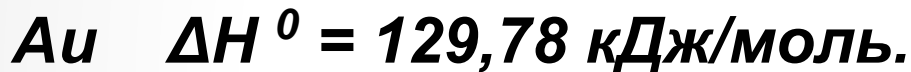
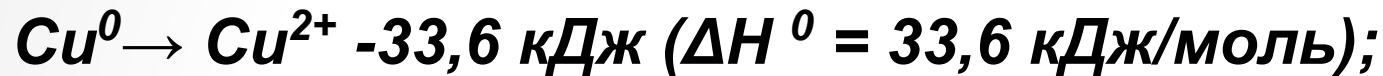


Способы получения и очистки металлов

2.5.2 ДПМ

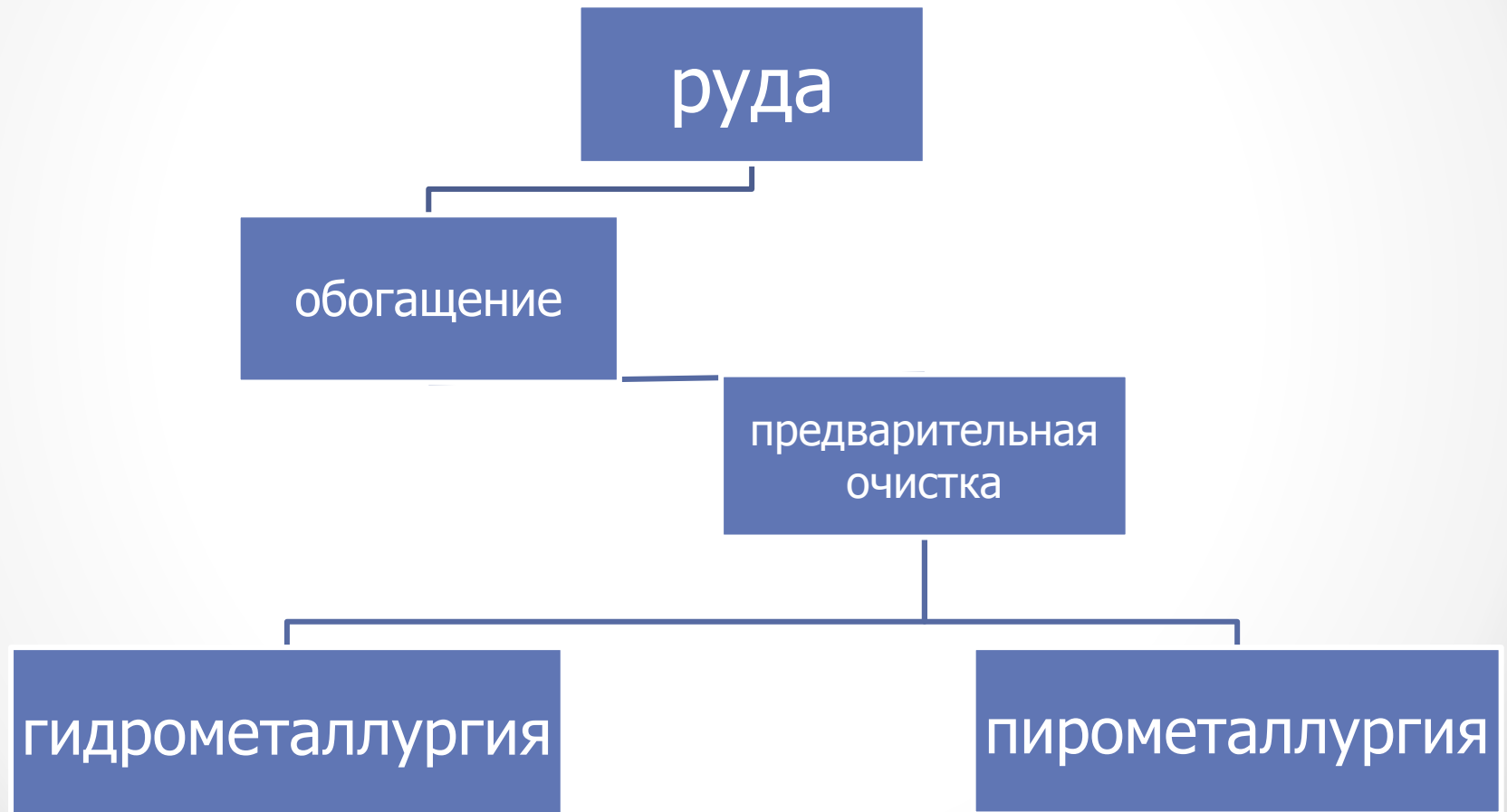
Нахождение в природе



В природе большинство металлов входят в состав руд в виде оксидов и солей (сульфидов, карбонатов, хлоридов, фосфатов, сульфатов, силикатов).

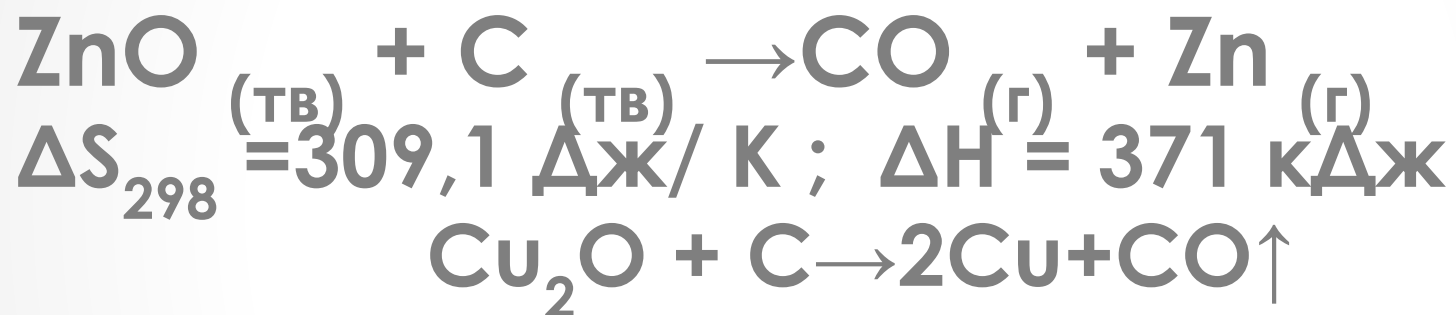
Менее активные металлы (платина, золото, медь) встречаются в самородном виде.

Схема переработки руд



Пирометаллургия

а) ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗ ОКСИДОВ
МЕТАЛЛОВ:



- $3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \rightarrow 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2\uparrow$
- $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO} \rightarrow 3\text{FeO} + \text{CO}_2\uparrow$
- $\text{FeO} + \text{CO} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2\uparrow$

б) восстановление из сульфидов:



в) восстановление металлами

(металлотермия, 1856 г. Бекетов Н.Н.)

Восстановление из очень прочных оксидов. На практике алюминотермию используют для получения титана, ванадия, хрома и марганца.



В технике смесь порошков Fe_2O_3 и Al называют термитной.

Электрометаллургия

Восстановление металла происходит при электролизе на катоде.

Электролизом ВОДНЫХ РАСТВОРОВ могут быть получены лишь сравнительно малоактивные металлы.

Активные же металлы, такие как **щелочные, щелочноземельные, алюминий**, получают только электролизом расплавов их солей.

Получение алюминия

Получение: Электролиз Al_2O_3 в расплаве Na_3AlF_6
Основной катодный процесс:



Основной анодный процесс:



Суммарная реакция:



Al - самый распространенный на Земле металл: 8.5 массовых процентов в земной коре

Основные минералы:

бокситы, корунд

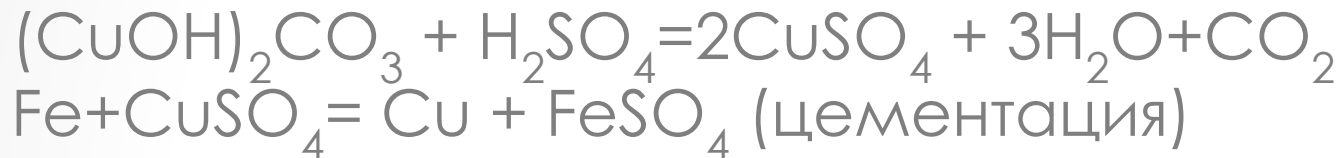
каолинит



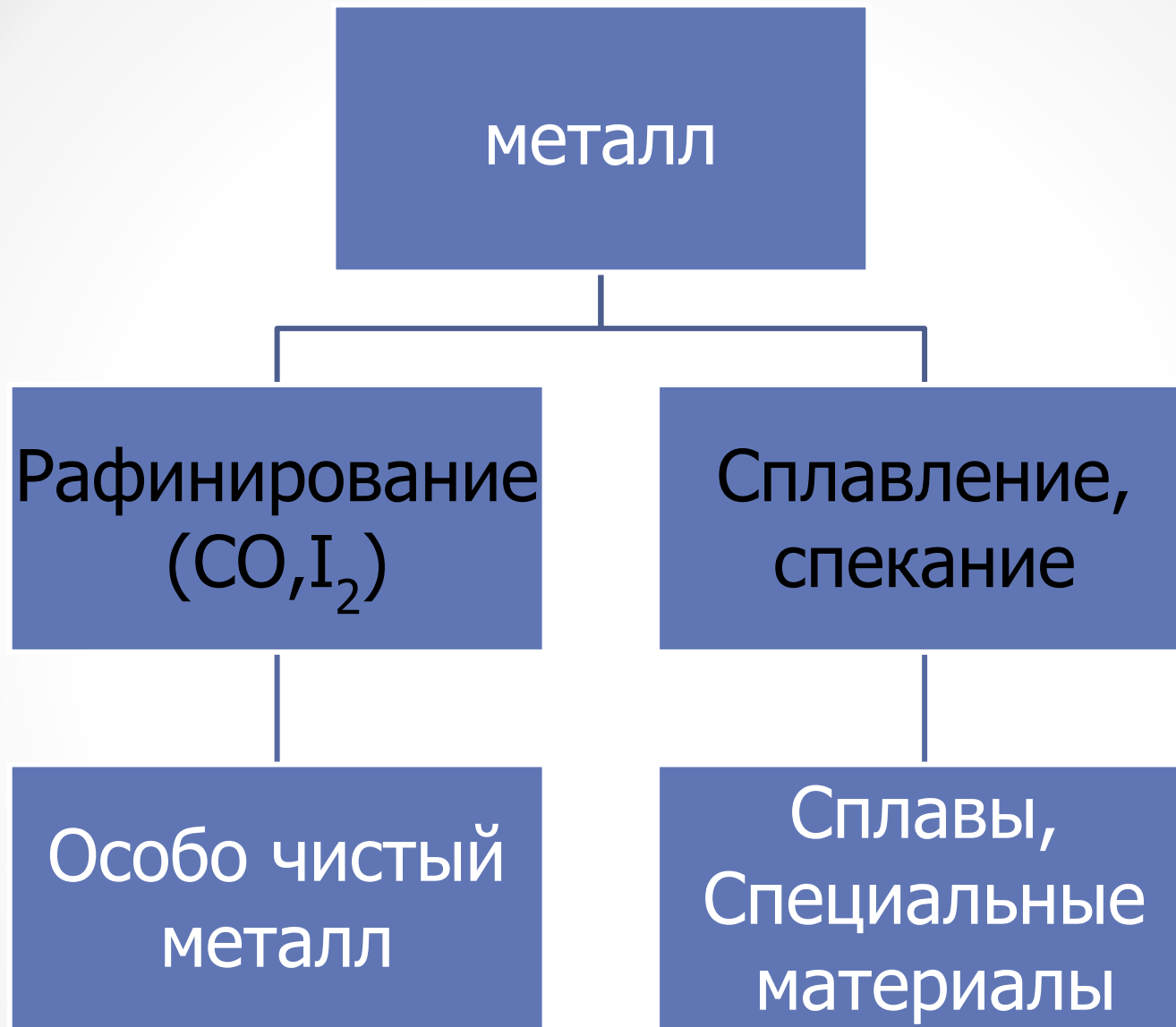
криолит Na_3AlF_6

Гидрометаллургия

- Извлечение металлов из руд с помощью водных растворов тех или иных реагентов:



- Метод позволяет выделять из раствора даже весьма малые количества, что хорошо для извлечения ценных металлов, например, серебра. Метод хорош также для работы с бедными рудами.



Сплавы- см. 2.5.1 ДПМ

□ Константан, нихром, ферронихром, с эффектом «памяти» и т.д.

□ «Сверхпластичные»

□ Композиты, керметы

Свойства сплавов отличаются от свойств исходных компонентов

Очистка металлов

- Полупроводниковая электроника, ядерная энергетика предъявляют высокие требования к чистоте металла. Массовая доля меди в полупроводниковом германии не должна превышать $10^{-7}\%$. Хром, тантал, молибден, цирконий, титан, вольфрам приобретают хрупкость в присутствии даже небольшого количества примесей.

Постоянные и случайные примеси

- В «чистом» железе при спектральном анализе было обнаружено 27 химических элементов. Примеси бывают постоянными, являющимися обычно спутниками основных элементов, составляющих материал и попадающих в материалы из сырья, применяемого для его производства (В стали содержатся постоянно: кремний, марганец, сера, фосфор, кислород и азот). Кроме того, в материалах могут встречаться случайные или местные примеси. Они попадают в материалы потому, что содержатся в местном сырье, или вследствие особенностей данного технологического процесса. Так, в железной руде, добытой на Урале, содержится медь, которая всегда имеется в выплавляемых из такой руды чугунах и сталях.

Степени очистки веществ

- В технике вещества по степени очистки делят на следующие четыре класса:
- Чистые — с содержанием примесей от $2 \cdot 10^{-5}$ до 1%;
- Чистые для анализа — от $1 \cdot 10^{-5}$ до 0,4% примесей;
- Химически чистые — от $5 \cdot 10^{-6}$ до 0,05% примесей;
- Особо чистые или спектрально чистые — меньше 10^{-4} % примесей

Классы чистоты

- Чистоту вещества иногда выражают числом «девяток» после запятой. Например, три девятки означают 99,999% основного вещества и 0,001% примесей.
- Применение сверхчистых материалов в производстве совсем не обязательно, а по экономическим соображениям часто невыгодно. Уменьшение уровня содержания примесей на один порядок, начиная с 10-4%, нередко увеличивает затраты на изготовление материала в 10—100 раз. Поэтому в настоящее время особо чистые вещества и полупроводники выпускаются в 10 классах чистоты.

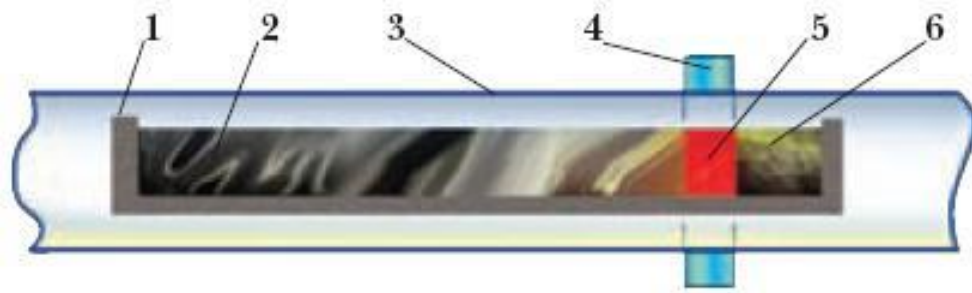
Металлы высокой чистоты классифицируются:

Классы	Сумма примесей, % (n=1-9,9)
A-1	$n \cdot 10^{-1}$
A-2	$n \cdot 10^{-2}$
B-3	$n \cdot 10^{-3}$
B-4	$n \cdot 10^{-4}$
B-5	$n \cdot 10^{-5}$
B-6	$n \cdot 10^{-6}$
C-7	$n \cdot 10^{-7}$
C-8	$n \cdot 10^{-8}$
C-9	$n \cdot 10^{-9}$
C-10	$n \cdot 10^{-10}$

Для веществ классов группы А возможно прямое химическое определение содержания основного вещества и примесей, для классов группы В определение примесей требует применения спектрального анализа, к классам группы С относятся «сверхчистые» материалы.

Рафинирование :

- Физические способы - плавка в вакууме или в атмосфере инертного газа:
 - Дуговая плавка
 - Электроннолучевая
 - Плазменный нагрев
 - Лазерный нагрев
 - Зонная плавка

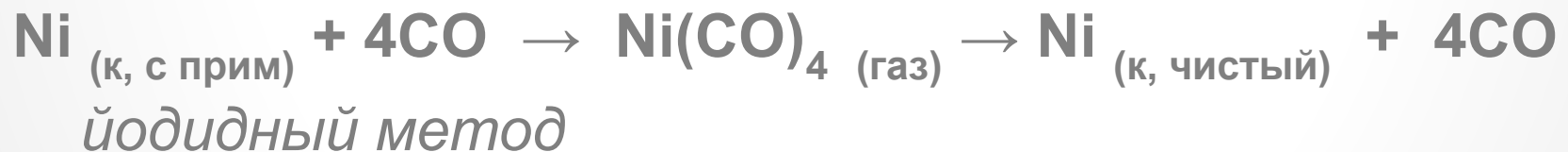


Зонная плавка

Слиток металла 2 помещают в контейнер-лодочку 1, который устанавливается в кварцевой трубе 3. Вслед за движущейся расплавленной зоной 5 происходит кристаллизация металла 6. Нагрев для создания расплавленной зоны осуществляется нагревателями сопротивления 4. Для исключения возможного загрязнения материала слитка из окружающей среды зонную плавку проводят в вакууме или атмосфере инертного газа. Очистка материала происходит вследствие различного распределения примесей между твёрдой и жидкой фазами. Для достижения глубокой очистки требуется, как правило, большое число (не менее 10) проходов расплавленной зоны. Остаточное содержание примесей в очищенном таким способом материале составляет не более 1 атома примеси на 1 000 000 атомов основного вещества.

Рафинирование :

- Химические методы- избирательное взаимодействие очищаемого вещества, либо примеси с вводимыми реагентами.
- Электролиз расплавов галогенидов металлов (титан, бериллий)
- Транспортные реакции:
карбонильный метод



очищенный методом иодидного рафинирования



Схема получения германия полупроводниковой чистоты:

Диоксид германия с примесями

- Растворение в хлороводородной кислоте

Тетрахлорид германия низкой степени чистоты

- Дистилляция или экстракция

Очищенный тетрахлорид германия

- Гидролиз

Диоксид германия

- Восстановление чистым водородом

Германиевый порошок

- Переплавка в атмосфере азота

Компактный германий

- Зонная плавка

Чистый поликристаллический германий

- Вытягивание из расплава

Монокристалл германия полупроводниковой чистоты