

ХИМИЯ

3

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ



1984/6

Э. Г. Раков

В ПРИРОДЕ И ТЕХНИКЕ

24.12
P19



ЗНАНИЕ

НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ

3 16 20
НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

ХИМИЯ

6/1984

Издается ежемесячно с 1964 г.

Э. Г. Раков

В ПРИРОДЕ И ТЕХНИКЕ

(ЗАПАСЫ, УРОВЕНЬ ПРОИЗВОДСТВА
И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ)

СМ
и
55944

97
1985
оу

Издательство «Знание» Москва 1984

ББК 24.12

Р 19

РАКОВ Эдуард Григорьевич — доктор химических наук, профессор, специалист в области неорганической химии, автор нескольких книг и брошюр. Принимает активное участие в работе Всесоюзного общества «Знание».

Рецензент: **Ковба Л. М.** — доктор химических наук, профессор.

Раков Э. Г.

Р 19 В природе и технике (Запасы, уровень производства и использование химических элементов). — М.: Знание, 1984. — 64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Химия»; № 6).

11 к.

Исполнилось 150 лет со дня рождения Д. И. Менделеева. В брошюре, посвященной выдающемуся ученому, показано, какое внимание уделял он добыче, промышленному получению и использованию химических элементов и их соединений. Дана характеристика мировых промышленных запасов, объема производства некоторых неорганических веществ, описаны основные области их применения.

Выпуск адресован лекторам, преподавателям, слушателям народных университетов, школьникам и студентам.

1802000000

Сумська
обласна бібліотека
для юнацтва

ББК 24.12
540

© Издательство «Знание», 1984 г.

ВВЕДЕНИЕ

Передо мною мир стоит
Мифологической проблемой:
Мне Менделеев говорит
Периодической системой...

А. Белый

Он верит в вес, он чтит пространство,
Он нежно любит матерьял.
Он вещества не укорял
За медленность и постоянство.

С. Городецкий

8 февраля 1984 г. исполнилось 150 лет со дня рождения выдающегося русского ученого и технолога, пламенного патриота нашей Родины, проницательного экономиста и высокоодаренного педагога Д. И. Менделеева. Его открытия в области химии, особенно периодический закон химических элементов, сыграли громадную роль в истории развития мировой науки и техники. Наполненный новым содержанием, подтвержденный многими последующими химическими и физическими открытиями, периодический закон занял прочное место среди важнейших законов природы.

В 1863 г. 29-летний Менделеев избирается профессором Технологического института (ныне Ленинградский технологический институт им. Ленсовета), а двумя годами позже — профессором Петербургского университета (ныне Ленинградский государственный университет им. А. А. Жданова). Молодой профессор много времени и труда затрачивает на обобщение достижений современной ему химии, старается по-новому осмыслить основные химические понятия, придать уже довольно обширным опытным данным стройность. Он одновременно работает над основами химии, первый том которых был издан в 1869 г., и над систематикой химических элементов, которую в основном завершил в том же 1869 г. (доклад об открытии был сделан в марте на заседании Русского химического общества — предшественника Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева).

«Основы химии» быстро приобрели мировую известность. Только при жизни автора они были изданы 8 раз (после его смерти вышло еще 5 изданий). Появилось множество иностранных переводов. От издания к изданию «Основы химии» расширялись и уточнялись. В 8-м издании

(«вновь исправленном и дополненном»), датированном 1906 г., дополнения составляют чуть ли не половину книги.

В «Основах химии» описано 86 элементов. Лишь открытые после 1906 г. лютеций, протактиний, гафний и рений, а также искусственно полученные гораздо позднее трансурановые элементы, франций, астат и прометий (табл. 1) не описаны и не упоминаются в этом труде.

Д. И. Менделеев — блестящий пример ученого, который наряду с решением фундаментальных проблем естествознания много и плодотворно трудился для промышленности. Из его более чем 500 опубликованных работ добрая треть посвящена проблемам производства.

Вот, например, датированный сентябрем 1867 г. отчет о посещении Всемирной выставки в Париже. Это целая книга «О современном развитии некоторых химических производств в применении к России и по поводу Всемирной выставки 1867 года». Товарищество «Общественная польза» издало ее в том же 1867 г. на 179 страницах довольно плотно набранного текста. Перечислим названия лишь основных разделов книги: «Химические продукты на Парижской выставке», «Производство содовых заводов», «Производство поташных солей», «Производство керосина, парафина и других осветительных материалов минерального происхождения», «Производство стеарина и мыла», «Производство искусственных удобрений», «Приемы и приборы для нагревания». Хотя сам автор оправдывал «беглость заметок и отрывочность мыслей» обширностью предмета и «краткостью времени» на написание, он сумел во многих разделах книги дать общий взгляд на проблемы. Здесь и цены, и описание технологии, и практические советы, и оценка перспектив развития — и все это отнюдь не с позиций сторонника «чистой» науки!

Тему взаимосвязи науки и практики Д. И. Менделеев затрагивал во многих статьях. В «Учении о промышленности» — введении к «Библиотеке промышленных знаний» — он писал: «Нельзя не указать на то, что между историею промышленного развития человечества и сложением основных истин естествознания замечается не только параллелизм, но и совпадение по времени». Отстаивая необходимость единства науки и промышленности, он был довольно резок: «Если без науки не может быть современной промышленности, то без нее не может быть и совре-

Даты открытия химических элементов

Период или год	Элемент	Период или год	Элемент
Доисторический	Золото, серебро, железо, медь, свинец, олово, ртуть, сера,	1861	Рубидий, таллий
Средневековый	Мышьяк, сурьма, висмут	1863	Индий
XVII в.	Цинк	1866	Диспрозий
1669	Фосфор	1868	Гелий
1735	Кобальт	1875	Галлий
1748	Платина	1878	Иттербий
1751	Никель	1879	Гольмий, самарий, скандий, тулий
1766	Водород	1885	Неодим, празеодим
1771	Кислород	1886	Фтор, гадолиний, германий
1772	Азот	1898	Аргон
1774	Хлор, марганец	1898	Криптон, ксенон, неон, полоний, радий
1781	Молибден, вольфрам	1899	Актиний
1782	Теллур	1900	Радон
1789	Уран, цирконий	1901	Европий
1791	Титан	1907	Лютеций
1793	Стронций	1917	Протактиний
1794	Иттрий	1923	Гафний
1797	Хром	1925	Рений
1798	Бериллий	1937	Технеций
1801	Ниобий	1939	Франций
1802	Тантал, палладий	1940	Астат, нептуний, плутоний
1803	Церий	1944	Америций, кюрий
1804	Иридий, осмий, родий	1947	Прометий
1807	Калий, натрий	1949	Берклий
1808	Кальций, бор, барий, магний	1950	Калифорний
1811	Йод, кремний	1952	Эйнштейний
1817	Кадмий, литий, селен	1953	Фермий
1825	Бром, алюминий	1955	Менделевий
1829	Торий	1963	Нобелий
1830	Ванадий	1964	Курчатовий (резерфордий)
1839	Лантан	1965	Лоуренсий
1843	Эрбий, тербий	1970	Нильсборий (ганий)
1844	Рутений	1974	Элемент 106 (эка-вольфрам)
1860	Цезий	1981	Элемент 107 (эка-рений)
		1982	Элемент 109 (эка-иридий)

менной науки, а без их совокупности все будет одним бредом тупых исканий».

Как лозунг, современный и сегодня, звучат его слова из «Писем о заводах»: «Заводы сильны естествознанием».

В речи «Об условиях развития заводского дела в России» он отмечал, что «развитие опытных знаний, распространение физико-химического образования поэтому составляют первое неизбежное условие для расширения нашей заводской деятельности». Там же он говорил: «Мне кажется поучительным тот пример, что в самое последнее десятилетие развитие некоторых чисто теоретических областей знания совершилось прямо в заводской практике. Так, Пикте на заводе для приготовления льда около Лозанны сгущает кислород. Так, Кайльте ряд своих опытов над газами производит на своем железном заводе. Так, Лекок де-Боа Бодран делает свои открытия, так сказать, рядом с производством коньяка, Грис часть дня проводит в пивоварне, а другую — в химической лаборатории». Напомним, что речь идет об ученых выдающихся. Р. П. Пикте — швейцарский физик, конструктор и организатор производства холодильных машин, впервые получивший жидкий кислород в виде тумана. Л. П. Кальете (Кайете) — французский физик и металлург независимо от Пикте провел сжижение кислорода. Лекок де Буабодран — французский химик, который открыл галлий и подтвердил прогнозы Д. И. Менделеева, а позднее открыл самарий и диспрозий. Грис — это, видимо, И. П. Грисс — немецкий химик-органик, специалист по азокрасителям, автор нескольких открытий.

Д. И. Менделеев прекрасно видел прогрессивную роль химической промышленности, химизации других отраслей: «... центр понимания всей современной промышленности должно искать в сознательном пользовании химическими превращениями вещества». По его мнению, «химические заводы не только дают новую жизнь множеству других фабрик и заводов, но и оживляют горное дело и вообще добывающие промысла ... вся промышленность, не могущая развиваться без обеспечения топливом, не может быть считаемая правильно поставленною, если не опирается на развитие химических заводов».

В статье «Заветные мысли» можно прочесть: «Громадный рост всей промышленности в XIX в. отчасти объясняется именно тем, что химические знания в этом веке сделали чрезвычайные успехи».

Подводя итоги своей пятидесятилетней творческой деятельности, Д. И. Менделеев в 1905 г. писал: «Старался и, пока могу, буду стараться дать плодотворное, промышленное, реальное дело своей стране, в уверенности, что политика, устройство, образование и даже оборона страны ныне без развития промышленности немыслимы, и весь венец желаемых по мне преобразований, вся «свобода», нам нужная, тут сосредоточены. Наука и промышленность — вот мои мечты. Они все тут».

Д. И. Менделеев принимал самое активное участие в подготовке и выпуске 82-томного энциклопедического словаря Брокгауза и Ефрона — первой солидной русской энциклопедии. Он был редактором двух отделов — химико-технологического и фабрично-заводского. Многие статьи в словаре подписаны греческой буквой Δ, которую выбрал себе ученый в качестве краткого псевдонима.

Громадную работу провел Д. И. Менделеев как инициатор издания, автор ключевых статей и редактор 20-томной «Библиотеки промышленных знаний». Именно для нее в 1900 г. было написано уже упомянутое «Учение о промышленности». Вообще же в библиотеке предполагалось рассмотреть горное дело, отопительные устройства, двигатели, нефтедобычу и нефтехимию, черную и цветную металлургию, производство строительных материалов, химические производства, строительство, сельское и лесное хозяйство, хлебопечение, пивоварение, водопроводное дело, очистку сточных вод и многие другие вопросы.

Многообразное творческое наследие Д. И. Менделеева со свойственным ему интересом к практике — богатейший материал для истории науки и техники, для сопоставления с сегодняшним днем. В центре внимания Д. И. Менделеева всегда были химические элементы и простые вещества. В своих работах он постоянно обращался к нахождению их в природе, производству простых веществ, областям их применения. Уже, например, во введении к «Основам химии», перечисляя химические элементы, он давал основные области их практического использования.

Предлагаемая брошюра посвящена в основном современным данным о химических элементах: их промышленным запасам, объемам добычи руд и производства технически чистых веществ, важнейшим областям применения. Эти данные обычно не освещаются в популярных изданиях, однако именно они позволяют оценить сегодняшний уро-

вень технологии, этапы и перспективы ее развития. В тексте широко использованы сведения из работ Д. И. Менделеева, главным образом из «Основ химии» *. В ряде случаев приведены сведения по экономике примерно 90—100-летней давности, также взятые из работ Д. И. Менделеева.

Объем брошюры позволил рассмотреть лишь 25 представляющих различные классы химических элементов, выбранных с учетом их отличий друг от друга. Среди этих элементов имеются типичные металлы и неметаллы, переходные и непереходные, щелочные, щелочноземельные, широко распространенные в природе и редко встречающиеся. Рассмотрены пары элементов-спутников, например цинк и свинец, ниобий и тантал, цветные, редкие металлы и такой драгоценный металл, как золото.

Цитированные выше высказывания самого Д. И. Менделеева позволяют надеяться, что содержание подготовленной к его 150-летнему юбилею брошюры отвечает духу творчества нашего великого соотечественника.

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Химические элементы сильно отличаются друг от друга по их концентрации в атмосфере, гидросфере, литосфере, ядре Земли и вообще во Вселенной. Наиболее важный показатель — содержание в литосфере (земной коре). Недаром Д. И. Менделеев уже во введении к «Основам химии» рассматривал известные тогда сведения о распространенности в литосфере, а в дополнениях уточнял: «Кларк в Америке сделал приблизительный расчет содержания различных элементов в земной коре (до глубины 15 км) и нашел, что главную массу (около 50 %) составляет кислород, затем следует кремний (около 25 %), Al, Fe и т. д.»**.

Р. Ф. Кларк — американский геохимик, имя которого стало нарицательным (и этому, можно полагать, способствовало упоминание Кларка в «Основных химии») для обозначения концентрации химических элементов в земной коре толщиной 10 миль (16 км). В 1933—1939 гг. кларки были пересмотрены крупнейшим советским геохимиком

* Менделеев Д. И. Основы химии. 13-е изд. М.—Л. Госхимиздат, 1947, 1948. (В сносках — Основы химии, далее том и страница).

** Основы химии, т. 1, с. 362.

Таблица 2.

Средний химический состав литосферы, по А. П. Виноградову
(1962 г.)

Ат. номер	Элемент	% по массе	Ат. номер	Элемент	% по массе
1	H	[0,70]	38	Sr	0,034
3	Li	$3,2 \cdot 10^{-3}$	39	Y	$2,9 \cdot 10^{-3}$
4	Be	$3,8 \cdot 10^{-4}$	40	Zr	0,017
5	B	$1,2 \cdot 10^{-3}$	41	Nb	$2 \cdot 10^{-3}$
6	C	0,023	42	Mo	$1,1 \cdot 10^{-4}$
7	N	$1,9 \cdot 10^{-3}$	44	Ru	$[1 \cdot 10^{-7}]$
8	O	47,0	45	Rh	$[1 \cdot 10^{-7}]$
9	F	0,066	46	Pd	$1,3 \cdot 10^{-4}$
11	Na	2,50	47	Ag	$7 \cdot 10^{-6}$
12	Mg	1,87	48	Cd	$1,3 \cdot 10^{-5}$
13	Al	8,05	49	In	$2,5 \cdot 10^{-5}$
14	Si	29,00	50	Sn	$2,5 \cdot 10^{-5}$
15	P	0,093	51	Sb	$5 \cdot 10^{-4}$
16	S	0,047	52	Te	$1 \cdot 10^{-7}$
17	Cl	0,017	53	I	$4 \cdot 10^{-5}$
19	K	2,50	55	Cs	$3,7 \cdot 10^{-4}$
20	Ca	2,96	56	Ba	0,065
21	Se	$1 \cdot 10^{-3}$	72	Hf	$1 \cdot 10^{-4}$
22	Ti	0,45	73	Ta	$2,5 \cdot 10^{-4}$
23	V	$9 \cdot 10^{-3}$	74	W	$1,3 \cdot 10^{-4}$
24	Cr	$8,3 \cdot 10^{-3}$	75	Re	$7 \cdot 10^{-8}$
25	Mn	0,10	76	Os	$[1 \cdot 10^{-7}]$
26	Fe	4,65	77	Ir	$[1 \cdot 10^{-7}]$
27	Co	$1,8 \cdot 10^{-3}$	78	Pt	$[5 \cdot 10^{-7}]$
28	Ni	$5,8 \cdot 10^{-3}$	79	Au	$4,3 \cdot 10^{-7}$
29	Cu	$4,7 \cdot 10^{-3}$	80	Hg	$8,3 \cdot 10^{-6}$
30	Zn	$8,3 \cdot 10^{-3}$	81	Tl	$1 \cdot 10^{-4}$
31	Ga	$1,9 \cdot 10^{-3}$	82	Pb	$1,6 \cdot 10^{-3}$
32	Ge	$1,4 \cdot 10^{-4}$	83	Bi	$[(1,7-2,1) \cdot 10^{-5}]$
33	As	$1,7 \cdot 10^{-4}$	90	Th	$1,3 \cdot 10^{-3}$
34	Se	$5 \cdot 10^{-6}$	92	U	$2,5 \cdot 10^{-4}$
35	Br	$2,1 \cdot 10^{-4}$			
37	Rb	0,015			

и знатоком минералов академиком А. Е. Ферсманом, а затем известнейшим гео-, биогео- и космохимиком академиком А. П. Виноградовым (табл. 2). Уточнялись они и позднее.

Как видно из табл. 2, концентрация первого по распространенности элемента — кислорода — отличается от концентрации элемента, занимающего 80-е место — рения в 670 миллионов раз, почти на девять порядков! Масса 10 наиболее распространенных элементов (кислорода, кремния, алюминия, железа, кальция, натрия, калия, магния, водорода и титана) суммарно составляет около 97,2 % всей массы литосферы. На остальные почти 100 известных на сегодня элементов приходится лишь 2,72 % массы земной коры.

Есть элементы, концентрация которых в сотни, тысячи и миллионы раз меньше, чем рения. Так, кларк радия — $1 \cdot 10^{-10}$ %, а полония — $2 \cdot 10^{-14}$ %. В следовых количествах присутствуют в земной коре радиоактивные технеций, протактиний, плутоний, прометий. Трансплутониевые элементы в природе вообще пока не обнаружены.

С кларком химических элементов во многом связана их роль в технике, о чем будет идти речь в заключении к брошюре. Но сначала — об отдельных элементах.

АЛЮМИНИЙ

Земная кора — это в основном алюмосиликаты. «Алюминий, — писал Д. И. Менделеев, — металл квасцов (alumen), потому и называется иначе глинием, что находится в глине» *. «Обычно глины содержат от 45 до 60 % кремнезема, от 20 до 40 % глинозема и около 12 % воды, и нельзя думать, что глина всегда представляет какое-либо однородное вещество» **.

С глиной и керамическими изделиями из нее (фаянсом, фарфором) человечество знакомо очень давно. Но алюминий содержится не только в глинах. «Глинозем Al_2O_3 , т. е. безводная окись алюминия, встречается в природе иногда в довольно чистом состоянии, окристаллизованный в прозрачные кристаллы, часто окрашенные подмесами (хромовых, кобальтовых и железных соединений). Глинозем

* Основы химии, т. 2, с. 117.

** Там же, с. 120.

встречается в природе также в соединении с водой ... Менее чистый гидрат, смешанный с окисью железа, находится иногда массами, называется бокситом» *.

Боксит длительное время был главным природным источником Al. Запасы боксита и сейчас велики. Без стран — членов СЭВ к концу 1980 г. они оценивались в 32—35 млрд. т (разведанные запасы — 17—18 млрд. т). Специалисты прогнозируют, что запасов хватит на несколько десятков лет. Крупные залежи бокситов имеются в СССР, ВНР, Франции, Италии, США и других странах.

Извлекается алюминий и из других источников. Среди алюминиевых минералов определенное промышленное значение имеют алунит и нефелин. Алунит $(\text{Na}, \text{K})_2\text{SO}_4 \times \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{Al}(\text{OH})_3$, или «квасцовый камень», еще во времена Д. И. Менделеева «нашли массами за Кавказом (местечко Заглик, 45 км от Елизаветполя)» ** (ныне Кировабад Азербайджанской ССР). Помимо Кавказа, алунит встречается на Урале. Залежи нефелина $(\text{Na}, \text{K})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \times 2\text{SiO}_2$ имеются в Хибинах (Кольский полуостров), в Красноярском крае и в других местах.

«История алюминия у нас начинается с 1918 г.», — говорил известный советский физикохимик академик Н. С. Курнаков. Он считал, что «в России вопрос об алюминии только тогда и поднялся, когда мы нашли тихвинские бокситы». Возникновение же металлургии алюминия можно датировать 27 марта 1929 г., когда на заводе «Красный выборжец» (Ленинград) были получены первые 8 кг металла.

Сейчас алюминиевая промышленность СССР базируется на сырье различных видов. Используются высококачественные (с содержанием Al_2O_3 более 50 %) и низкокачественные бокситы, нефелины и в небольших количествах алуниты. В 1968 г. 55 % общего выпуска товарного глинозема (а из природного сырья сначала делают глинозем, который и поступает на заводы по электролитическому производству Al) было получено при переработке высококачественных бокситовых концентратов, а 45 % — из низкокачественных бокситов и алунитов.

В 1980 г. добыча бокситов в капиталистических и развивающихся странах составила более 76 млн. т, а производство первичного Al — около 13 млн. т. Вторичного ме-

* Основы химии, т. 2, с. 121.

** Там же, с. 425.

талла (получаемого из отходов) выплавляли в 3—4 раза меньше.

Для чего нужен алюминий сегодня?

Распределение потребления алюминия по отраслям промышленности меняется от страны к стране, поэтому точные цифры вряд ли будут показательными. Примерно 20—30 % его используется в строительстве, столько же или немного меньше — на транспорте, около 10 % потребляется электротехнической промышленностью, значительная часть (в США почти 30 %) — на тару и упаковку. Используется он в машиностроении, производстве бытового оборудования, оборудования для пищевой промышленности и во многих других отраслях.

БАРИЙ

По распространенности в природе барий занимает 14-е место. Из соединений бария «в природе чаще всего встречается сернобаритовая соль BaSO_4 », которая имеет «... значительный удельный вес, отчего и носит название тяжелого шпата, или барита» *. Гораздо менее распространен второй по значению минерал — витерит (BaCO_3).

Разведанные мировые запасы барита оцениваются величиной от 115 до 300 млн. т. Они сосредоточены в СССР, США, Перу, Ирландии, Мексике, Индии, Марокко, Таиланде и в других странах. Добыча барита в мире неуклонно увеличивалась, достигнув к 1980 г. 7,3 млн. т (без СССР).

От 75 до 90 % барита идет на приготовление тяжелых жидкостей, используемых при бурении глубоких скважин. Это связано с высокой плотностью BaSO_4 (4500 кг/м³).

✓ Из 8—10 % добываемого барита получают различные соединения Ba. Для этого природное сырье очищают: вначале его превращают в хлорид бария, а из раствора последнего снова осаждают BaSO_4 . В результате «вновь образуется сернобаритовая соль, характеризующаяся тем, — писал Д. И. Менделеев, — что она не изменяется большинством химических деятелей, нерастворима в воде и не растворяется в кислотах. Вследствие этого искусственная сернобаритовая соль составляет прочную белую краску... Такие белила получили название постоянных (blanc fixe,

* Основы химии, т. 2, с. 63—64.

Permanent weiss)» *. Действительно, растворимость BaSO_4 ничтожна и составляет всего 2 мг/л. Кроме бланфика (очищенного сульфата) производят литопон ($\text{BaSO}_4 \cdot \text{ZnS}$), карбонат, хлорид, а также небольшие количества гидроксида, нитрата, оксида и других веществ.

Карбонат бария находит применение в производстве флинтгласа — стекла с высоким показателем преломления и низкой дисперсией — и стекла для телевизионных трубок. Благодаря добавкам соединений Ba стекло приобретает способность поглощать рентгеновское излучение, возникающее в электронно-лучевой трубке. Это особенно важно для цветных телевизоров. Около $1/4$ — $1/5$ BaCO_3 потребляют керамические производства. Здесь карбонат бария нужен для улучшения свойств получаемых изделий, увеличения твердости и стойкости эмалей и глазурей. В химической промышленности карбонат или хлорид бария используют для удаления отдельных примесей (особенно SO_4^{2-}). Таким путем, например, очищают рассолы хлорида натрия перед электролитическим получением NaOH и Cl_2 .

Оксид бария — распространенный эмиссионный материал электровакуумных приборов. Новая область его применения — получение магнитных материалов на основе $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ и диэлектриков типа BaTiO_3 .

Литопон и бланфикс в составе белых красок применяют, в частности, при производстве высококачественной бумаги и фотобумаги. Бланфикс — уникальный рентгеноконтрастный материал, особенно для медицинских целей.

Гидроксид бария — промежуточное вещество при получении бариевых солей органических кислот (добавок к смазкам и стабилизаторов поливинилхлорида). Нитрат применяют для зеленого окрашивания пламени в пиротехнике. Природный барит в количествах около 300 тыс. т используют как наполнитель резины, пигмент, добавку в цемент, компонент обычных стекол. Некоторые соединения Ba — инсектициды и фунгициды.

БОР

По распространенности бор занимает 37-е место, вслед за свинцом и торием.

* Основы химии, т. 2, с. 327.

«Бор известен был первоначально в виде борнонатриевой соли $\text{Na}^2\text{B}^4\text{O}^7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, или буры, или тинкала, который привозили из Азии, где он встречается в растворе в некоторых озерах Тибета. Та же соль была найдена в озерах Калифорнии и Невады в С.-А. С. Штатах. Впоследствии борную кислоту нашли в воде морей и некоторых минеральных источников» *.

Кристаллы тибетской буры впервые привез в Европу Марко Поло. Однако применение ее началось здесь спустя почти 500 лет, когда в 1771 г. были открыты месторождения в Италии. Длительное время соединения бора получали «из нечистой борной кислоты, добываемой в Тоскане из так называемых фумарол. В этих местах, представляющих остатки вулканической деятельности, из земли выходят горячие водяные пары ... борная кислота может содержаться в водяных парах» **. Д. И. Менделеев в «Основах химии» привел даже рисунок, иллюстрирующий этот живописный способ.

Хотя примитивная добыча бора из фумарол сохранилась до наших дней, главные источники — это залежи его минералов. Основные боросодержащие минералы — тинкал, кернит ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), колеманит ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \times 5\text{H}_2\text{O}$), датолит ($\text{Ca}_2\text{B}_2\text{Si}_2\text{O}_9 \cdot \text{H}_2\text{O}$), улексит ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \times 8\text{H}_2\text{O}$), борацит ($\text{Mg}_3\text{B}_7\text{O}_{13}\text{Cl}$), гидроборацит ($\text{MgCaB}_6\text{O}_{11} \times 6\text{H}_2\text{O}$), ашарит (MgHBO_3). Известно большее число и других минералов бора.

Месторождения соединений бора имеются в СССР, США (тинкал, кернит), Турции (колеманит), Аргентине и в других странах. Его мировые запасы оцениваются величинами от 100 до 300 млн. т по В. Добыча в 1980 г. составляла 2,4 млн. т.

Около половины добываемого бора тратится на производство различных стекол, среди которых первое место занимают стекловолокно для изоляции и стеклоткань для армирования пластмасс. Значительная часть его потребляется в виде борной кислоты, которую используют при изготовлении косметических средств, в фотографии, в медицине, в качестве катализатора окисления углеводородов. Переход к машинной стирке вызвал резкий рост производства пербората натрия, применяемого также при отбеливании, крашении тканей и для дезинфекции.

* Основы химии, т. 2, с. 112.

** Там же.

Один из изотопов бора — ^{10}B обладает большим сечением захвата тепловых нейтронов (примерно 3000 барн). Обогащенные им соединения бора служат хорошим средством защиты от нейтронов в атомной технике. Сплавы бора или бориды применяют для изготовления регулирующих стержней АЭС, а газообразный BF_3 — как наполнитель счетчиков нейтронов.

Многие соединения бора применяют как химические реагенты, пластификаторы, компоненты красок, антифриза. Трифторид бора — катализатор различных органических реакций — алкилирования, гидрирования и др. Тетрафтороборную кислоту используют в гальванотехнике и как компонент флюсов. Борогидрид натрия — сильный и селективный восстановитель, применяемый в органическом синтезе.

Низкотемпературная модификация нитрида бора имеет структуру графита. Вещество это хорошо проводит тепло, но не проводит электрического тока. Из него изготавливают тигли, предназначенные для работы в вакууме. Высокотемпературная модификация нитрида бора имеет кубическую структуру, напоминающую структуру алмаза. Она настолько тверда, что оставляет на алмазе царапины, и в то же время устойчива до температур, превышающих 2000°C (алмаз на воздухе загорается при $850\text{—}900^\circ\text{C}$). Карбиды бора также тугоплавки и применяются как абразивы. Изделия из B_4C в количестве нескольких сотен тонн в год изготавливают горячим прессованием. Некоторое применение находят бориды Cr , Ti , Zr , La и других металлов. Всего для технических нужд производится около 80 различных соединений бора.

Получение и применение элементарного В на фоне производства его соединений ничтожны. В начале 60-х годов в качестве армирующего наполнителя композитов-легко-весов стали применять борные волокна. Ожидается, что в 1985 г. в мире будет получено около 20 т такого волокна. В настоящее же время производство элементарного бора составляет около 10 т/год.

БРОМ

Концентрация брома в морской воде — около 0,065 г/л, однако в подземных водах и рассолах некоторых озер она может составлять 2,0—6,7 г/л. Самый большой при-

родный изолированный резервуар соединений брома — Мертвое море, содержащее 5—6 г/л этого элемента. Недаром «Баллар открыл и изучил бром в маточном рассоле морской воды» *.

В литосфере брома немного. По распространенности он уступает танталу и урану. «Бром и йод, соединенные с серебром, находятся вместе с хлористым серебром как редкие руды преимущественно в Америке. Некоторые целебные минеральные источники ... содержат бромистые и йодистые металлы» **. Добавим также, что Вг в промышленных концентрациях содержится в буровых водах нефтеносных районов, в маточных растворах при переработке карналлита и сильвинита.

Мировые запасы брома безграничны — только в Мировом океане его содержится 100 триллионов тонн, а в водах Мертвого моря — около 1 млрд. т. Уровень производства брома по сравнению с его запасами невелик и составляет без СССР около 330 тыс. т.

Основные технические продукты — Br_2 , KBr , KBrO_3 , NaBr , NaBrO_3 , а также NH_4Br .

Почти половина соединений брома расходуется в виде добавок к бензину, около $1/3$ — в виде замедлителей горения (антипиренов), а $1/6$ — для приготовления медицинских препаратов.

Для предотвращения отложения свинца, образующегося в двигателях из тетраэтилсвинца (антидетонатор), в горючее вводят дибромэтилен, который производят в значительных количествах. Дибромэтилен применяют при производстве красителей и фармацевтических препаратов. Это анестезирующее, седативное (успокаивающее) и антиспазматическое средство. Он используется также для окулирования почв с целью уничтожения вредителей зерновых культур, как растворитель, катализатор и индикатор загорания.

Метилбромид — наиболее эффективное средство для борьбы с почвенными нематодами, пестицид, фумигант. Этилбромид — промежуточное вещество в синтезе красителей, ароматических веществ, витаминов, фармацевтических средств.

CBrCl_3 — каталитически неактивная добавка в производстве негорючих полимеров. В качестве замедляющих

* Основы химии, т. 1, с. 342.

** Там же, с. 343.

горение добавок используют и многие другие бромсодержащие органические соединения. Соединения брома как антипирены в 2,5—4,0 раза эффективнее, чем равные им по массе соединения хлора. Бром эффективнее хлора и при обработке воды. Поэтому потребность в соединениях брома для этих целей быстро растет.

NH_4Br — антипирен, реагент в фотографии. KBr и NaBr используют для получения фотоэмульсий бромида серебра и как успокаивающее средство в медицине, CaBr_2 и ZnBr_2 — при бурении нефтяных и газовых скважин. Растворы CaCl_2 , CaBr_2 и ZnBr_2 — тяжелые жидкости, необходимые для преодоления внутрискважинного давления (их плотность 1,15—1,80 г/л). На одну скважину расходуется в среднем 150 тыс. л таких жидкостей. CaBr_2 — реагент при получении органических производных кальция, применяется также в фотографии. KBrO_3 нужен при выпечке хлеба и для проявления фотопленок. NaBrO_3 применяют при отбеливании целлюлозы и в пивоварении. Растворы ZnBr_2 — наполнители окон боксов и камер для работы с гамма-активными веществами.

ВИСМУТ

По распространенности висмут 67-й. Он уступает индию и олову, но опережает кадмий и ртуть.

«В природе висмут встречается в немногих местностях и в малых количествах, чаще в самородном состоянии, реже в виде окиси и в виде сернистого соединения висмута с другими сернистыми металлами, иногда в рудах золота. Извлекается он из руды самородного металла простым выплавлением в печах. Для этого в печь вмазывают наклонную железную реторту, в верхний конец которой вводят руду, а из нижнего вытекает расплавленный металл»*.

Описанный Д. И. Менделеевым способ по существу почти не отличается от рекомендованного еще Г. Агриколой в 1556 г. Правда, у Агриколы описана не печь, а яма в земле, на которую «укладывают толстые сухие плахи букового дерева, а на них кладут висмутовую руду. Как только разгорится подожженное дерево, из нагретой руды начинает капать висмут, стекая в яму».

* Основы химии, т. 2, с. 186.

За сотни лет добычи самородный висмут был полностью исчерпан. Собственные минералы висмута — висмутин Bi_2S_3 , бисмит Bi_2O_3 , бисмутит $\text{Bi}_2(\text{OH})_4\text{CO}_3$, кехлит $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{MoO}_4$ — относятся сейчас к геологическим редкостям. Более 90 % Bi извлекают ~~сегодня~~ в качестве побочного продукта при выплавке и рафинировании Pb и Cu . Из каждой тонны Pb удается получить до 0,45 кг Bi .

Общее производство висмута в мире составляет 2—4 тыс. т.

Bi — компонент легкоплавких сплавов, которые применяют, например, в системах защиты от пожаров (автоматических сигнализаторах и огнетушителях). Он в виде ураната или молибдата — катализатор некоторых реакций, промежуточное вещество в производстве фармацевтических препаратов. Bi добавляют в ковкий чугун, используют при вулканизации каучука, в зубопротезировании. Bi_2O_3 применяют в фармацевтической промышленности, при производстве косметических средств, эмалей, фарфора, стекла и хрусталя. В виде селенида-теллурида Bi используют в преобразователях тепловой энергии в электрическую и в электронных приборах.

ГЕЛИЙ

Гелий сочетает самые неожиданные свойства. Он может быть жидким даже при абсолютном нуле. При низких температурах образует форму, обладающую в миллионы раз более высокой теплопроводностью, чем у обычного гелия, да еще и сверхтекучестью. Плюс к этому различия в поведении у изотопов ^3He и ^4He .

Средняя концентрация He в земной коре невелика. Являясь продуктом радиоактивного распада, он входит в состав различных минералов. Концентрация He в воздухе выше — $5 \cdot 10^{-4}$ %, а в природных газах может достигать 8 %. Промышленными считаются месторождения с содержанием He не менее 0,3 % по объему.

Мировые запасы He по неполным данным составляют более 24 млрд. м^3 , однако промышленные месторождения содержат лишь 5 млрд. м^3 . Объем производства He в 1979 г. составлял 35,2 млн. м^3 , оценки на 1985 г. дают 55—56 млн. м^3 .

Основные области применения He связаны с его химической инертностью. Это продувка и опрессовка топливных

баков с жидкими кислородом и водородом, керосином и компонентами гипергольных жидких смесей для ракет и космических кораблей. Он используется также для создания защитной атмосферы в бортовых электронных устройствах летательных аппаратов, при выращивании монокристаллов полупроводников, в производстве тепловыделяющих элементов АЭС.

Гелий и его смеси с другими инертными газами применяют при сварке ответственных деталей кораблей, самолетов, ракет, двигателей, химических аппаратов и других изделий из нержавеющей стали, алюминия, меди, титана, циркония и других металлов.

Гелий — наполнитель аэростатов, шаров-зондов, дирижаблей. В вакуумной технике незаменимы гелиевые течейскатели.

Жидкий гелий (температура кипения ^3He и ^4He соответственно равна 3,19 и 4,21 К) находит применение в сверхпроводниковых приборах, для глубокого охлаждения биологических объектов, замораживания активных частиц при их спектроскопическом исследовании.

В научных и заводских лабораториях работает около 50 тыс. хроматографов, а He — лучший носитель проб анализируемых материалов. Гелий — хороший теплоноситель. Он нужен для газоохлаждаемых ядерных реакторов, которые перспективны как основа будущих атомно-химических и атомно-металлургических комплексов. Гелию не страшна наведенная радиация, а обычные примеси легко из него удалить.

Он входит в состав дыхательных смесей для глубоководного (от 30 до 200 м) погружения, поскольку в отличие от азота не оказывает наркотического действия. В небольших объемах He применяют для диагностики и лечения астмы, эмфиземы и других респираторных заболеваний.

ЗОЛОТО

Золото по распространенности занимает 74-е место среди других элементов и уступает палладию и платине.

«В природе золото встречается в коренных, преимущественно кварцевых месторождениях, а именно, в кварцевых жилах, напр. у нас на Урале (в Березовке), в Австра-

лии и Калифорнии» *. «Золотоносные земли встречаются иногда на поверхности, а иногда под слоями чернозема, глины и т. п., чаще по берегам высохших или текущих рек ... Богатейшими же месторождениями золота должно считать горные местности Сибири, в особенности южных частей Енисейской губ., Южного Урала, Аляски, Мексики, Калифорнии и южных частей Африки и Австралии» **. «В России коренные месторождения З. известны на Урале: Березовские рудники (12 верст к северо-востоку от г. Екатеринбург ***) ... окрестности Невьянского, Нижне-Салдинского заводов, Троицкий уезд Оренбургской губ., в округах Богословском, Гороблагодатском ... в Сибири в некоторых местностях Томской и Енисейской губерний, в Забайкальской области и на Алтае (Змеиногорский рудник)» ****.

Россыпи «в России ... находятся во многих местах Урала, а также на Алтае (Салаирский кряж), в губ. Енисейской, Иркутской, в обл. Забайкальской, Якутской, Амурской, Приморской, Акмолинской и Семипалатинской, небогатые россыпи известны в Лапландии и на Кавказе». Предупредим читателей: ни под Свердловском, ни во многих других указанных Д. И. Менделеевым местах золота уже не добывают. Его выработали. Добычу ведут из новых месторождений.

«В воде океанов, кроме серебра, всегда содержится золото; Мюнстер (1892) показал, что вода норвежских фиордов содержит около 5 мг золота на тонну ... т. е. количество, достойное практического внимания, и мне кажется, что ныне уже можно утверждать по громадности массы морской воды, что со временем найдутся способы выгодно уединять золото из морской воды, приведя ее в соприкосновение с веществами, осаждающими на себя золото» *****. И здесь разочарование — экономичных способов извлечения Au из морской воды пока нет.

Мировые запасы золота в капиталистических и развивающихся странах оценивались в 1976 г. в 59 тыс. т, а через два года — в 60 тыс. т.

* Основы химии, т. 2, с. 313.

** Там же, с. 314.

*** С 1924 г. — г. Свердловск.

**** Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона, т. 24, с. 640—641.

***** Основы химии, т. 2, с. 656.

Д. И. Менделеев внимательно следил за добычей золота в мире, уделяя особое внимание России. Вот данные из «Учения о промышленности».

Период	Получено, т (в мире)
1493—1700 гг.	1 667
1701—1800 гг.	1 900
1801—1899 гг.	11 612

Период	Средняя годовая добыча золота, т
1800—1850 гг.	24
1851—1875 гг.	191
1876—1890 гг.	163
1891—1899 гг.	321

Добыча золота, т	1888 г.	1889 г.
Россия	32,4	38,3
С.-А. С. Штаты	50,2	97,0
Австралия	42,8	101,3
Африка	6,9	121,3
Прочие страны	33,0	78,5
Всего	165,3	436,4

В другом месте той же книги можно найти данные по добыче Au в различных странах в 1891 и 1899 гг., когда всего в мире было добыто 189,4 и 472,0 т, а в России — соответственно 37,5 и 36,2 т.

В докладной записке царю Д. И. Менделеев писал: «Золота у нас не меньше, чем в Калифорнии, только добыча не столь свободна» *, а в статье «Впечатления о Всероссийской выставке в Нижнем Новгороде» (1896 г.) отмечал: «Пропорция увеличения (добычи золота. — Э. Р.) явно не отвечает современности по двум причинам: во-первых, потому, что все еще ищут исключительно россыпей, когда везде стали уж преимущественно вырабатывать жильное золото, которого у нас край почти не почат, а во-вторых, потому что химические способы извлечения ... у нас или едва начаты (хлорирование) или, как извлечение синеродистым калием, даже не начинались» **.

Именно поэтому, наверное, химические способы особенно подробно, на семи страницах, описаны в словаре Брокгауза и Ефрона. Отметим также, что в этом издании

* Проблемы экономического развития России. М., изд.-во соц.-экон. лит-ры, 1960, с. 69.

** Там же, с. 109.

золоту посвящено пять статей и, кроме того, дана отдельная статья «Золотопромышленность».

В 1980 г. годовое производство Au в капиталистических странах составило 943 т. Рост годовой добычи по сравнению с концом прошлого века довольно малый — меньше чем в два раза. Подсчитано, что со времени каменного века человек добыл около 100 тыс. т Au, причем половину этого количества — за последние 140 лет. Вычислено также, что потребление первичного металла с 1976 по 2000 г. составит примерно 35 тыс. т, более половины, еще имеющихся в месторождениях запасов Au может быть израсходовано к концу века.

Золотодобывающие шахты — самые глубокие в мире, их глубина достигает 3,8 км.

Главная функция золота — быть мерой стоимости. «К концу XIX в. все важнейшие государства установили «золотую валюту», т. е. исходное мерило цен выразили в золоте, а именно: 1) в России империал, или 15 рублей, содержит 11,6135 г чистого золота; 2) во Франции 20 франков содержат 5,8065 г чистого золота; 3) в Германии 20 марок содержат 7,1685 г чистого золота; 4) в Англии фунт стерлингов (соверен), или 20 шиллингов, содержит его 7,3224 г; 5) в САСШ 10 долларов — 15,0464 г; 6) в Японии 20 иен содержат ровно 15 г чистого золота» *.

Долгое время после 1914 г. цена на золото держалась на уровне 35 долл. за унцию, или 1,125 долл./г. Лишь в 1972 г. она повысилась до 42,22 долл. за унцию (1,357 долл./г).

В 1977—1980 гг. наблюдался резкий рост цен на драгоценные металлы. К началу 1980 г. цена на Au на мировом рынке (а ее устанавливают дважды в день, на Лондонской бирже — в 10 ч 30 мин и в 15 ч 30 мин по местному времени) составляла уже 629 долларов за унцию, или около 20,2 долл./г. Это в пять раз выше средней цены в 1976 г.

Довольно длительное время Au использовали для изготовления монет. Сейчас эта 2700-летняя традиция (если не считать редких случаев специальных эмиссий) сошла на нет.

Однако Au — это не только валюта и материал для ювелирных изделий. Металл используют для рисунков на керамике и стекле. Древняя русская традиция росписи по черному лаку, возрожденная в Палехе, требует обязатель-

* Учение о промышленности, с. 21.

ного применения золотых красок. А золотые купола!

Большие количества Au расходуются в зубоврачебном деле, некоторое применение золото находит в медицине, в электротехнике (около 15 %) и как материал установок для химического синтеза.

Йод

Содержание йода в морской воде — только $5 \cdot 10^{-6}$ %. Зато в некоторых природных рассолах его концентрация составляет от $3 \cdot 10^{-3}$ до $3 \cdot 10^{-2}$ % и более, а в золе после сжигания водорослей, — 1,4—1,8 %. Единственное месторождение минералов йода — главным образом лаурита (CaI_2O_6) в смеси с селитрой — находится в пустыне Атакама, расположенной в северной части Чили, но и оно содержит в среднем 0,04 % йода. Мировые запасы йода составляют около 2,6 млн. т, из которых 1,8 млн. т приходится на Японию.

По Д. И. Менделееву, йод «извлекают почти исключительно из маточных рассолов после кристаллизации природной (чилийской) селитры NaNO_3 и золы морских растений или водорослей, выбрасываемых приливами океана на берега Франции, Англии и Испании ... 1300 кг золы морских растений дают около 15 кг йода» *.

В наше время добыча йода из водорослей почти полностью утратила свое значение, и его вместе с бромом отдувают воздухом или адсорбируют активированным углем из буровых вод.

Мощность предприятий по добыче и переработке йода в капиталистических и развивающихся странах в конце 70-х годов оценивалась в 21 тыс. т.

Основные области потребления йода и его соединений — это катализ органических реакций (около четверти всего расходуемого йода), производство пищевых продуктов (примерно пятая часть), фармацевтическая промышленность (15 %), санитария и производство стабилизаторов (по 10 %), получение чернил и пигментов (меньше 10 %), фотография.

Каталитические свойства йода используют при получении стереоспецифических каучуков для автомобильных шин, при переработке канифоли и продуктов перегонки

* Основы химии, т. 1, с. 343—344.

древесины. К 2000 г. предполагается рост этой области потребления до 33 %. Соединения йода добавляют в пищевые продукты и в корм скоту и птице, предотвращая различные заболевания и повышая продуктивность коров и кур-несушек. Потребление йода фармацевтической промышленностью увеличивается с ростом населения, а также из-за внедрения новых препаратов. Поэтому же можно ожидать увеличения потребления йода и его органических производных для обеззараживания воды, дезинфекции оборудования, для производства пищевых продуктов и т. п.

KI — термостабилизатор при производстве корда для шин из нейлона, традиционный фотоматериал в черно-белой фотографии. Соединения йода необходимы для рентгеноскопии.

КАДМИЙ

Кадмий занимает лишь 68-е место в таблице по распространенности элементов. Он уступает висмуту, но опережает идущие за ним ртуть и серебро.

Д. И. Менделеев отмечал, что в природе «вместе с цинком почти всегда встречается кадмий, представляющий во многих отношениях сходство с цинком» *. Кадмий входит в состав полиметаллических руд в концентрациях 0,01—0,05 % и производится в количествах от 1,8 до 5,0 г на 1 кг цинка.

Потребление кадмия в капиталистических странах в 1979 г. составляло около 14 тыс. т, однако введение жестких норм на промышленные сбросы сделало его производство малорентабельным, и в 1982 г. потребление упало до 12 тыс. т.

Основные области потребления Cd — гальванические покрытия, производство пигментов, стабилизаторов, аккумуляторов, сплавов и некоторые другие.

Кадмий — почти идеальный металл для нанесения гальванических защитных покрытий на сталь. Его используют в двух типах щелочных аккумуляторов (Cd служит анодом, а CdO или AgO — катодом). Имеются и другие источники тока, при производстве которых необходим кадмий или его соединения. Низкий коэффициент трения

* Основы химии, т. 2, с. 104.

и хорошая сопротивляемость усталости обусловили применение Cd и его сплавов в узлах, испытывающих высокую механическую нагрузку. Добавка Cd увеличивает прочность, твердость и износостойкость медных контактных проводов, улучшает свойства серебряных контактов. Cd используют и в легкоплавких сплавах, в конструкциях регулирующих стержней ядерных реакторов, в качестве катализаторов.

CdS — компонент масляной краски для живописи (кадмиевой желтой), компонент фотопроводящих составов. CdO с добавками 20—22 % WO_3 используют в производстве специальной керамики, $CdSO_4$ — в элементах Вестона, CdF_2 — в составе кристаллофосфоров.

КАЛИЙ

Калий и натрий делят 6-е и 7-е места по распространенности в земной коре. В морской воде содержится 0,046 %, в рассолах некоторых озер — 0,5—0,7 %, а в одном из озер Калифорнии — 2,1 % калия.

«Соли поташа и соды, по-видимому, распространены были по поверхности земли когда-то однородно, — писал Д. И. Менделеев, — но неизъясненная еще способность пахотной земли поглощать и удерживать в себе поташные соли и пропускать через себя содовые соли произвела в течение веков большую неоднородность в распределении солей этих двух металлов» *.

Среди природных источников калия наибольшее значение имеют месторождения, образовавшиеся в результате испарения воды из заливов древних морей. «При испарении растворов морской воды остается маточный раствор, содержащий в себе хлористый калий и много хлористого магния ... В Стассфурте находится двойная соль, называемая карналлитом $KMgCl^3 \cdot 6H^2O$, которая служит ныне материалом для добывания хлористого калия и всех соединений элемента. Кроме того, в Стассфурте находится иногда и сам хлористый калий KCl, называемый сильвином» **. Известно около 70 калиевых минералов, однако

* Менделеев Д. И. О современном развитии некоторых химических производств, 1867, с. 61.

** Основы химии, т. 2, с. 23.

Таблица 3

Мировые ресурсы калия, млн. т

Регион или страна	Промышлен- ные запасы	Общие запасы
Северная Америка	3 000	73 000
В том числе:		
США	300	6 000
Канада	2 700	67 000
Южная Америка	60	380
В том числе:		
Бразилия	50	300
Чили	10	70
Европа	1 480	15 740
В том числе:		
ГДР	800	8 000
ФРГ	500	5 000
Азия	520	12 150
В том числе:		
КНР	100	1 000
Всего в мире (без СССР)	5 100	99 500

большинство из них промышленного значения не имеет. Помимо сильвина и карналлита, калий добывают из лангбейнита ($K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$), каинита ($KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$), полигалита ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 6H_2O$), шенита ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$) и сильвинита — смеси KCl и $NaCl$.

«К началу XX столетия годовая добыча в Стассфурте и его окрестностях достигла: для карналлита 1700 тыс. т, для шенита 1200 тыс. т, для сильвинита 150 тыс. т, всего природных солей калия около 3 милл. т»*. Стассфурт — небольшой городок, расположенный примерно на полпути от Магдебурга к Галле — обозначен не на всех картах ГДР. Но и более 80 лет назад он давал калия больше, чем его сейчас добывают в ФРГ и США.

Промышленные и общие запасы К по оценкам 1977 г. характеризуются данными табл. 3, а мировое производство — данными табл. 4.

Первое место в мире по производству К занимает СССР. У нас его добывают в верховьях Камы, под Старобинском в Белоруссии, во Львовской области. Верхнекамское калийное месторождение — крупнейшее в мире. Здесь сосредоточено около 70 % общесоюзных и 30 % достоверно

* Основы химии т. 2, с. 336.

Мировое производство калия, тыс. т

Страна	Производство в 1978 г.	Оценки на 1985 г.
Канада	6 124	8 850
ГДР	3 323	3 800
ФРГ	2 470	3 000
США	2 253	2 400
Франция	1 759	2 000
Испания	558	895
Всего в мире (без СССР)	23 800	24 400

установленных мировых запасов К. По производству калийных удобрений (8,06 млн. т K_2O) СССР в 1980 г. в несколько раз опережал США (менее 2,1 млн. т K_2O). Калий вместе с азотом и фосфором — один из трех ключевых элементов для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. «Прямой опыт выращивания растений на искусственных почвах и в растворах показывает, что при прочих соответственных условиях растения могут вполне развиваться без присутствия солей натрия, но без солей калия развитие невозможно» *. Поэтому подавляющая часть добываемого К расходуется как удобрение или на производство удобрений.

Промышленность выпускает очень богатый ассортимент солей К, а в химических лабораториях обязательно найдется не одна из них. Главные и наиболее «весомые» — хлорид, иодид, фторид и многие другие. «Бромистый и йодистый калий употребляются, как и соответствующие соединения натрия, в медицине и фотографии» **. «Практика употребляет значительное количество синеродистого калия KCN, в особенности для приготовления металлических растворов, применяемых для гальванического золочения и серебрения» ***.

КРЕМНИЙ

Кремний — второй после кислорода по распространенности элемент в земной коре, поэтому «кремнезем, или крем-

* Основы химии, т. 2, с. 338.

** Там же, с. 340.

*** Там же, с. 138.

ниевый ангидрид SiO_2 , как в свободном состоянии, так и в соединении с другими окислами входит в состав большей части горных пород, образующих земную кору» *. Кремнезем и силикаты — основные компоненты многих драгоценных и полудрагоценных камней.

Для извлечения кремния используют месторождения кварцита, песчаников и пегматитового кварца, запасы которых практически безграничны. Производство ферросилиция (сплава Si с Fe) составляет около 3,0 млн. т, а самого кремния — лишь не более 700 тыс. т, что с учетом концентрации Si в сплаве суммарно дает 2,1 млн. т кремния.

В основном кремний производят в виде ферросилиция, который необходим при выплавке чугуна и стали как раскислитель жидких металлов, легирующий компонент и восстановитель металлов в шлаке. В некоторых пружинящих и жаропрочных сплавах концентрация Si достигает до 2 %, в сплавах для электросопротивлений — 0,5—5,0, в сплавах для отливок — до 17 %. Кремний и магний образуют лигатуру для получения ковких зернистых спла-

* Основы химии, т. 2, с. 138.

ЗАМЕТКИ НА ПОЛЯХ ● ЗАМЕТКИ НА ПОЛЯХ

■ Первые искусственные драгоценные и полудрагоценные камни были получены почти 100 лет назад с использованием случайно обнаруженной реакции возгонки AlF_3 и химического осаждения Al_2O_3 из газовой фазы. «Ферми (1890), — писал Д. И. Менделеев, — получил прозрачные рубины, кристаллизующиеся в ромбоэдрах и не отличающиеся по своей твердости, величине и другим свойствам от природных. Для получения рубина... смесь безводного глинозема, содержавшего большую или меньшую примесь едкого кали, с фтористым барием и двуххромовокалиевой солью... помещается в тигель и накаливается (от 100 часов до суток) в отражательных печах при температуре до 1500° . По окончании опытов в тигле оказывается кристаллическая масса, причем стенки покрыты кристаллами рубина прекрасного розового цвета» (Основы химии, т. 2, с. 422). Сейчас монокристаллы рубина диаметром около 15 мм (були) выращивают из расплава способом Вернейля, вытягивая их со скоростью 12—18 мм/ч. Широкое применение в технике находят также монокристаллы сапфира, иттрий-алюминиевого граната (алюмината иттрия).

■ Объем производства Al в 1906 г. превзошел 10 тыс. т, в 1916 г. — 100 тыс. т, в 1941 г. — 1 млн. т, в 1973 г. — 10 млн. т. В каком году будет достигнут рубеж в 100 млн. т?

■ Уже разработан технико-экономический доклад (черновой проект и экономические расчеты) по атомно-металлургическому комплексу

вов. Серый и ковкий чугун содержит 1,5—2,5 %, а специальные жаростойкие и коррозионностойкие сплавы — от 5 до 15 % Si. Ферросилиций используют при металлотермическом получении Mg и Ni, для легирования Al, Cu, Ni. Значительную часть кремния получают в виде карбида (карборунда) — химически инертного и тугоплавкого вещества, примерно 1/3 которого расходуется как абразивный материал, а остальное количество — при изготовлении теплозащитных устройств и нагревателей, а также в металлургии вместо ферросилиция. «Получают карборунд в виде прозрачных, блестящих зерен зеленого цвета, обладающих большой твердостью (больше, чем корунд), а потому нашедших себе применение для шлифовки твердых видов стали и камней ... Карборунд в краснокальном жаре не изменяется и не горит и, очевидно, приближается по свойствам к алмазу» *.

Кремний используют для производства таких промежуточных продуктов, как силаны, из которых затем получают силиконовые каучуки, смазки, пластомеры и дру-

* Основы химии, т. 2, с. 138.

ЗАМЕТКИ НА ПОЛЯХ ● ЗАМЕТКИ НА ПОЛЯХ

в составе АЭС, глиноземного и алюминиевого заводов с местом строительства на севере европейской части СССР.

■ Фирма «Боинг» при создании новых моделей аэробусов (757 и 767) планирует расширить производство композитов из алюминия, армированного волокнистыми материалами, а также алюминиевого сплава, содержащего для повышения прочности литий.

■ Пример комплексного использования сырья — применяемый на трех заводах нашей страны оригинальный метод получения глинозема из нефелина, позволяющий на каждую тонну Al_2O_3 выделить 0,2—0,3 т поташа, 0,6—0,8 т кальцинированной соды, 9—11 т портланд-цемента и 40 г галлия. При этом могут использоваться нефелиновые концентраты, получаемые как побочный продукт при обогащении апатитовых руд.

■ Советские предприятия выпускают слитки, проволоку и полосы алюминия марки А9999 чистотой 99,9999 %.

■ Высококачественный свинцовый хрусталь советских заводов, тот, что применяют для сувенирных изделий и посуды высших сортов, варят в присутствии борной кислоты, которая повышает его термическую и химическую устойчивость.

■ Волокна бора более совместимы с алюминием, чем графит, поэтому их применяют в композиционных материалах для винтов вертолетов и деталей крыльев самолетов.

гие вещества. Органические силикаты состава $(RO)_4Si$ — бесцветные легко гидролизующиеся вещества, используемые как связующие агенты, — впервые были получены Д. И. Менделеевым в 1860 г.

Высокоочищенный Si — незаменимый полупроводниковый материал. Хотя лишь около 1 % получаемого Si применяют в электронике, его значение для отрасли, да и для всей современной промышленности огромно. На основе Si создают диоды, транзисторы, большие и очень большие интегральные схемы. Кремниевые детали необходимы в солнечных батареях. Поскольку Si прозрачен в ИК-диапазоне, его используют в оптических системах.

Нитрид кремния — тугоплавкое и твердое соединение, чем и определяется его применение в композиционных материалах на основе металлов или оксидов. В керамических изделиях Si_3N_4 устойчив до 1400 °C.

Очень большое значение имеет и кремнезем. Чистый кварц — отличный пьезоэлектрик, и в каждом механизме часов «Электроника» бьется сердце из миниатюрного кварцевого резонатора. Кремнезем — основа современной стек-

ЗАМЕТКИ НА ПОЛЯХ ● ЗАМЕТКИ НА ПОЛЯХ

■ Малая плотность в сочетании с высоким акустическим импедансом (сопротивлением) делают B_4C почти незаменимым материалом для легких керамических кольчуг. Тысячи таких кольчуг уже используются в армиях западных стран.

■ Электрические цинк-бромовые батареи могут найти применение в электромобилях. Их емкость достигает 75 Вт·ч/кг. Создаются солнечные электрические системы, в которых кремниевые преобразователи излучения разлагают HBr , а Br_2 и H_2 используются затем в топливных элементах для выработки электроэнергии.

■ Первую устойчивую цену на золото (4 фунта и 20 пенсов за унцию) предложил и ввел не кто иной, как автор «Математических начал натуральной философии» хранитель Монетного двора И. Ньютон. Именно эта цена держалась до 1914 г.

■ Значительное количество золота добывают с помощью синтетических ионообменных смол из растворов после выщелачивания золотосодержащих руд. Об извлечении золота из хлоридных растворов впервые сообщалось в 1945 г., из цианидных — в 1949 г.

■ Золотые самородки находят не только в Бразилии и на Юге Африки. У нас в стране на прииске Чикой, по сообщению газеты «Прибайкальский рабочий», летом 1983 г. найден самородок в 571 г.

■ Бортовым источником питания на спутниках серии «Викинг» (США) служат 2 радиоизотопных генератора мощностью по 35 Вт, а также 4 никель-кадмиевых аккумулятора емкостью по 8 А·ч.

ловолоконной оптики. Силикагель — широко распространенный очищающий агент.

Следует упомянуть и силикаты, производимые в количестве более 1 млрд. т. Это портланд-цемент, силикатное стекло, растворимое стекло и др., т. е. основа всей строительной индустрии.

Вероятное мировое потребление кремния в виде металла и ферросилиция в 2000 г. оценивается в 5700 тыс. т.

ЛИТИЙ

Литий, занимая 28-е место по распространенности в земной коре, опережает иттрий, лантан и ниобий. «Только немногие довольно редкие минералы заключают его, — пишет Д. И. Менделеев, — в числе нескольких процентов, напр., в сподумене и в литинистой слюде» *. Недаром и сейчас большую часть получают из сподуменовых (сподумен $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$) концентратов, хотя в перспективе для этого

* Основы химии, т. 2, с. 40.

ЗАМЕТКИ НА ПОЛЯХ ● ЗАМЕТКИ НА ПОЛЯХ

Правда, после 5,5 лет эксплуатации у половины таких аккумуляторов наблюдается ускоренная потеря емкости.

■ Сейчас известно более 20 тыс. кремнийорганических соединений.

■ Силиконовые каучуки до затвердевания обладают очень хорошей текучестью, их используют для очень точного воспроизведения поверхности. С прозрачными силиконовыми каучуками связывают появление нового поколения контактных линз, корректирующих зрение. Обычные линзы мешают снабжению глаза кислородом (из-за отсутствия кровеносных сосудов глаз «дышит» непосредственно атмосферным воздухом), а силиконовые пропускают O_2 и CO_2 .

■ В 1960 г. рекордные по размеру монокристаллы имели массу 50 г, длину 15 см и диаметр 1,5 см. В 1978 г. получали монокристаллы чистого Si массой 17,5 кг, длиной 90 см и диаметром 10 см.

■ Новое слово в технологии Si — применение его в солнечных элементах в аморфном виде. При определенном режиме разложения SiH_4 в ВЧ-плазме удается получить аморфный Si, содержащий не большое количество водорода, что увеличивает фотопроводимость.

■ На основе Li и тионилхлорида (SOCl_2) созданы электрические батареи емкостью до 9500 А·ч и сроком сохранности 10 лет.

■ Добавки в электролит 1,5—4,0 % LiF увеличивают выход Al по току на 1—3 %, уменьшают расход электроэнергии на 4—7 % и снижают возгонку фтористых компонентов электролита на 20—50 %. Одновременно снижается расход анодов и увеличива-

могут быть использованы рассолы различных озер и даже некоторые глины. «В сподумене находится до 6 % Li_2O , в петалите и лепидолите, или литинистой слюде, — около 3 % Li_2O . Эта слюда встречается в некоторых гранитах в довольно значительном количестве и потому чаще всего употребляется для получения литиновых препаратов» *.

Запасы Li в капиталистических и развивающихся странах в 1979 г. составляли 2177 т. Основные зарубежные страны-производители литиевых концентратов — США, Бразилия, ЮАР, КНР, Зимбабве и Австралия. Недавно вступили в строй предприятия в Боливии и Чили.

Соединения Li используют при производстве Al как добавку к электролиту, снижающую его вязкость и температуру плавления. LiOH применяют при получении многоцелевых смазок, LiBr — осушающий агент в системах кондиционирования воздуха.

Литий — металл с атомом самого маленького размера. Всего три электрона содержатся на орбитах, окружающих его ядро. В природе существуют два стабильных изотопа ${}^6\text{Li}$ (около 7 %) и ${}^7\text{Li}$ (93 %). Первый из них — сырье для

Основы химии, с. 2, с. 351.

ЗАМЕТКИ НА ПОЛЯХ ● ЗАМЕТКИ НА ПОЛЯХ

еся срок службы электролизных ванн. Применение здесь лития, учитывая объемы производства алюминия, дает очень большой природоохранный и экономический эффект.

■ Руда уникального по своим запасам Волгоградского месторождения бишофита состоит почти целиком из $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ с небольшими примесями других хлоридов и бромидов. Рассолы здесь будут получать методом подземного выщелачивания и перерабатывать их на MgO для огнеупоров с одновременным производством брома и строительных материалов.

■ В 1971 г. фирма «Америкен магнезиум компани» купила советскую лицензию на применение бездиафрагменных электролизеров и обслуживающего их оборудования. Такие электролизеры позволяют увеличить производительность труда на 20—30 %, снизить расход энергии на 2 тыс. кВт·ч/т и упростить обезвреживание отходящих газов при получении магния.

■ Громадные запасы Mn (до 25 млрд. т) сосредоточены в железомарганцевых конкрециях. Эти бурые, почти черные пористые сферические образования диаметром 2—5 см были обнаружены еще во времена Д. И. Менделеева в Тихом и затем в Атлантическом и Индийском океанах. Их долгое время считали геологическим курьезом, интересным лишь для науки. Усредненные данные анализа показывают, что конкреции из 50 участков Тихого океана содержат 24,2 % Mn , 14,0 % Fe , 9,4 % Si , 2,9 % Al , 2,6 % Na , 1,9 % Ca ,

получения трития — тяжелого изотопа водорода. Тритий образуется при облучении этого изотопа нейтронами и используется в ядерных реакциях синтеза.

Некоторое применение находят сплавы с добавками Li, в частности на основе Mg, Ca, Al и других металлов. Органические производные лития — *n*-бутиллитий и втор-бутиллитий — используют в производстве синтетического каучука. Большие количества лития потребляет керамическая промышленность, производство некоторых видов стекла, глазурей и эмалей.

Литий приобретает все большее значение как металл для новой энергетики. Широкое применение могут найти соединения и сам Li при изготовлении химических источников тока. Добавки LiOH увеличивают электрическую емкость щелочных аккумуляторов. Литий может быть анодом или компонентом анода высокотоковых источников, входить в состав электролитов (в виде, например, LiPF_6 или LiAsF_6). Такие батарейки работают в кардиостимуляторах (стимуляторах работы сердца), калькуляторах, электронных часах, а также в различных аэрокосмических установках. Использование литиевых аккумуляторов, воз-

ЗАМЕТКИ НА ПОЛЯХ ● ЗАМЕТКИ НА ПОЛЯХ

1,7 % Mg. Когда же заинтересовались концентрацией цветных металлов и оказалось, что в конкрециях содержится около 1 % Ni; 0,5 % Cu и 0,3 % Co, а также более чем по 0,05 % V и Mo, то их стали рассматривать потенциальным источником именно этих металлов и только затем самого Mn.

■ На предприятиях медной промышленности из руд извлекают 19 компонентов (Au, Ag, S, Se, Te, Re, Mo, цинковые и свинцовые концентраты и др.). Доля попутной продукции в 1975 г. на отечественных предприятиях превышала 40 %. С 1965 по 1975 г. выпуск продукции на единицу перерабатываемого сырья возрос в 1,5 раза.

■ Д. И. Менделеев предложил первый геотехнологический процесс — подземную газификацию угля. Сейчас все шире применяют извлечение металлов путем подземного выщелачивания руд. Химическим реактором служат здесь геологические образования подземлей. В рудный пласт по специальным скважинам подают раствор, например серной кислоты, а из других скважин откачивают раствор, содержащий металл. Таким методом, практически не нарушая ландшафта и не производя горных работ, подъема, измельчения и обогащения руд, добывают почти пятую часть меди. Особенно эффективно подземное бактериальное выщелачивание меди, используемое в СССР, в частности, на Дегтярском руднике. Подземные

можно, приблизит эру электрических автономных источников энергии на транспорте.

Карбонат лития в смеси с карбонатом калия перспективен как электролит в топливных элементах. Расплавленные LiF и LiBeF_4 — потенциальная рабочая среда и теплоноситель урановых ядерных реакторов нового типа.

МАГНИЙ

В таблице распространенности элементов магний — 7-й по счету. «Между двухатомными металлами первое место по распространению в природе занимают магний и кальций» *. Его концентрация в литосфере составляет более 2%. В то же время в морской воде концентрация Mg в виде его дихлорида колеблется от 0,1 до 0,4 %, в рассолах доходит до 33 %. К магниевому сырью относят, помимо рассолов, доломит (12—13 % MgO) и карналлит ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), в больших количествах сосредоточенный, например, в Верхнекамском месторождении, о котором говорилось в статье Калий. В работах Д. И. Менделеева упоминаются такие магни-

* Основы химии, т. 2, с. 49.

ЗАМЕТКИ НА ПОЛЯХ ● ЗАМЕТКИ НА ПОЛЯХ

«котлы» можно и обогревать, создавая специальные горелки в толще недр.

■ В 1978 г. появились сенсационные сообщения о том, что хлорид меди CuCl при давлении 40 кбар приобретает металлические свойства и при температурах, намного более высоких, чем для остальных сверхпроводников, становится в их число. Однако ряд эффектов оказался необратимым, и сейчас неясно, состоялась ли сенсация. Появление металлических свойств могло быть обусловлено диспропорционированием на CuCl_2 и Cu .

■ В 1931 г. были выпущены первые советские монеты из Ni (10, 15 и 20 коп.). Затем были выпуски с измененным рисунком в 1935 г. Монеты 1961 г. и юбилейные монеты последующих лет были уже из медно-никелевого сплава.

■ Большая часть современных сверхпроводящих материалов — это сплавы Nb с Ti (в Великобритании — с 56 %, США — 53,5 %, ФРГ — с 50 % Ti). Для температур выше 4,2 К более перспективными считаются Nb_3Sn и Nb_3Ge . Области применения — термоядерные установки, МГД-генераторы и ускорители высоких энергий. Уже изготовлены магниты массой до 300 т.

■ К рению по свойствам очень близок технеций. В связи с дефицитностью Re и высокими темпами развития ядерной энергетики возникла возможность замены Re , добываемым из отходов АЭС,

вые минералы, как каинит, шенит (см. Калий), кизерит $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и астраханит $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Вообще запасы магниевых сырья безграничны.

Общее мировое производство технического магнезита (MgCO_3) составляет 10,2 млн. т, магнезии (MgO) — 2,2 млн. т, а металлического магния — около 200 тыс. т. Около $\frac{2}{3}$ Mg получают электролизом, остальное — силикотермическим восстановлением.

Основные области применения Mg — легирование сплавов Al. На эти цели расходуется почти половина получаемого металла, на производство собственных сплавов идет около 20 %, на раскисление сталей и очистку их от серы — 2 %. Кроме того, он используется для восстановления титана из тетрахлорида, металлотермического получения других металлов, для обезвреживания органических веществ, в пиротехнике и для получения магниорганических соединений.

Сплавы магния, например известный уже более 70 лет электрон, отличаются малой плотностью, высокой удельной прочностью, отличной обрабатываемостью и способностью поглощать энергию удара или вибрации. В СССР

ЗАМЕТКИ НА ПОЛЯХ ● ЗАМЕТКИ НА ПОЛЯХ

слаборадиоактивным технецием. Природный элемент заменяется искусственно полученным.

■ В производстве Pb (основной способ — плавка) попутно извлекают свыше 10 элементов, а на Усть-Каменогорском свинцово-цинковом комбинате им. В. И. Ленина — более 17 элементов. Извлечение Pb на передовых заводах составляет 97—98 %, Cu — до 97, Zn — до 95, Bi — до 97, Ag и Au — до 98%. Получают также Te, Hg, Sb, Cd, S, ряд редких (включая редкоземельные) металлов.

■ СССР был пионером в создании и освоении хлорирования титановых шлаков. На Соликамском магниевом заводе для хлорирования были впервые созданы оригинальные установки с расплавом, что повысило производительность аппаратуры в 2—3 раза и позволило получать до 100 т TiCl_4 в сутки.

■ Большая серия новых титановых сплавов, разработанная в нашей стране, позволяет существенно снизить массу конструкций. Такие сплавы были широко использованы для изготовления ответственных деталей аппаратов «Луна-16» и «Луна-17», а также ходовой части луноходов.

■ В производстве Zn (основной способ — гидрометаллургический) попутно извлекают более 10 элементов и выпускают 15—17 видов товарной продукции. Наибольшей эффективностью в этом отношении отличаются Усть-Каменогорский свинцово-цинковый комбинат им. В. И. Ленина и Челябинский электролитный цинковый завод им. С. М. Кирова.

более $\frac{1}{5}$ Mg используют в производстве деталей автомашин. В дальнейшем ожидается снижение массы автомобилей за счет замены чугунных деталей и изделий на магниевые. При одинаковой прочности 2 кг Mg могут заменить изделиях 3 кг Al.

МАРГАНЕЦ

Содержание марганца в минералах земной коры меньше, чем магния и титана, но больше, чем фосфора и фтора. По распространенности он 11-й элемент.

«Марганец принадлежит к числу металлов, широко распространенных в природе, особенно там, где находится железо, руды которого часто содержат подмеси соединений MnO » *. Пиролюзит (MnO_2) — «важнейшая в практическом отношении руда марганца... затем марганец встречается в виде Mn_2O_3 , составляющей минерал гаусманит. Окись марганца Mn_2O_3 встречается также в природе как безводная под названием браунита, так и водная, $Mn_2O_3 \cdot nH_2O$ называемая манганитом» **. Вообще марганец входит в состав более чем 150 минералов, важнейшие из которых — пиролюзит, манганит $MnO(OH)$ и псиломелан $MnO \cdot MnO_2 \cdot xH_2O$.

Запасы марганца в известных на 1980 г. месторождениях оценивались в 2,7—2,8 млрд. т. Месторождения имеются в СССР, ЮАР, Габоне, Бразилии, Австралии, Мексике, Марокко и некоторых других странах. «Марганцевые руды, — отмечал Д. И. Менделеев, — встречаются в России в таком изобилии (Урал, Киргизские степи, Днепровские устья, Кавказ и др.) и в такой чистоте, какие неизвестны доныне нигде. Особенно славится этими рудами Шаропанский уезд Кутаисской губ., откуда вывозится через Батум преобладающая масса этих руд во все края света, где марганцевые руды применяют при выделке стали, особенно для освобождения от серы, бывшей в чугуне... Русская добыча составляет 44 % противу мировой и имеет особое значение для дальнейшего развития у нас сталльного и химического производств» ***.

Мировая добыча Mn в 1980 г. составила около 5 млн. т, а добыча руд — примерно 25 млн. т.

* Основы химии, т. 2, с. 244.

** Там же, с. 245.

*** Учение о промышленности, с. 90.

Основная область применения Мп — металлургия. Он служит легирующим элементом, раскислителем стали и реагентом, связывающим и удаляющим из сплава примеси серы. Широко известны такие сплавы, как манганин (11,5—13,5 % Мп, 2,5—3,5 % Ni, остальное — Cu), марганцовистая бронза (1,5—8,5 % Мп) и латунь (0,5—1,2 % Мп). Манганин применяется «для проволоки в магазинах гальванического сопротивления, потому что сопротивление этого сплава (после многократного нагрева до 120 °С) очень мало изменяется при обыкновенной комнатной температуре. Сплавы меди с Sn и Zn (бронза) от подмеси Мп или ферромарганца (марганцевая бронза) приобретают высшую твердость и способность видоизменять по желанию их свойства, а поэтому ныне часто применяются во многих бронзовых изделиях» *.

Все марганцевые руды подразделяют на руды для металлургии, производства химических продуктов и использования в сухих батареях.

Марганцово-цинковые батареи — элементы Лекланше ($\text{Zn}/\text{NH}_4\text{Cl}$, $\text{ZnCl}_2/\text{MnO}_2$) — известны около 100 лет. Они дешевы, содержат доступные вещества и работают в широком диапазоне температур. Для расширения их производства на Руставском азотно-туковом заводе осваивается выпуск электролитического MnO_2 .

При изготовлении батарей применяется рудный MnO_2 , активированный MnO_2 и синтетический MnO_2 . Общее количество потребляемой для этого руды составляет 200—250 тыс. т в год. Синтетического MnO_2 производится около 115 тыс. т.

На производство химикатов ежегодно расходуется около 800 тыс. т марганцевых руд. MnO_2 используют как окислитель при переработке урановых концентратов, в производстве гидрохинона, для осветления стекла. Соединения марганца применяют при получении пигментов, керамики, при печатании рисунков на хлопчатобумажных тканях, в производстве олифы. Соли Мп, в частности KMnO_4 , используют как окислители, средства для дезинфекции и отбеливания, в производстве сахара, лаков, ароматических и других веществ. Применяются они и в сельском хозяйстве как протрава семян, удобрение (в виде $\text{MnSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$), средство для уничтожения вредителей.

Некоторую часть марганцевых руд (~10 тыс. т в год

* Основы химии, т. 2, с. 567.

используют в производстве марганцово-цинковых ферритов для фильтров и трансформаторов и других приборов в радиотехнике.

Соединения марганца применяют для получения окрашенного в розово-фиолетовый цвет стекла и цветных глазурей.

МЕДЬ

«Медь принадлежит к числу немногих металлов, давно известных в металлическом виде. Греки и римляне вывозили медь преимущественно с острова Кипра, отчего и произошло латинское название меди — *cuprum*» *. По концентрации в литосфере медь занимает только 26-е место, уступая идущим перед ней цинку, церию и никелю.

Из минералов меди Д. И. Менделеев упоминал закись (красную медную руду), окись (черную медную руду), малахит (медную зелень), медную синь, медный колчедан (CuFeS_2), пеструю медную руду (Cu_3FeS_3) и медный блеск (Cu_2S). «Богатые кислородные руды меди очень редки, чаще встречаются сернистые, но извлечение из них меди гораздо труднее **.

Подсчитано, что суммарное содержание Cu в земной коре составляет $3 \cdot 10^{13}$ т, а в участках с концентрацией меди не менее 0,25 % — $1 \cdot 10^{10}$ т (10 млрд. т). «Мы обладаем на Урале... на Кавказе... и в Киргизской степи исключительным изобилием медных руд, которые издревле, даже, вероятно, в «бронзовые века» подвергались разработке. Кавказские руды даже очень богаты (10—25 %), а уральские хотя и не так богаты... но зато чрезвычайно изобильны и доступны к обработке, особенно водным путем... Издавна известно, что на всем западном склоне Урала встречаются повсюду песчаники, пропитанные углемедной солью, но бедные медью, содержащие ее не более 2—3 %, а иногда и менее» ***.

Сейчас, помимо СССР, добыча меди ведется в США, Канаде, Чили, Перу, Замбии, Заире, Финляндии, Австралии, ЮАР, Новой Гвинее и в других странах. По данным на 1980 г., разведанные запасы меди в капиталистических

* Основы химии, т. 2, с. 290.

** Там же, с. 632.

*** Учение о промышленности, с. 84—85.

и развивающихся странах составляют примерно 440—456 млн. т.

В начале века нижний предел концентрации Cu в рудах, переработка которых считалась рентабельной, был около 5 %, в начале 70-х годов он упал до 0,6—0,8 %, а к концу века составит, по оценкам специалистов, 0,25 %. Чтобы получить 1 т меди, сегодня надо переработать 150 т руды.

В 1980 г. производство медных концентратов в расчете на медь в западных странах — ведущих производителей составляло около 6 млн. т.

Свойства меди, определяющие ее применение, были известны еще более 100 лет назад, а некоторые — даже в «бронзовом веке».

«Чистая медь, отличаясь большою электропроводностью (применяется для провода токов), мягка» *. Сплавы меди с некоторыми металлами, в особенности с цинком и оловом, давно получают прямым сплавлением в формы, куется и отделяются, легко отливаются, как медь; на воздухе же гораздо более постоянны чем сама медь, а потому заменяют ее в практическом употреблении.

Латунь содержит около 32 % цинка, обыкновенно в ней, однако не более 65 % меди... Ковкая латунь содержит около 40 % цинка... упомянем еще, что обыкновенная медная монета ради твердости содержит подмеси олова, цинка и железа ($\text{Cu}=95\%$)... В некоторых странах для разменной монеты берут серебристо-белый сплав (мельхиор, новое серебро, нейзильбер), употребляемый и для других целей и приготовляемый из латуни с никелем (от 10 до 20 % никеля, 20—30 % Zn , 50—70 % Cu) или прямо из меди и никеля, реже из сплава, содержащего серебро, никель и медь (альфенид) **.

«Медный купорос употребляют для смачивания зерен для посева, что, по утверждению практиков, препятствует развитию некоторых паразитов на растениях. В практике употребляют также значительные количества серно-медной соли для приготовления других медных солей, так, напр., некоторых красок, а особенно значительное количество идет в гальванопластике» ***.

В современной структуре потребления меди ведущее

* Основы химии, т. 2, с. 292.

** Там же, с. 298.

*** Там же, с. 297.

место принадлежит электротехнике и электронике, где расходуется примерно половина металла, $\frac{1}{6}$ потребляется в строительстве, столько же — для изготовления промышленного оборудования. Не менее 10 % Cu применяют на транспорте и довольно большое количество — для изготовления товаров массового спроса.

МЫШЬЯК

Мышьяк по концентрации в литосфере занимает 53-е место, находясь между бромом и гольмием, с одной стороны, и германием и вольфрамом — с другой. Он, по Д. И. Менделееву, «встречается в природе не только в виде соединений с металлами, но также свободный, хотя редко, также соединенный с серою, образуя два минерала: один красного цвета — реальгар As_2S_2 , другой желтого цвета — аурипигмент As_2S_3 . Реже мышьяк встречается в виде солей мышьяковой кислоты... попадает также в рудах железа, в некоторых глинах (в охре), открыт в небольших количествах в минеральной воде некоторых источников и т. д., но, вообще, в природе реже фосфора. Для добывания мышьяка употребляется чаще всего мышьяковистый колчедан FeSAs , который при прокаливании без доступа воздуха выделяет пары мышьяка, оставляя FeS » *. «Весьма часто встречаются соединения, заключающие металлы, мышьяк и серу. Иногда относительное количество мышьяка меняется, так что должно признать изоморфное замещение между мышьяковистыми и сернистыми соединениями» **.

Запасы As довольно велики. Во всем мире в медных и свинцовых рудах, из которых его и добывают попутно, содержится около 3 млн. т мышьяка. Помимо СССР, наиболее значительные производители As — Мексика, Швеция, Марокко, Филиппины, Намибия, США, Франция, Перу. Мировое производство соединений As в 1978 г. оценивалось в 30 тыс. т по элементу, в 1980 г. оно упало примерно до 27 тыс. т.

Мышьяк прочно и справедливо ассоциируется с ядом, именно ядовитые свойства определяют основные области применения этого элемента.

Почти 97 % As потребляется в виде различных его сое-

* Основы химии, т. 2, с. 180.

** Там же, с. 496.

динений, которые используются в сельском хозяйстве, в особенности при выращивании хлопка. Это гербициды, дефолианты, средства для подсушивания растений, инсектициды, препараты для стерилизации почвы, ядовитые приманки для насекомых, компоненты необрастающих красок для судов.

В основном применяют органические производные, например диметилмышьяковистую кислоту, в меньшей степени — арсенаты Ca и Pb , арсенит Na , ацетоарсенит Cu (парижская зелень).

Около 20 соединений As используют в промышленности для предохранения древесины от вредителей (арсенат Cu и Cr). As_2O_3 — флотореагент при разделении сульфидов Cu и Mo . До 5 % As_2O_3 потребляет производство стекла.

Небольшие количества соединений As — сырье при производстве препаратов для ветеринарии и фармацевтических средств, катализаторов в химической промышленности.

Элементарный As — добавка (5 %) к сплавам на основе Cu и Pb . «От 1 до $1\frac{1}{2}$ % мышьяка добавляют к свинцу при отливке дроби, чтобы сделать сплав более жидким»*. В электронной технике арсениды галлия и индия используют в полупроводниковых приборах, солнечных батареях, детекторах ИК-излучения, светодиодах и лазерах. Арсин — средство для легирования кремния.

НИКЕЛЬ

✓ Никель, являясь 25-м в списке элементов по концентрации в земной коре, расположен после цинка и церия, но перед медью. Его извлекают при переработке двух типов руд — сульфидных и окисленных. Основная часть их сосредоточена в окисленных рудах, доля которых в общем производстве металла составляет сейчас примерно 40 %, а к концу века увеличится до 60 %.

«Рудой никкеля служит купферниккель... известен никкелевый блеск. Никкель сопровождает руды кобальта, а кобальт сопровождает руды никкеля, так что эти два металла составляют взаимные спутники... На Урале (Ревдинск) найдены никкелевые руды, образованные водною кремнениккелевою солью»**.

* Основы химии, т. 2, с. 180.

** Там же, с. 271—272.

Основные страны-производители никеля (кроме стран — членов СЭВ) — Канада, Япония, Доминиканская республика, Австралия, Новая Каледония, Филиппины, ЮАР, Греция, Ботсвана, Зимбабве, США. Эти страны в 1978 г. произвели 490 тыс. т Ni в концентратах. Мировое производство Ni приближается по оценкам к 800 тыс. т. ✓

«Сплавы никкеля характеризуются свойствами, делающими их драгоценными для практики: из них особенно замечателен сплав никкеля с железом. В природе такой сплав встречается в метеорном железе. Палласовская масса метеорного железа, хранящаяся в Петербургской Академии и выпавшая в Сибири в прошлом столетии, весит около 50 пудов, содержит на 88 % железа и около 10 % никкеля» *.

Никель сыграл определенную роль в известном соревновании брони и снаряда. «Прибавка небольшого количества Ni к железу и стали увеличивает сопротивление разрыву и упругость, а потому для многих практических целей, напр., для брони военных кораблей, стали применять никкелевую сталь, содержащую до 3 % (но не более 10 %)» **.

«Сплавы, содержащие около 35 %... представляют коэффициент линейного расширения (на 1 °C) необыкновенно малый, около 0,00000122 при 10°... Это свойство сплава (он получил название *invar*) делает его драгоценным материалом для многих научных целей, напр., для изготовления основных мер длины, стержней маятников и т. п. Сплавы Ni с Cu при значительном содержании Ni обладают также белым серебристым цветом и пригодностью по многим применениям при изготовлении приборов... В практике употребляется преимущественно аргентан или мельхиор, новое серебро — сплав, содержащий никкель, медь и цинк в различных пропорциях, но обыкновенно... около 50 % Cu, 25 % Zn и около 20 % Ni.

Никкелевые сплавы употребляются для производства разменной монеты, и если будут открыты новые богатые месторождения никкеля, то этому металлу предстоит обширное практическое применение как в чистом состоянии (потому что он не ржавеет и красив), так и в форме сплавов»***.

Потребление Ni в капиталистических и развивающихся странах в 1981 г. составило 485 тыс. т.

* Основы химии, т. 2, с. 180.

** Об испытании морским ведомством брони из никкелевой стали говорится и в энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона,

*** Основы химии, т. 2, с. 275—276.

Распределение потребления никеля, %

Области потребления	1970 г.	1980 г.	1990 г. (прогноз)
Нержавеющие стали	45	52	53
Другие легированные стали	16	13	12
Сплавы цветных металлов	23	21	22
Никелевые покрытия	13	10	8
Прочее	3	4	5

Около 60 % Ni потребляется в виде ферросплавов. Области потребления довольно стабильны (табл. 5).

Более 85 % Ni извлекается пока пирометаллургическими методами, однако гидрометаллургические становятся все более рентабельными. В СССР на Норильском горно-металлургическом комбинате ведется промышленное освоение автоклавного выщелачивания пирротиновых концентратов.

Примерно $\frac{1}{5}$ потребляемого Ni в 1978 г. получали из вторичного сырья.

НИОБИЙ

Содержание ниобия в литосфере почти совпадает с содержанием азота, гелия и кобальта. Эти непохожие друг на друга элементы занимают 31-ю — 34-ю строки в списке по распространенности. «Ниобий и тантал находятся в виде солей кислот в редких минералах и преимущественно добываются из танталитов и колумбитов, встречающихся в Баварии, Финляндии, Северной Америке и на Урале, — отмечал Д. И. Менделеев. — Эти минералы заключают соли закиси железа, отвечающие ниобиевой и танталовой кислотам... в изоморфном смешении с закисью марганца»*.

Наиболее важными ниобиевыми и танталовыми минералами, помимо колумбита-танталита (больше Nb — колумбит, больше Ta — танталит), сегодня считают пирохлор, микролит и лопарит. Формулу колумбита можно представить как $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$. С пирохлором сложнее: это ниобат кальция, содержащий в виде изоморфных вклю-

* Основы химии, т. 2, с. 191.

чений значительные, но переменные количества Ce , Ti , U и редкоземельных элементов. Из минералов, в которых Nb и Ta содержатся в качестве примесей, практическое значение имеют ильменит, рутил, перовскит (титановые минералы), касситерит (оловянный камень) и вольфрамит.

Разведанные запасы Nb_2O_5 в капиталистических и развивающихся странах к началу 1968 г. оценивались не менее чем в 18 млн. т. Позднее были открыты богатейшие залежи пирохлора в Бразилии, оцениваемые в 47 млн. т Nb_2O_5 . Месторождения ниобиевых руд имеются также в Канаде, странах Африки (Кении, Заире, Мозамбике), в Малайзии и других странах.

В 1980 г. добыча ниобиевых концентратов в расчете на Nb_2O_5 составила 24,5 тыс. т (из них 19,5 тыс. т было добыто в Бразилии).

Основная область потребления Nb — сплавы, куда его вводят в виде феррониобия. Эти сплавы находят широкое применение в самолетостроении, ракетной и космической технике.

Все большее количество ниобия потребляется для производства малоуглеродистых сталей, высокопрочных низколегированных сталей для автомобилей, тягачей, машин-контейнеровозов, речных и морских судов, мостов и других промышленных объектов.

В меньших количествах производят ниобийсодержащие высоколегированные стали и инструментальные стали. Нержавеющие и жаростойкие стали с добавками Nb используют при создании нефтехимических предприятий. Небольшие, но постоянно увеличивающиеся количества Nb идут на сверхпроводящие стали.

Обладающий уникальными свойствами метаниобат лития LiNbO_3 в виде монокристаллов находит применение как пьезо- и сегнетоэлектрик. Из карбида ниобия изготавливают элементы для высокотемпературных нагревателей.

ОЛОВО

Олово и индий находятся в середине шестого десятка в таблице распространенности элементов в литосфере. Оба они опережают висмут, кадмий и ртуть.

«Олово встречается в природе редко, — читаем мы у Д. И. Менделеева, — в жилах древних пород, почти исключительно в виде окиси SnO_2 , называемой оловянным кам-

нем. Наиболее известные его месторождения составляют Корнваллил и Малакка в Индии. У нас найдены оловянные руды в незначительных количествах на берегу Ладожского озера, в Питраканте и др.» *.

Месторождения Sn делятся на россыпные (оловянного камня) и коренные. Важнейшие из них сосредоточены в одном регионе, который как бы опоясывает земной шар и называется Тихоокеанским оловянным поясом. На западе Тихого океана он проходит через мыс Дежнева, Сибирь, Японию и страны Юго-Восточной Азии, на востоке, в районе относительно малочисленных месторождений, он охватывает Аляску, часть Канады и США, Мексику, Аргентину. Многочисленными и крупными месторождениями Sn располагает Боливия. Добывают Sn и на восточном побережье Атлантического океана (Великобритания, Испания, Португалия, Нигерия, Заир, ЮАР), а также в ЧССР и ГДР. Основной производитель оловянных концентратов — Малайзия. Найдены крупные месторождения Sn в Бразилии. ✓

По данным на 1 января 1977 г. общие мировые запасы Sn в рудах — 6,7 млн. т, в том числе 2,9 млн. т — разведанные и вероятные.

По Д. И. Менделееву, производство олова в мире с 1884 по 1894 г. выросло с 45,1 до 76,8 тыс. т. Доля России была ничтожной: в год наибольшего развития производства (1888) оно не достигало и 20 т **. В последующие годы рост выпуска олова был сравнительно небольшим.

Для получения 1 т Sn сегодня перерабатывается 1500—2500 т руды.

Области потребления олова за 100 лет изменились мало. «Вследствие тягучести [из олова] легко приготавливаются кованием и прокатыванием весьма тонкие листы (листовое олово, станиоль), которыми нередко обертывают многие продажные предметы для защищения их от доступа влаги и т. п.» ***.

«Олово с медью дает бронзу или сплав, находящий огромное применение в практике. Бронза имеет разные цвета и различные физические свойства, смотря по относительному содержанию олова и меди. При избытке меди сплав желтого цвета, подмесь олова придает меди значительную

* Основы химии, т. 2, с. 149.

** См.: Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона, т. 42, с. 896.

*** Основы химии, т. 2, с. 150.

твердость и упругость. Сплав, содержащий 78 % меди и около 22 % олова, столь упруг, что применяется при отливке колоколов, для чего нужны, конечно, весьма упругие и твердые сплавы. Для отливки статуй и различных больших и малых предметов украшения употребляют сплавы, содержащие около 2—5 % олова, 10—30 % цинка, 65—85 % меди. Олово применяется также (чаще в сплаве с небольшим количеством свинца) для получения так называемой оловянной посуды, игрушек и т. п.» *.

«Из сплавов Cu и Sn значительной упругостью и, следовательно, звучностью отличаются сплавы, подвергшиеся быстрому охлаждению, содержащие около 20 % олова... Вследствие твердости подобных сплавов их употребляют также для отливки артиллерийских орудий, подшипников и т. п., а потому сплавы, содержащие в 100 ч. около 11 ч. олова, носили название артиллерийского металла. Прибавка малого количества, до 2 % фосфора делает бронзу тверже и упруже, отчего и стали применять фосфористую бронзу» **. Следует оговориться, что бронза в артиллерии сегодня вряд ли применяется широко. А вот жести требуется все больше и больше.

«Жесть готовят, погружая совершенно очищенные, посредством кислот и механических средств, железные листы в расплавленное олово. Если после того слой олова быстро охлаждать, напр., брызнув водою, то олово кристаллизуется разнообразными звездчатыми фигурами, которые становятся очевидными, когда такую жесть погрузить сперва в слабую царскую водку, а потом в раствор едкого натра» ***. Описанные Д. И. Менделеевым фигуры наверняка знакомы многим. Но надо сказать, что в настоящее время большую часть жести получают электролитически.

«Восстанавливающею способностью (дихлорида олова—Э. Р.) пользуются в практике, особенно в красильном деле» ****, а дисульфид олова «в безводном состоянии имеет вид золотисто-желтых блестящих пластинок... Он употребляется иногда под названием сусального золота для дешевой позолоты деревянных изделий» *****.

* Основы химии, т. 2, с. 150.

** Там же, с. 467.

*** Там же, с. 466.

**** Там же, с. 152.

***** Там же, с. 469.

Таблица 6

Области потребления олова, %

	СССР	США	Велико- британия	Франция	ГДР	Япония
Белая жечь	33,2	47,4	46,4	47,8	34,3	50,0
Припой	26,5	25,5	8,0	22,6	11,5	28,6
Баббит	9,4	3,6	15,0	4,4	2,4	7,0
Латунь и бронза	6,4	8,8	11,5	8,8	2,0	7,1
Изделия из олова	3,5	3,5	—*	—	—	—
Тюбики, фольга, листы	0,5	2,0	1,5	—	—	—
Типографский сплав	0,6	0,1	3,5	—	—	—
Прочие	19,9	9,1	14,1	16,4	49,8	7,3

* Прочерки означают отсутствие данных.

Среди областей потребления Sn, кроме названных в табл. 6, — производство модифицированных антифрикционных, жаростойких и пружинных сплавов, композиционных материалов, полупроводников. Сплавы с Nb, In, Mn обладают сверхпроводниковыми свойствами.

Неорганические соединения Sn находят применение в фотографии, в составе глазурей, как замедлители горения и дымообразования. Некоторые органические соединения Sn применяют в медицине.

РЕНИЙ

На переходных металлах VII группы периодической системы — марганце, технеции и рении — природа, кажется, проявила свою широту и разнообразие. Марганец, как уже говорилось, довольно распространенный элемент земной коры, рений замыкает восьмой десяток по распространенности, а технеций вообще не имеет стабильных изотопов и в природе практически отсутствует.

Собственных минералов, кроме открытого в СССР очень редкого джезказганита, Re не имеет и находится в виде изоморфной примеси в сульфидных молибденовых и медных порфириновых рудах. В сырье, из которого извлекается Re, его концентрация колеблется от 0,0025 до 0,17 %, причем руды с 0,1 % (1 кг/т) и большим содержанием считаются очень богатыми.

Запасы Re в начале 70-х годов оценивались в 1,0—1,4 тыс. т. Однако именно в то время хорошо поработали геологи, и к 1978 г. разведанные запасы увеличились до 3175 т. Кроме того, в перспективных месторождениях содержится по оценкам более 7 тыс. т Re.

Рений, названный Д. И. Менделеевым дву-марганцем, очень сильно отличается от марганца по химическим свойствам. Природа наделила его определенным «благородством» — высокой химической устойчивостью, почти рекордной температурой плавления и способностью растворяться во многих редких металлах.

Промышленное извлечение Re ведется в СССР, ГДР, США, ФРГ, Великобритании, Франции, Бельгии, Швеции, Чили и Японии. В 1980 г. мировое производство Re (без СССР и ГДР) составило 7,9 т.

Быстро увеличивалось и потребление Re. Основной потребитель — производство катализаторов для риформинга нефти. Здесь Re используют вместе с Pt. Его применение позволяет примерно вдвое сократить расход этого драгоценного металла. В СССР создан катализатор, промотированный Re. После начала промышленного применения ренийевых катализаторов несколько уменьшился процент использования Re для сплавов. Композиции на основе Mo, W, Ta, Co, Ti с добавками Re используют для изготовления лопаток турбореактивных двигателей, теплозащитных экранов, деталей электронных ламп, нагревателей высокотемпературных печей, электродов термопар для измерения высоких температур и т. д. В СССР, например, в электровакуумной технике применяют вольфрамовые сплавы с рением ВАР-5 и ВР-20.

СВИНЕЦ

Занимая 35-ю строку в перечне элементов по концентрации в литосфере, свинец уступает кобальту и лишь на немного опережает торий и бор.

«Свинец, хотя и редко, но зато значительными массами, встречается в природе в виде свинцового блеска PbS ... угольная соль, $PbCO_3$, встречается иногда большими массами, особенно на Алтае. Обработка сернистого свинца ведется нередко для добычи содержащегося в нем серебра, но,

однако, и сам свинец имеет обширное приложение в практике, а потому эта добыча идет в огромных размерах» *.

В 1888 и 1898 гг. мировое производство Pb составляло 525 и 781 тыс. т. В числе ведущих производителей тогда были США (138 и 201 тыс. т) и Испания (129 и 179 тыс. т). «В отношении к свинцу, — писал Д. И. Менделеев, — русское производство ничтожно (2—3 тыс. т в год), а Россия потребляет ежегодно около 40 тыс. т» **.

Особенность металлургии свинца в том, что переработка вторичного сырья занимает в ней довольно значительное место. Добыча свинцовых руд в капиталистических и развивающихся странах составляет около 2,5 млн. т по металлу, выплавка рафинированного Pb — около 4,0 млн. т. Основной вид вторичного свинцового сырья — аккумуляторный лом.

Свинец «представляет металл, трудно изменяющийся от химических деятелей и, будучи способен спаиваться и вытягиваться в листы, трубы и т. п., весьма драгоценен для многих... технических применений» ***. Он «находит применение в практике отчасти вследствие своего значительного относительного веса, для отливки, в смешении с небольшим количеством других металлов, пуль и дроби. Значительное количество его употребляется для извлечения серебра и золота из бедных руд (вместо ртути) и для химических препаратов, в особенности белил и желтого кро-на, или хромсвинцовой соли $PbCrO_4$, отличающейся резким желтым окрашиванием, вследствие чего эта краска и употребляется в значительном количестве в красильном искусстве, преимущественно для окраски бумажных тканей в желтый цвет» ****.

«Из основных солей окиси свинца наиболее распространена углекислая соль, или свинцовые белила, имеющие важное в практике свойство так называемой кроющей способности, какая не замечается в других порошковых телах. Эта способность состоит в том, что малое количество свинцовых белил, смешанное с маслом, распределяется равномерно, и при наложении такой смеси на поверхность (напр., дерева или металла) она не просвечивает (напр., прожилки дерева)» *****. В России производство белил воз-

* Основы химии, т. 2, с. 155.

** Учение о промышленности, с. 90.

*** Основы химии, т. 2, с. 156.

**** Там же с. 470.

***** Там же, с. 159.

никло примерно в 1800 г. Центром его был г. Ярославль, имевший несколько заводов.

Сурик «употребляется в значительном количестве в практике, потому что представляет довольно прочную желтоватую краску, употребляемую для окраски смол (шеллака, канифоли и др.), составляющих сургуч, и для состава очень прочной масляной краски, употребляемой в особенности для окраски металлов, преимущественно потому, что высыхающие масла... с суриком, как и со многими свинцовыми солями, скоро сохнут» *.

А вот рекомендуемый Д. И. Менделеевым состав замазки. «Смешивая очень мелко растертый глет с глицерином (на 50 г глета 5 куб. см безводного глицерина), получают очень быстро (2 минуты) твердеющую свинцово-глицериновую замазку, не растворимую ни в воде, ни в маслах и пригодную при составлении приборов» **. Напомним, что сурик — это ортоплюмбат свинца Pb_3O_4 , а глет — низкотемпературная модификация PbO , имеющая красный цвет.

Сегодня многие традиционные области применения свинца и его соединений отошли на задний план. Вместо свинцовых красок применяют составы на основе Fe_3O_4 и TiO_2 , вместо свинцовых емкостей для перевозки H_2SO_4 — сплавы цветных металлов и пластики. Основной потребитель Pb сейчас — производство аккумуляторов. Около 7—10 % свинца в мире расходуется на производство тетраэтилсвинца — добавки в бензин. Однако эта статья расхода резко сокращается в связи с ужесточением требований охраны окружающей среды. Уменьшается потребление металла для освинцовывания кабелей, производства типографского шрифта, припоев и подшипников.

ТАНТАЛ

Средняя концентрация тантала в земной коре на порядок меньше, чем ниобия. Тантал и уран делят 49-е и 50-е места по распространенности. Но встречается тантал в природе только вместе с ниобием, поэтому об основных его минералах упоминалось в статье «Ниобий». Месторождения танталита, одного из главных танталовых минералов,

* Основы химии, т. 2 с. 160.

** Там же, с. 471.

разрабатывают в Бразилии, Мозамбике, Заире, ЮАР, Канаде и Австралии. Единственное промышленное месторождение микролита, частично замещенного ниобием и железом танталата CaTa_2O_6 , находится в Зимбабве. Важнейшим источником тантала служат также содержащие до 5,5 % этого металла шлаки оловянных заводов Малайзии и Заира. В начале 70-х годов учтенные природные запасы танталовых руд в капиталистических и развивающихся странах в пересчете на металл составляли 56,7 тыс. т.

Получение первичного тантала из руд сопряжено с большими трудностями. Прежде всего нелегко получить богатые мономинеральные концентраты, очень непросто провести их растворение (для этого используют фтористоводородную кислоту), затем надо преодолеть проблемы очистки смеси ниобия и тантала от сопутствующих примесей, разделение самих ниобия и тантала (а их химические свойства практически не отличаются), наконец получить металл, не теряя его со шлаками и другими побочными продуктами. Ради чего все это делают? Тантал тугоплавок, но плавится лишь примерно на 550°C выше, чем ниобий, да и химически не намного более устойчив. В чем же индивидуальная особенность, красота этого элемента? Ответ можно найти, рассматривая области применения тантала.

Более половины Ta потребляется в электронике, причем в основном для изготовления высокочастотных танталовых конденсаторов.

Диэлектрические свойства тончайшей (толщиной порядка 10^{-6} мм) оксидной пленки на поверхности танталового анода конденсатора гораздо лучше, чем у оксида алюминия. Танталовые аноды можно спекать из тонкодисперсного порошка. Они более устойчивы в жидком электролите (H_2SO_4 и др.) Их можно использовать и в сочетании с сухим электролитом (MnO_2). Все это обуславливает возможность изготовления высокочастотных конденсаторов очень маленьких размеров — на один-два порядка меньших, чем алюминиевые. В 1974 г. в капиталистических странах производство таких конденсаторов составляло 1,4 млрд. штук.

Тантал химически стоек. Он превосходит по стойкости ниобий и не растворяется в серной, соляной, азотной кислотах и даже в царской водке. Поэтому значительные его количества идут на изготовление химической аппаратуры.

Жаропрочные сплавы, содержащие 1—5 % Ta, приме-

няют в производстве ответственных деталей реактивных двигателей — лопаток турбин и камер сгорания. Легированные Та сплавы применяют в космической и атомной технике. В жаропрочных сплавах для режущих инструментов используют карбид тантала — одно из самых тугоплавких химических соединений (его температура плавления — около 3990°C).

ТИТАН

Титан — 10-й по содержанию в земной коре элемент. Известно около 110 минералов, содержащих Ti. «Титан встречается в природе в виде TiO_2 как подмесь кремнезема... но находится также и отдельно в виде полуметаллического рутила TiO_2 (также в виде диморфных с ним анатаза и брукита). Другой минерал... титанистый железняк (в Ильменских горах Южного Урала, называемый ильменитом) FeTiO_3 ... Третий минерал... CaTiSiO_5 называется сфен, или титанит. Четвертый, но редкий (на Урале и в немногих других местах) титановый минерал состоит из титаново-известковой соли CaTiO_3 » *.

Мировые запасы Ti (без учета социалистических стран) в конце 70-х годов составляли 1500—2000 млн. т в пересчете на TiO_2 . СССР обладает мощной сырьевой титановой базой.

В виде рутила — наиболее концентрированного титанового сырья — содержится лишь около 3 % известных запасов. Поэтому титановая промышленность ориентирована на ильменит и титано-магнетит.

В середине 70-х годов мировое (без СССР) производство природного рутила составляло около 400 тыс. т в год, 90 % из которых имело австралийское происхождение (кроме того, он добывался в США, Шри Ланке, Бразилии и Индии). Годовая добыча ильменита в то же время была в 10 раз выше. Он производился в Канаде, Австралии, Финляндии, Малайзии, Норвегии, Испании, Шри Ланке, Индии. Объем производства ильменита высшего сорта в 1976 г. составил 180 тыс. т. Источником Ti служит и титановый шлак, содержащий 70—72 % TiO_2 .

Основное количество титановых концентратов перерабатывается на чистый диоксид, который используют в

* Основы химии, т. 2, с. 162.

производстве красок (65 %), как наполнитель пластмасс (15—18 %), бумаги (10 %), а также при получении стекла, керамики и в текстильной промышленности. Только около 6 % добываемых титановых концентратов идет на выплавку металла.

Наиболее «емкие» потребители титана — производства авиационных газотурбинных двигателей. Оболочки сопел изготавливают из чистого Ti , клапаны, диски, втулки, распорки, уплотнения и лопатки — из сплава $Ti-6Al-4V$. Различные сплавы идут на фюзеляжи. Из Ti и его сплавов делают криогенные баки для жидкого топлива, детали кожухов для твердотопливных смесей, носовых конусов, серводатчиков и гироскопов, а также других деталей ракет. Из сплава $Ti-5Al-2,5Sn$, по данным иностранных журналов, изготавливают броню для военных машин и пуленепробиваемые жилеты, ведь металл относительно легкий. Титан используют при изготовлении морских судов.

В промышленности около половины потребляемого Ti идет на теплообменники, работающие в сильно агрессивных средах, в частности на конденсаторы установок по обессоливанию воды. Изготовление электродов и химического оборудования потребляет еще 10—15 % Ti .

По прогнозам уровень мирового потребления титана в 2000 г. может достигнуть 1 млн. т.

ФТОР

Фтор — литофильный элемент. Его почти нет в атмосфере, нижней части мантии и ядре Земли. Во внешней же оболочке толщиной 1 км содержится 10^9 млн. т фтора. Суммарное содержание F почти в 4 раза превышает содержание Cl , больше чем в 10^5 раз — содержание Cu и Zn и в 40 раз — Pb . По распространенности фтор занимает 33-е место.

Изоморфно замещая ионы OH^- , O^{2-} или Cl^- , фтор входит в состав примерно 50, а по некоторым — данным даже 100 минералов. «В малых долях F входит в состав многих минералов, напр. апатита и вообще фосфоритов, амблигонита, топаза, лепидолита, амфибола, амианта и пр.» *. Существуют минералы и собственно фтора, однако большинство их редки (криолит Na_3AlF_6 , хиолит $5NaF \cdot 3AlF_3$, вил-

* Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона, т. 72, с. 838.

лиомит NaF , селлаит MgF_2 , иттрофлюорит и другие разновидности CaF_2 и т. д.), и лишь флюорит CaF_2 широко распространен. «В природе находится довольно часто, в жилах гор, нерастворимый в воде фтористый кальций CaF_2 , носящий название плавикового шпата» *. «Находится плавиковый шпат в горных жилах и породах, иногда довольно значительными массами» **.

В 1978 г. мировые запасы флюорита в промышленных рудах оценивались по фтору в 4,6 млн. т, а с учетом потенциальных руд — в 78,0 млн. т.

В СССР залежи флюорита имеются в Узбекской, Таджикской, Казахской ССР, в Забайкалье, Приморском крае, Ненецком автономном округе. Давно разрабатывается Такобское месторождение в Таджикистане, заслуживает упоминания Таскайнарское месторождение в Южном Казахстане.

Несколько большие количества фтора сосредоточены в природных фосфатах — фосфорите и апатите. Несмотря на малое количество фтора в концентратах (не более 3,5—4,2 %), суммарные доступные для извлечения запасы составляют 71,7 млн. т фтора, а с учетом потенциальных месторождений — 345 млн. т.

Добыча флюоритовых руд и производство концентратов довольно велики (около 4 млн. т без учета доли стран — членов СЭВ). Ведется промышленная утилизация фторидов и на суперфосфатных заводах.

В некоторых производствах флюоритовые концентраты потребляются непосредственно, в других — действием серной кислоты превращаются во фтористоводородную кислоту или безводный HF . Эти два вещества — основные реагенты для получения различных фторидов.

В начале века фтор в виде флюорита использовали для выплавки стали, немного позже в виде безводного криолита — при получении алюминия. В самом конце 20-х годов был налажен промышленный выпуск фтористоводородной кислоты для получения искусственного криолита и трифторида алюминия, в 40-х годах стал выпускаться и безводный фтористый водород (служивший основным реагентом при получении фторорганических веществ и элементарного фтора).

* Основы химии, т. I, с. 340.

** Там же, с. 610.

Фториды широко применяют в черной и цветной металлургии, в химической промышленности, атомной технике, при производстве керамики и строительных материалов, а в последнее время — при изготовлении электронных и оптических приборов, в электротехнике и во многих других отраслях. Флюорит по-прежнему — незаменимый флюс при выплавке стали.

Добавки фторидов снижают температуру плавления шихты и служат глушителями стекла. В производстве керамики CaF_2 — минерализатор — вещество, ускоряющее образование кристаллов нужных продуктов. Добавки CaF_2 при производстве портландцемента снижают затраты энергии, увеличивают производительность печей и улучшают качество продукта.

Большие количества флюоритовых концентратов расходуются на производство фтористоводородной кислоты и HF . В середине 70-х годов основными потребителями их были производства алюминия (40 %), фторуглеродов (40 %), нефтехимия (4 %), производства неорганических фторидов (4 %) и урана (2 %).

В атомной энергетике HF применяют в основном для получения UF_4 , а фтор — для производства UF_6 . Весь промышленный уран хотя бы один раз побывал в форме фторида. Объем производства элементарного фтора для этих целей составил в 70-х годах 5—6 тыс. т.

С помощью фторидов помимо U и Al получают Be , редкоземельные элементы, Zr и Hf , Nb и Ta , а также некоторую часть Ti и W . Для различных целей кроме упомянутых созданы производства фторидов Li , Na , K , Mg , Ca , Ba , V , C (фторуглероды, фторопласты, фторкаучуки, фториды графита), Si , Pb , N , P , Sb , галогенов, Xe и многих комплексных фторидов.

Фтор — сильный окислитель, способствующий к тому же стабилизации высших состояний окисления многих элементов. Казалось бы, химики только-только успели привыкнуть к тому, что ксенон и криптон образуют обычные химические соединения, а фтор подарил им новую область — химию пентавалентного золота. Совсем как будто недавно стали привычными анионы FeF_6^{2-} , CoF_6^{2-} , NiF_6^{2-} и даже CuF_6^{2-} , а сегодня приходится привыкать к новым катионам — ReF_6^+ , ReOF_4^+ , C_6F_5^+ и др. Химия неорганических фторидов не только передовая, но и красивейшая область химии.

которая постоянно обогащает технику новыми достижениями.

ЦИНК

Д. И. Менделеев прав в утверждении, что «цинк, как и многие тяжелые металлы, встречается в природе часто в соединении с серою, образуя так называемую цинковую обманку». Цинк занимает 23-е место по распространенности в земной коре, несколько опережая церий, никель и медь. «Рудами цинка чаще служат угле- и кремнецинковая соли. Смесь их известна под именем галмея...»*.

В 1888 и 1898 гг. мировое производство цинка по Л. И. Менделееву составляло 329,5 и 485,0 тыс. т, а для России — 3,8 и 5,7 тыс. т.

Сейчас в мировом производстве цветных металлов Zn занимает третье место, уступая лишь Al и Cu. Добыча руд в капиталистических и развивающихся странах в начале 80-х гг. составляла 4,5—4,7 млн. т, выплавка рафинированного цинка — 4,3—4,6 млн. т.

Какие же свойства цинка определяли и определяют области его применения? Смотрим у Д. И. Менделеева. «Цинк не изменяется на воздухе. Даже в сильно влажном воздухе он покрывается лишь тонкой пленкою окиси. Оттого он пригоден для всех предметов, имеющих прикосновение только с воздухом. Поэтому цинковые листы могут служить для покрытия зданий и многих изделий»**.

«Мелко раздробленный цинк, или цинковая пыль... обладает в наибольшей мере способностью действовать на кислоты, особенно при слабом нагревании. По этой причине цинковая пыль часто служит в лабораториях для восстановлений... В этой же тесной связи должно искать прежде всего объяснения столь необычного применения цинка в гальванических батареях»***.

«Окись цинка представляет белый легкий порошок, употребляемый как краска, вместо белил, для чего служит также и основная соль... равно как смесь ZnS с $BaSO_4$ »****.

Все это справедливо и сегодня. Основная часть металла тратится сейчас на цинкование. Кроме того, цинк рас-

* Основы химии, т. 2, с. 100—101.

** Там же, с. 102.

*** Там же, с. 103—104.

**** Там же, с. 401.

ходуется на производство латуней, в виде проката и в виде порошка. Он нужен в строительстве и на автотранспорте, в машиностроении, химической, электротехнической промышленности и других отраслях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Краткий обзор состояния природных запасов, объема добычи и производства 25 элементов показывает, что многие из рассмотренных веществ служат человеку в той же роли, что и 90—100 лет назад. Это, например, золото, калий и цинк. Другие химические элементы, исправно исполняя свои традиционные «службы», были озабочены и новыми. К ним относятся, в частности, бор и никель. Третьи, а среди них даже свинец, заметно изменили свое амплуа на технической сцене, отдав предпочтение новым ролям.

Многие металлы незаменимыми помощниками человека стали только в последние 50 и даже 25 лет. Среди них такой гигант, как алюминий, довольно прочный «середняк» титан и производимый в очень скромных масштабах рений. Добыча руд и производство многих элементов увеличились за последние 100 лет в сотни и тысячи раз. В то же время есть и такие вещества (например, олово), потребление которых выросло незначительно.

Совершенно новым явлением, характерным для развитых стран и проявившимся в конце 70-х годов, стало сокращение потребления некоторых веществ в связи с требованиями охраны окружающей среды, и в первую очередь здоровья людей. Эти требования отразились, например, на потреблении тяжелых металлов. Сегодня, по данным журнала *Science of the Total Environment* *, в почках современного человека содержится в 47 раз больше кадмия, чем у человека в прошлом веке, причем эти цифры средние. Не удивительно, что нормирование сбросов кадмия стало более жестким, и возросло стремление заменить этот металл менее вредными.

И все же общие объемы добычи минерального сырья растут довольно быстро. За десятилетие (1970—1980 гг.) рост в мире составил 15 %, а в развитых странах Европы — более 40 %. Растут и разведанные запасы руд, правда, уже не такими темпами, как раньше.

* *Science of the Total Environment*, 1983, v. 26, № 2, p. 111.

Потребление минерального сырья за последние 25 лет вдвое опережало темпы прироста населения. Ежегодно сейчас добывается более 10 млрд. т полезных ископаемых, а в ближайшие 15 лет потребление достигнет 20 млрд. т в год. При сохранении существующих тенденций роста промышленности суммарное потребление металлов за последние 30 лет XX в. будет по величине таким же, как и за всю предыдущую историю человечества.

В середине 1982 г. население Земли насчитывало 4,586 млрд. человек, а к 2000 г. оно достигнет примерно 6,1 млрд. человек. Даже если потребление природных ресурсов на душу населения в мире не увеличится (а это маловероятно), расход природного сырья возрастет не менее чем в 1,33 раза по сравнению с нынешним уровнем.

Подсчитано, что более 90 % объема добычи минерального сырья во всем мире, кроме нефти, приходится на долю Sn, W, Ni, Al, Cu, фосфатов, Ti, Pb, Fe, Ag, Zn, Mn, K, Mo, U, V и платиновых металлов. Можно ли рассчитывать на увеличение добычи этих металлов и фосфора? Правы ли авторы многочисленных статей, появившихся в периодике капиталистических стран и посвященных «сырьевому кризису?»

Вот данные из статьи ведущих советских специалистов академика Н. М. Жаворонкова и профессора В. И. Евдокимова (табл. 7) *.

Видно, что общее содержание большинства металлов, за исключением Fe, превышает количество в рудах в 100 тыс. — 1 млн. раз.

Канадским ученым Дж. Дж. С. Говетту и М. Х. Говетту удалось на примере 16 металлов показать, что распространенность химических элементов в земной коре и запасы их рудных месторождений связаны между собой довольно четкой зависимостью (рис. 1). Более того, аналогичный характер имеет и зависимость объема мировой добычи металлов от их кларка (рис. 2, данные 1976 г.). Как видно, лишь три элемента — Co, Al и V оказываются вне пределов того поля, куда попадают остальные металлы: и рудные запасы и объем их производства меньше, чем можно было бы ожидать исходя из концентрации в литосфере. Канадцы правильно объяснили это тем, что Al содержится во многих минералах (вспомните упомянутые Д. И. Менделеевым

* См.: Жаворонков Н. М., Евдокимов В. И. Комплексное использование минерального сырья, 1978, № 1, с. 29.

Содержание важнейших металлов в земной коре

Металл	Содержание, т		Их соотношение
	в земной коре	в рудах	
Железо	$8,8 \cdot 10^{15}$	$1,0 \cdot 10^{11}$	$8,8 \cdot 10^4$
Алюминий	$1,5 \cdot 10^{16}$	$5,0 \cdot 10^8$	$3,0 \cdot 10^7$
Цинк	$2,4 \cdot 10^{13}$	$8,2 \cdot 10^7$	$2,9 \cdot 10^5$
Медь	$1,8 \cdot 10^{13}$	$1,8 \cdot 10^8$	$1,0 \cdot 10^5$
Олово	$7,0 \cdot 10^{12}$	$5,1 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^6$
Свинец	$3,0 \cdot 10^{12}$	$5,1 \cdot 10^7$	$1,6 \cdot 10^5$
Молибден	$2,7 \cdot 10^{12}$	$1,6 \cdot 10^6$	$1,7 \cdot 10^6$

глины), извлечение металла из которых экономически не эффективно. А V и Co — почти не имеют собственных руд и добываются в качестве побочных продуктов при выплавке других металлов.

Однако рассчитывать, что открытие новых месторождений будет происходить так же часто, как и 30—50 лет назад, и что руды будут богатеть, конечно, нельзя. Но и принимать появившиеся на Западе панические лозунги не следует. Капиталистические страны, долгое время ориентировавшиеся на дешевое сырье из колоний и полукolonий, сейчас вынуждены считаться с тем, что многие развивающиеся страны устанавливают контроль над собственными источниками сырья, требуя от монополий более справедливого распределения доходов. Старый, складывавшийся многими десятилетиями колониальный механизм ценообразования стал рушиться. Хорошо известно, что только в 1970—1978 гг. мировые цены на нефть повысились в 8 раз. Не удивительно поэтому и повышение в 3—4 раза цен на бокситы и олово, в 2—3 раза на цинк и свинец.

Социалистическая экономика не знает кризисов и упадка. Но и в наших условиях технологи должны сделать многое. Надо разработать новые способы извлечения ценных компонентов, научиться извлекать их комплексно, с малыми затратами реагентов и энергии из все более бедного и «упорного» (трудно поддающегося воздействию химических реагентов) сырья.

Отходы, накопленные ранее химическими и металлургическими заводами, сегодня могут снова подвергаться переработке, что во многих случаях уже делается. Прав был

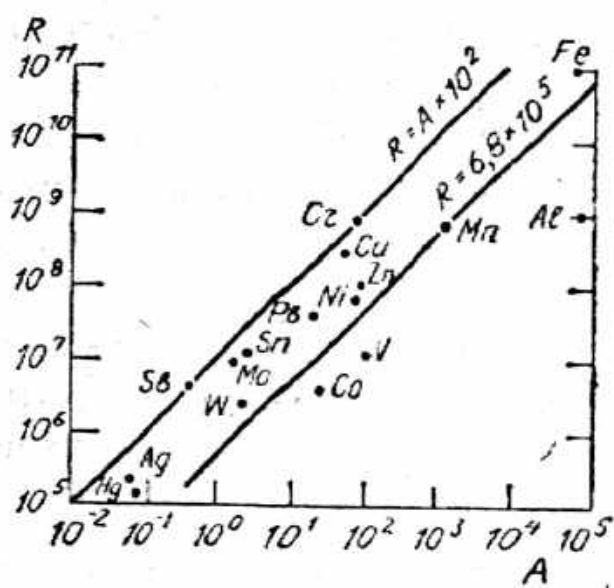


Рис. 1. Отношение запасов (R) к распространенности металлов в земной коре (A)

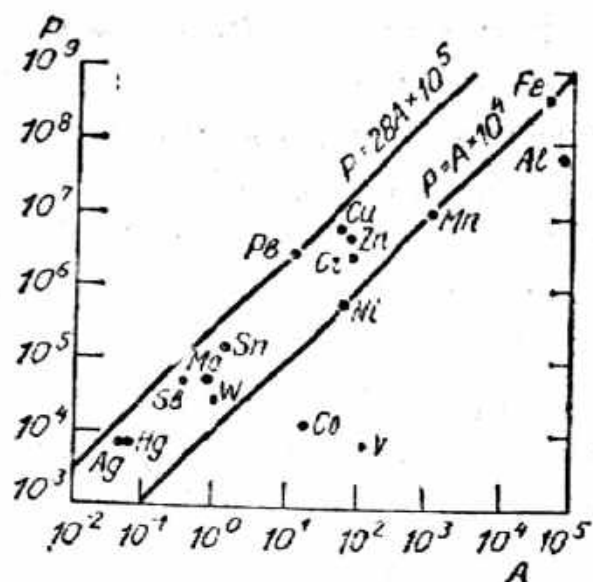


Рис. 2. Отношение мировой добычи (P) к распространенности основных металлов в земной коре

Д. И. Менделеев, когда в «Письмах о заводах» указывал: «Если непрерывность есть первый принцип заводского дела, то вторым должно считать, по моему мнению, отсутствие отбросов». Химическая технология способна не только ликвидировать свои отходы, но и рационально использовать отходы других производств.

Вообще утилизация отходов — один из факторов охраны окружающей среды. Научный редактор перевода книги «Использование вторичных ресурсов» С. В. Дуденков * привел данные из доклада на XXII Международном географическом конгрессе в Москве. Там говорилось, что меры государства в области защиты среды определяются величиной национального дохода на душу населения: при доходе ниже 200 долл. никаких действий не предпринимается, при годовом доходе 200—1000 долл. требования экономического развития считаются более весомыми, нежели охрана среды, государства с годовым доходом 1000—3000 долл. на душу населения предпринимают большие усилия по охране окружающей среды, а государства с более высоким годовым доходом уже готовы поступиться экономическим развитием ради охраны окружающей среды, причем чистоту среды рассматривают как элемент жизненного уровня населения.

* Использование вторичных ресурсов. Экономические аспекты. Под ред. Д. У. Пирса и П. Уолтера. Пер. с англ. М., Экономика, 1981.

В связи с требованиями охраны окружающей среды все более усиливается и роль вторичного сырья. Пусть не покажется упрощением напоминание о макулатуре. Во многих городах нашей страны в последние годы удалось резко увеличить сбор макулатуры (специалисты утверждают, что ее ресурсы у нас составляют 37—38 % производства бумаги и картона). Каждая тонна макулатуры экономит 4 м³ древесины и такое количество электроэнергии, которое перекрывает стоимость древесины. А это — существенная экономия.

Серьезно стоит вопрос и с отходами других производств. В соответствии с постановлением Совета Министров СССР «О мерах по дальнейшему улучшению использования вторичного сырья в народном хозяйстве» с 1981 г. в стране стали планировать объемы сдачи и заготовки отходов производства и потребления, а также связанные с этим мероприятия.

Создается банк вторичных материальных ресурсов, в задачи которого будет входить не только накопление сведений о наличии вторичных ресурсов и об их потенциальных потребителях, но и изучение технологических свойств отходов и даже в ряде случаев создание необходимых методов переработки.

В области материаловедения и использования материалов также наметились и углубились новые тенденции. Помимо стремления создать и использовать вещества с экстремальными свойствами — сверхтвердые, сверхжаропрочные, совершенно инертные химически, обладающие, например, наибольшей коэрцитивной силой (магниты), температурой перехода в сверхпроводящее состояние (сверхпроводники) или диэлектрической постоянной, отчетливо взят курс на замену дефицитных материалов более доступными, опасных с экологической точки зрения — на безвредные, материалов с высокой плотностью («тяжелых») — на легкие, особенно на транспорте. Все шире ассортимент и области применения композиционных материалов. Строительная индустрия ориентируется на использование отходов других производств — шлаков, шламов, хвостов обогажительных фабрик, фосфогипса и др. Во многих случаях ставится задача замены приборов и устройств, созданных с использованием сверхчистых, но дорогих материалов на (пусть с некоторой потерей качества) менее совершенные, но более дешевые.

В конце 70-х годов появилось совершенно новое для химии металлургии направление — получение искусственных благородных металлов из отработанного ядерного горючего. Подсчитано, что при степени выгорания 3 % в 1 т горючего накапливаются 500 г родия, 1500 г палладия и значительные количества рутения. Стоимость благородных металлов, содержащихся в 1 т радиоактивных отходов, оценивается в 20 тыс. долл. Атомная энергетика развивается очень интенсивно, в 2000 г. в реакторах АЭС будет производиться около 250 т палладия, что примерно соответствует современной потребности в этом металле. Уже создана технология, позволяющая извлечь из отходов почти 90 % палладия.

Оценивая возможности расширения сырьевых источников, специалисты все чаще стали обращаться к морям и океанам. Из морской воды издавна ведут добычу некоторых солей, соединений брома и йода, извлекают примерно 30 % потребляемой ныне поваренной соли, $\frac{1}{5}$ магния, некоторые соединения калия. Сейчас разрабатываются способы извлечения из нее урана. Правда, себестоимость добытого таким путем урана пока гораздо выше, чем добываемого обычными методами, однако разница в себестоимости с годами снижается. Быть может, через несколько десятилетий наступит и очередь золота, как предлагал Д. И. Менделеев.

Источником сырья служит и материковый шельф, освоение которого (правда, только для добычи нефти) ведется уже несколько десятилетий, но особенно интенсивно в последние годы. Со дна морей и океанов извлекают уже $\frac{1}{5}$ мировой добычи нефти.

Имеются детальные проекты освоения морских и океанских месторождений на глубинах до 3,5—5,0 км. Здесь пока неясно, как избежать нарушения сложившегося экологического равновесия. Промышленная добыча руд с океанского дна может привести к взмучиванию тончайшего придонного ила и снижению прозрачности воды, а также к переносу холодных богатых питательным веществом масс из глубинных слоев на поверхность. Но и эти проблемы нельзя считать принципиально непреодолимыми.

Совсем недавно, в январе — апреле 1982 г., научно-исследовательское судно «Дмитрий Менделеев» проводило экспедиционные исследования по программам «Рудообразование» и «Литос» в Тихом океане. В ходе экспедиции изучен механизм образования марганцевых конкреций и

показана ведущая роль сорбции в накоплении микроэлементов в конкрециях.

Д. И. Менделеев мечтал об эпохе развитой промышленности, когда «разность между деревней и городом будет исчезать при помощи расширения области городов и устройства среди них парков, оранжерей и огородов, а в деревнях фабрик и заводов» *. Уверенные в том, что человеческая мысль преодолет все препятствия на пути ко все более широкому и разностороннему применению минеральных богатств природы, присоединимся к менделеевским заключительным словам из речи «Об условиях развития заводского дела в России» **: «Посев научный да взойдет в благоустроенном заводском деле на пользу народную».

* Менделеев Д. И. Соч., т. 20, с. 245.

** Проблемы экономического развития России, с. 135.

ЛИТЕРАТУРА

Берлин И. К., Вайсенберг А. И. В сб. Итоги науки и техники. Metallургия цветных и редких металлов. т. 10, М.: ВИНТИ, 1977, с. 7—51.

Бычкова П. П., Смирнова Г. М., Меркулов В. А. Ситуация в области применения и производства элементарного бора за рубежом. Рук. деп. в ОНИИТЭХИМ, г. Черкассы, № 681 хп-Д81, 4.08.81, 14 с.

Васкевич А. Д. В сб. Итоги науки и техники. Metallургия цветных металлов. т. 14, М.: ВИНТИ, 1982, с. 3—44.

Гуляницкий Б. С. В сб. Итоги науки и техники. Metallургия цветных и редких металлов. М.: ВИНТИ, 1971, с. 5—74.

Диогенов Г. Г. Химия в школе, 1982, № 3, с. 12—14.

Диогенов Г. Г. Химия в школе, 1983, № 3, с. 8—9.

Зайцев В. Я., Маргулис Е. В. В сб. Итоги науки и техники. Metallургия цветных металлов. т. 14, М.: ВИНТИ, 1982, с. 45—90.

Катков О. М. В сб. Итоги науки и техники. Metallургия цветных и редких металлов. т. 10. М.: ВИНТИ, 1977, с. 114—170.

Скрыпнюк В. М. В сб. Итоги науки и техники. Metallургия цветных и редких металлов. т. 13. М.: ВИНТИ, 1980, с. 67—134.

Стефанюк С. П. Там же, с. 3—66.

Annual Review. 1980. Australian Mineral Industry. Canberra. 1982.

Bulletin Bureau of Mines U.S. Department of Interior. 1980, № 671.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Распространенность химических элементов	8
Алюминий	10
Барий	12
Бор	13
Бром	15
Висмут	17
Гелий	18
Золото	19
Йод	23
Кадмий	24
Калий	25
Кремний	27
Литий	31
Магний	34
Марганец	36
Медь	38
Мышьяк	40
Никель	41
Ниобий	43
Олово	44
Рений	47
Свинец	48
Тантал	50
Титан	52
Фтор	53
Цинк	56
Заключение	57
Литература	63

Эдуард Григорьевич РАКОВ

В ПРИРОДЕ И ТЕХНИКЕ

Главный отраслевой редактор Л. А. Ерлыкин. Редактор Л. И. Готт. Мл. редактор Н. А. Сергеева. Обложка художника Л. А. Смирнова. Худож. редактор М. А. Бабичева. Техн. редактор А. М. Красавина. Корректор В. В. Каночкина.

ИБ № 6682

Сдано в набор 26.04.84. Подписано к печати 20.06.84. Т-04076. Формат бумаги 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 3,36. Усл. кр.-отт. 3,57. Уч.-изд. л. 3,61. Тираж 27 040 экз. Заказ 1031. Цена 11 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 844106. Ордена Трудового Красного Знамени Чеховский полиграфический комбинат ВО «Союзполиграфпром» Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли г. Чехов Московской области

ДОРОГОЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Брошюры этой серии в розничную продажу не поступают, поэтому своевременно оформляйте подписку. Подписка на брошюры издательства „Знание“ ежеквартальная, принимается в любом отделении „Союзпечати“.

Напоминаем Вам, что сведения о подписке Вы можете найти в „Каталоге советских газет и журналов“ в разделе „Центральные журналы“, рубрика „Брошюры издательства „Знание““.

Цена подписки на год 1 р. 32 к.



ЗНАНИЕ

НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ