**ЦИНК (Zincum) Zn** – химический элемент 12-й (IIb) группы Периодической системы. Атомный номер 30, относительная атомная масса 65,39. Природный цинк состоит из трех стабильных изотопов 64Zn (48,6%), 66Zn (26,9%) и 67Zn (4,1%). Известно несколько радиоактивных изотопов, важнейший из них – 65Zn с периодом полураспада 244 сут. Степень окисления +2.

**ЦИНКОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**

В древние времена было замечено, что свойства меди зависят от места, где добывалась руда. В конце концов изменения свойств были связаны с примесями, которые изменяли свойства металла. Фактически получалась не медь, а сплав с медью. Считается, что таким способом арсенид меди был впервые изготовлен в Египте, медно-никелевый сплав и коппертин (бронза) - в Германии, а медно-цинковый сплав (латунь) - в Индии. Лишь латунь, производившаяся задолго до цинка, выплавлялась из цинковых полиметаллических руд; это не вызывает удивления, поскольку цинк не существует в природе в виде чистого металла, а цинковые руды нельзя расплавить методами, пригодными для меди или свинца. Цинк плавится при сравнительно низкой температуре (419° С), однако руда восстанавливается до металла при значительно более высокой температуре, при которой цинк испаряется и должен быть далее сконденсирован. О таких процессах первобытные металлурги не имели представления.

Цинковые руды. Хотя металлический цинк впервые был получен из каламина, являющегося по существу карбонатом цинка ZnCO3, этот металл теперь почти всегда получают из сульфидных руд, содержащих некоторое количество свинца и часто серебро. Наиболее важные из этих руд - цинковая обманка (сфалерит) и марматит. Цинковые руды добываются в США, Канаде, Мексике, Австралии, Южной Америке, на юге центральной Африки, в России, Казахстане, Японии и других странах. Хотя руды обычно перерабатываются в металл в тех странах, где добываются, некоторые страны, особенно Бельгия, ввозят большие количества концентратов для внутреннего производства. США и Япония, будучи главными производителями цинковой руды, одновременно являются и ее крупными импортерами. Руды обогащаются либо селективным флотационным, либо мокрым гравитационным методами. Первый из отмеченных методов более важен, так как позволяет отделить цинк от свинца, а также от пустой породы.

Цинк добывают из полиметаллических руд, содержащих 1-4% Zn в виде сульфида, а также Cu, Pb, Ag, Au, Cd, Bi. Руды обогащают селективной флотацией, получая цинковые концентраты (50-60% Zn) и одновременно свинцовые, медные, иногда пиритные концентраты. Цинковые концентраты обжигают в печах в кипящем слое, переводя сульфид цинка в окись цинка (ZnO). Обожжённые концентраты обрабатывают серной кислотой; получаемый сульфатный раствор очищают от примесей и подвергают электролизу. Цинк осаждается на алюминиевых катодах, с которых его затем удаляют и плавят в индукционных печах. Чистота электролитного цинка может достигать 99,95%, полнота извлечения его из концентрата (при учёте переработки отходов) 93-94%. Из отходов производства получают цинковый купорос, Pb, Cu, Cd, Au, Ag; иногда также In, Ga, Ge, Tl.

**Схема производства цинка:**

**СТАДИИ ПРОИЗВОДСТВА ЦИНКА.**

**Выплавка и очистка.** Выплавка и очистка выполняются двумя главными способами - термическим и электролитическим. В любом случае первой стадией процесса является обжиг измельченной и обогащенной сульфидной руды в печах с кипящим слоем, в результате которого образуется оксид цинка и выделяется сернистый газ 2ZnS + 3O2 -> 2ZnO + 2SO2 С помощью электролитического и термического методов получают примерно половину всего производимого цинка.

**Термический метод.** По термическому методу концентрат оксида цинка, остающийся после обжига руды, часто смешивают с порошкообразным углем в цилиндрических ретортах, изготовленных из огнеупорной глины, которые вводят в печь в горизонтальном положении. Для восстановления цинка углем из оксида требуется температура от 1200 до 1300° С, а поскольку температура кипения металлического цинка составляет 907° С, он испаряется сразу же после восстановления ZnO + C -> Zn + CO. Этот метод, усовершенствованный позднее, применяли с первых лет коммерческого производства цинка; он известен под названием "процесс в горизонтальных ретортах". Альтернативный термический процесс был разработан так, чтобы обеспечить непрерывную подачу материала сверху в вертикальную реторту, изготовленную из карборунда; продукт реакции отводится со дна реторты. Этот процесс, названный процессом в вертикальной реторте, был разработан фирмой "Нью-Джерси цинк компани" в конце 1920-х годов. Посредством фракционной дистилляции цинка, произведенного таким способом, получают металл чистотой 99,99%. Процесс в вертикальной реторте высокоэффективен и обеспечивает большую производительность, чем процесс в горизонтальной реторте. В некоторых печах сернистый газ улавливается для производства побочного продукта - серной кислоты; из печей другого типа, расположенных главным образом в малонаселенных безлесных областях, он выбрасывается в атмосферу.

**Электролитический метод.** Электролитический метод выплавки и очистки цинка запущен в производство в штате Монтана и Канаде в период Первой мировой войны. В этом процессе обожженный цинковый концентрат обрабатывают серной кислотой, чтобы перевести окись цинка в сульфатный раствор. Присутствующие в концентрате примеси тоже растворяются и должны быть удалены из раствора до его электролиза. Цинк, получаемый электролитическим методом, имеет высокую степень чистоты.

**Литой цинк.** Конечным продуктом выплавки и очистки является литой цинк. Цинк отливается в пластины массой около 25 кг. Содержание цинка в этих пластинах может варьировать от примерно 98% до почти 100%. Производство литого цинка классифицируется как первичное или вторичное в зависимости от того, что служит его источником - руда или лом. На рынок поступает литой цинк следующих сортов: особо высококачественный (выше 99,99% Zn), высококачественный, сортовой, промежуточный, латунный специальный и прайм-вестерн (98,4%). Сорта указывают количество присутствующих примесей; вид применения цинка определяет выбор его сорта.

**Ломовый и вторичный цинк.** Выплавка и очистка цинка могут также включать стадию переплавки цинкового лома. Переплавка производится как в рудных печах, так и в печах, специально предназначенных для обработки лома. Существуют два вида лома - новый и старый. Основная часть лома представляет собой "новый лом", состоящий из побочных продуктов технологических операций цинкования, получения слитков латуни и изготовления гипосульфита натрия. Другой вид, "старый лом", состоит главным образом из гравировальных пластин, старых кокильных отливок и других отслуживших изделий, содержащих значительные количества цинковых сплавов.

**Химические свойства:**

При нагревании цинк взаимодействуют с неметаллами (кроме водорода, углерода и азота). Активно реагирует с кислотами:

Zn + H2SO4(разб.) = ZnSO4 + H2

Цинк – единственный элемент группы, который растворяется в водных растворах щелочей с образованием ионов [Zn(OH)4]2– (гидроксоцинкатов):

Zn + 2OH– + 2H2O = [Zn(OH)4]2– + H2

При растворении металлического цинка в растворе аммиака образуется аммиачный комплекс:

Zn + 4NH3·H2O = [Zn(NH3)4](OH)2 + 2H2O + H2

Исходное сырье для получения металлического цинка – сульфидные цинковые и полиметаллические руды. Выделение цинка начинается с концентрирования руды методами седиментации или флотации, затем ее обжигают до образования оксидов:

2ZnS + 3O2 = 2ZnO + SO2

Образующийся диоксид серы используют в производстве серной кислоты, а оксид цинка перерабатывают электролитическим методом или выплавляют с коксом.

В первом случае цинк выщелачивают из сырого оксида разбавленным раствором серной кислоты. При этом цинковой пылью осаждают кадмий:

Zn + Cd2+ = Zn2+ + Cd

Затем раствор сульфата цинка подвергают электролизу. Металл 99,95%-ной чистоты осаждается на алюминиевых катодах.

Восстановление оксида цинка коксом описывается уравнением:

2ZnO + C = 2Zn + CO2

 **Применение.** Положение цинка в таблице электрохимических потенциалов металлических элементов указывает, что он способен защитить железо, сталь и медные сплавы от коррозии. Это свойство известно как анодная защита, и половина производимого в мире цинка расходуется на покрытие стали. Старейший метод цинкования путем погружения в расплав все еще остается наиболее удобным методом нанесения покрытий на металлические оконные рамы и другие механически обработанные изделия. Следующее по важности применение цинка - латунь и другие литейные сплавы на основе цинка. Такие сплавы имеют хорошую коррозионную стойкость; цинк, расходуемый на их получение, потребляется примерно в том же количестве, что и цинк, идущий на цинкование. Цинковые сплавы прочны, стойки и обладают прочностью на растяжение до 300 МПа. Легкость и точность, с которыми могут формоваться изделия из них методами литья в кокиль, обусловливают их использование в качестве материалов для автомобильных деталей, скобяных изделий, игрушек и другой продукции. Оксид цинка применяется в покрытиях, а цинковая пыль - в антикоррозийных красках. Литопон - продукт соосаждения сульфида цинка и сульфата бария - используется в красках и пластмассах. Цинк с небольшими добавками других металлов применяется как кровельный материал, для изготовления фрикционных накладок барабанных тормозов, сухих гальванических элементов и электрических конденсаторов.

**Добыча цинка.** В мире ежегодно добывается более 9 млн т цинка. По оценкам, при нынешнем уровне добычи цинка выявленных запасов металла хватит лишь на несколько десятилетий. А объемы извлечения цинка из земной коры постоянно возрастают. По запасам цинка в мире выделяются две страны — Китай и Австралия. У каждой в недрах около 30 млн т цинка. Следом идут США (25 млн т), далее с большим отрывом — Канада и Перу.

Возможно, в будущем, чтобы обеспечить промышленность цинком, научатся добывать его со дна океанов и морей. Уже сейчас в рифтовых зонах Мирового океана (Галапагосский рифт, Срединно-Атлантический хребет, Калифорнийский залив) на глубинах 2700—2900 м обнаружены высокотемпературные рудоносные растворы, содержащие медь и цинк в промышленных масштабах. Около 2,5 млн т цинка содержится во впадине Красного моря.

Добыча цинка ведется почти в 50 странах. Лидеры — Китай, Австралия, Перу, Канада и США, намного опережающие остальных добытчиков (табл. 1). На эти пять стран приходится 2/3 всего добываемого в мире цинка. В конце 90-х годов Канада уступила первое место по добыче руды Китаю (а ведь еще в 1990 г. КНР занимала лишь 4-е место, уступая не только Канаде, но и Австралии и СССР). На территории СНГ цинк в настоящее время добывают в России, Казахстане и Узбекистане; небольшое количество — в республиках Закавказья.

Практически вся добытая цинковая руда переводится в концентрат на обогатительных фабриках при рудниках. Большая часть концентрата перерабатывается в металл в тех странах, где добывается цинк, треть цинковых концентратов из стран-добытчиков отправляется на экспорт. Крупные поставщики цинкового концентрата на мировой рынок — Австралия, Канада, Мексика и США. Большое количество цинкового концентрата для внутреннего производства металла ввозят Бельгия, Франция, Финляндия, Германия, Италия, Норвегия, Великобритания, Япония и Южная Корея.

**Мировая цинковая промышленность**

Цинк является третьим по объемам производства цветным металлом в мире после алюминия и меди. Производство и потребление цинка растут высокими темпами. В 1990 г. в мире выплавили 6,7 млн т чистого (рафинированного) цинка, в 1995 г. — 7,2 млн, а в 2001 г. — 9,2 млн т. На предприятиях цинковой промышленности по всему миру работают более 230 тыс. человек.

Быстрее всего растет производство в зарубежной Азии. Это лидирующий регион мира по выплавке цинка. Следом идут Западная Европа и Северная Америка. Главные страны-производители — Китай, Канада, Австралия, Япония и Респ. Корея (табл. 2). В 1990 г. СССР, наряду с Японией, был в числе мировых лидеров по выпуску цинка. Однако после распада СССР ситуация изменилась, поскольку внутренний спрос на металл на территории нашей страны сильно упал.

Южнокорейская компания «Корея Цинк» — лидер в производстве цинка среди компаний мира. При этом сама Южная Корея находится лишь на пятом месте в мире. Компании «Корея Цинк» принадлежат цинковые заводы по всему миру, даже в США, ее штаб-квартира расположена в Сеуле. Среди других всемирно известных компаний выделяются австралийская «Пасминко», бельгийская «Умикор», финская «Оутокумпу» и казахстанская «Казцинк». У «Казцинка» — два плавильных предприятия: в Усть-Каменогорске и в Лениногорске, которые произвели в 2001 г. около 300 тыс. т цинка — больше, чем во всей России.

Регион — лидер по душевому выпуску цинка — Австралия (более 14 кг/чел.). В Западной Европе в год на 1 человека выплавляется 5,5 кг цинка, существенно больше, чем в Северной Америке и тем более в многолюдной зарубежной Азии.

Размеры потребления цинка напрямую связаны с уровнем экономического развития. В последние годы Китай вышел на первое место по потреблению цинка в мире, обогнав США (табл. 3). Среди других крупных потребителей — Германия, Франция, Италия, Япония, Южная Корея и о. Тайвань. Растет потребление в развивающихся странах Азиатско-Тихоокеанского региона.

Мировое потребление рафинированного цинка в 2001 г. составило 8,78 млн т (в 1990 г. — 6,68 млн). Потребление цинка на душу населения в мире равно сейчас 1,45 кг/чел. (в Австралии — более 8, в Западной Европе — 6, в зарубежной Азии, хотя она и является крупнейшим абсолютным потребителем, душевой показатель едва дотягивает до 1 кг).

Добыча цинка в США традиционно превосходит имеющиеся в стране производственные мощности по выплавке литого цинка. США, наряду с Австралией, Канадой и Перу, являются крупным экспортером цинковых концентратов, одновременно страна — важнейший импортер рафинированного цинка. Среди поставщиков металла для США особо выделяются непосредственные соседи — Мексика и Канада. Такая ситуация сложилась, в частности, из-за того, что 3/4 американской цинковой руды добывается на Аляске на руднике Ред-Дог, принадлежащем компании «Коминко», а ближайшее крупное плавильное предприятие той же компании находится в Канаде — в городке Трейл на юге Британской Колумбии. Оно расположено у самой границы с США (в 18 км от границы), но поступающий с Аляски в Канаду концентрат учитывается как экспорт, а ввозимый опять же в США металл уже фигурирует в статистике как импорт.

Крупнейший экспортер цинка Австралия ориентирует свои поставки на Азиатско-Тихоокеанский регион. Она поставляет концентрат на плавильные предприятия Японии и Южной Кореи, а произведенный у себя рафинированный металл экспортирует в другие бурно развивающиеся азиатские страны.

Канадская промышленность по добыче цинка, помимо обеспечения деятельности заводов внутри страны и выплавки цинка для США, осуществляет экспорт цинковых концентратов практически во все крупные страны Западной Европы. Также в Европу экспортирует концентраты Перу, в отдельные годы закупки в этой стране производят даже цинковые заводы России.

Еще совсем недавно Китай был экспортером цинковых концентратов, теперь он их импортер. Быстро развивающемуся Китаю не хватает собственной добычи цинковых руд, при этом в стране едва ли не ежегодно вводятся в строй новые мощности по выплавке цинка из импортных концентратов.

**Цинковая промышленность России**

Цинковая промышленность России не играет сколько-нибудь важной роли в мире, однако очень важна для отечественной экономики (табл. 4). Добыча цинка в России составляет лишь 1,7% от мировой, а производство рафинированного цинка — 2,7%. Низким остается уровень потребления цинка в стране — около 1 кг/чел., это намного ниже среднемирового.

В России цинк извлекается из медноколчеданных месторождений Урала, а также из полиметаллических месторождений в горах Южной Сибири и Приморья. На долю месторождений Уральского региона (Башкирия, Челябинская и Оренбургская обл.) приходится более 75% объема выпуска российских цинковых концентратов. Обеспеченность разведанными запасами эксплуатируемых месторождений в целом по стране хорошая и составляет 27 лет — на столько времени хватит известных ныне достоверных запасов, чтобы обеспечить нынешний уровень добычи.

Около 40% балансовых запасов цинка России приходится на Бурятию.

На ее территории разведаны и уже подготовлены к промышленному освоению крупные месторождения — Холоднинское и Озерное. В будущем здесь начнется строительство Озерного горно-обогатительного комбината с производством 122 тыс. т цинкового концентрата в год. Часть из добытой в Бурятии цинковой руды будет поставляться в Читинскую обл. на Шерловогорский комбинат.

Разведаны крупные месторождения Корбалихинское и Рубцовское в Алтайском крае, Ново-Широкинское для Нерчинского полиметаллического комбината в Читинской обл., а также Октябрьское и Левобережное для Садонского свинцово-цинкового комбината в Северной Осетии. В Красноярском крае расположено крупное Горевское месторождение свинцово-цинковых руд.

Находящийся в Приморском крае город Дальнегорск известен всей стране крупнейшим в России производителем олово-цинкового концентрата — компанией ГМК «Дальполиметалл», в состав которой входят четыре рудника, разрабатывающих Николаевское, Партизанское, Верхнее и Южное месторождения. Предприятие выпускает около 15% цинковых концентратов России. Однако 4/5 своей продукции оно экспортирует в азиатские страны.

Из потребляемого в России цинка 54% идет на цинкование черных металлов, а 18% — в химическую промышленность. Около половины оцинкованного проката используется в строительстве. Много цинка идет в автомобилестроение — в среднем 10 кг на один автомобиль. Основные потребители — Новолипецкий и Магнитогорский металлургические комбинаты, АО «Северсталь» (г. Череповец). На этих металлургических гигантах все более широко применяется горячее цинкование. Велик спрос на оксид цинка, используемый производителями шин. Значимыми потребителями цинка являются также Кировский, Ревдинский (Свердловская обл.), Кольчугинский (Владимирская обл.) и Московский заводы по обработке цветных металлов.

**Производство и потребление цинка в России**

В России действуют три цинковых завода. Челябинский цинковый завод (ЧЦЗ) расположен в крупном промышленном центре на Южном Урале. Сегодня это крупнейший в России производитель металлического цинка. С момента основания в 1935 г. производственные мощности завода увеличились с 20 до 160 тыс. т цинка. Более 51% голосующих акций завода в настоящее время принадлежат швейцарской компании «Евромин». Недавно здесь введен в строй автоматизированный комплекс электролиза цинка. Завод может производить высококачественный цинк (содержание металла — 99,98%) и особо высококачественный цинк (99,995%). Предприятие выпускает также серную кислоту, индий и кадмий.

Завод на 95% обеспечен местным уральским сырьем. Оставшаяся часть концентрата поступает из разных стран — от Австралии до Ирландии. Российские поставщики сырья — это Учалинский ГОК (Башкирия), Башкирский медно-серный комбинат (г. Сибай), Гайский ГОК (Оренбургская область)5, «Александринская горнорудная компания» (Челябинская обл.).

80% челябинского цинка реализуется внутри страны. Важнейшие потребители — предприятия черной металлургии и заводы по обработке цветных металлов. ЧЦЗ — практически монополист на российском рынке. На заводе трудятся 1,8 тыс. чел. В 2001 г. ЧЦЗ произвел 155 тыс. т цинка, в 2002 г. — уже 163 тыс. т, а в 2003 г. рассчитывает получить до 175 тыс. т.

Другое цинковое предприятие — ОАО «Электроцинк» — расположено на Кавказе, в столице Северной Осетии — Владикавказе. Среднегодовое производство — 90—100 тыс. т. На российском рынке практически невозможно встретить металл из Владикавказа, поскольку предприятие работает на зарубежных потребителей. Оно использует так называемые толлинговые схемы, то есть получает концентрат для переработки, в том числе из-за границы, а готовый металлический цинк почти целиком отправляет на экспорт.

Предельный объем выпуска цинка на третьем российском предприятии — ОАО «Беловский цинковый завод» (г. Белово, Кемеровская область)6 составляет 4,5 тыс. т в год. БЦЗ работал на привозном сырье и с распадом производственных связей СССР практически утратил свой потенциал. В 2001 г. завод произвел только 3 тыс. т цинка. На предприятии внедрена электротермическая технология производства цинка, которая позволяет перерабатывать низкосортное рудное сырье. Завод производит также серную кислоту, около 10 тыс. т в год. БЦЗ является градообразующим предприятием Белова, здесь занято около 800 чел. Государство владеет пакетом акций завода, позволяющим влиять на его развитие.

Основным потребителем продукции БЦЗ является Челябинский цинковый завод, который служит одновременно и основным поставщиком сырья в Белово, то есть фактически ЧЦЗ поставляет цинковый концентрат, получая из Белова готовый цинк.

Российский рынок испытывает давление со стороны производителей цинка и оцинкованного проката с Украины и из Казахстана. На внутренний рынок России поступает оцинкованный металл пяти основных производителей: трех российских — Новолипецкого, Магнитогорского и Череповецкого («Северсталь») металлургических комбинатов, казахстанского «Испат Кармета» и украинского Мариупольского металлургического комбината. Российские металлурги уже давно выступают за введение заградительных мер в отношении поставок с украинских и казахстанских предприятий.