cu; б — Zn—Fe

Способы защиты от коррозии

1. *Нанесение защитных покрытий на поверхности предохраняемого от коррозии металла.* Для этого часто используют масляные краски, эмали, лаки (рис. 45). Эти неметаллические покрытия дешёвые, но обычно недолговечные. Раз в два года, а иногда и чаще их требуется обновлять. Так, например, красят Эйфелеву башню в Париже.

Предохраняемый металл можно покрыть слоем другого металла: золота, серебра, хрома, никеля, олова, цинка и др. Один из самых старых способов — это *лужение*, или покрытие железного листа слоем олова. Такое железо называют *белой жестью*.

2. *Использование нержавеющей сталей, содержащих специальные добавки.* Например, «нержавейка», из которой изготавливают столовые приборы, содержит до 12% хрома и до 10% никеля. Лёгкие нержавеющие сплавы включают алюминий или титан. Всякий, кто был во Всероссийском выставочном центре, видел перед входом обелиск «Покорителям космоса», облицованный пластинками из титанового сплава (рис. 46). На его блестящей поверхности нет ни одного пятнышка ржавчины.

3. *Введение в рабочую среду, где находятся металлические детали, веществ, которые в десятки и сотни раз уменьшают агрессивность среды.* Такие вещества называют ингибиторами коррозии.

Ингибиторы коррозии вводят в замкнутые системы охлаждения, в нефтепродукты и даже впрыскивают в газопроводы для снижения коррозии труб изнутри. Для

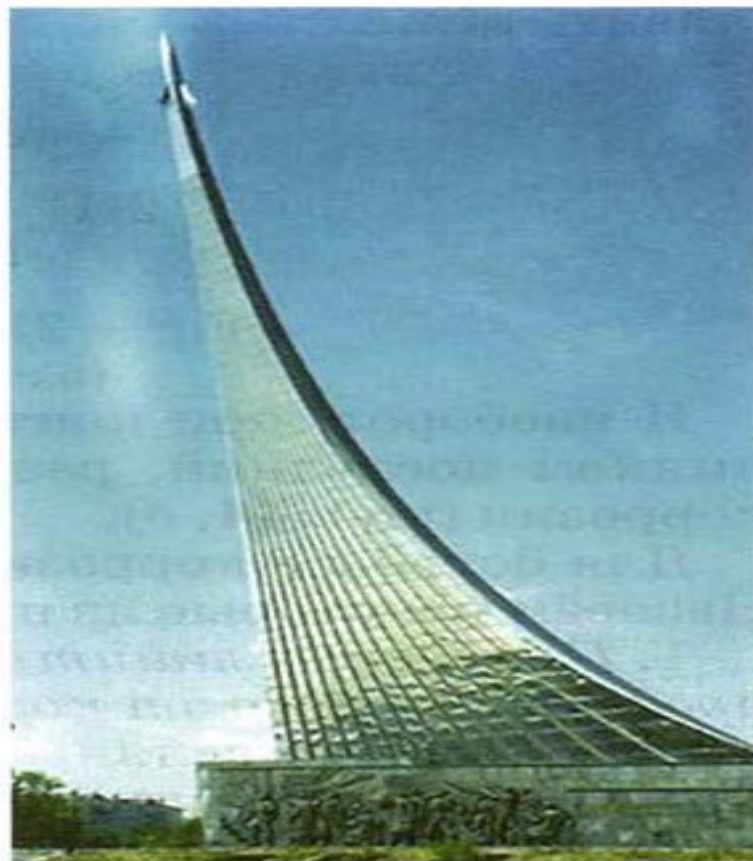


Рис. 46. Обелиск «Покорителям космоса» (облицовка из титана)

предотвращения коррозии железа в серной кислоте к ней добавляют в качестве ингибитора азотную кислоту.

4. *Создание контакта с более активным металлом — протектором.* Например, для защиты стальных корпусов морских судов обычно используют цинк (рис. 47). На суше металлические конструкции линии электропередачи (ЛЭП) и трубопроводов соединяют с листом или куском более активного металла. С этой же целью к деталям конструкции мостов приваривают куски цинка.



a)



б)

Рис. 47. Протекторная защита от коррозии гребного вала морского судна (*a*); элемент защиты от коррозии (*б*)



1



2



3

Рис. 45. Защита металлов от коррозии. Защитные покрытия:
1 — краски; 2 — эмали; 3 — смазки