

Минералогия золота

История добычи золота

История золота – история человеческой цивилизации!

7 металлов древности – Au, Cu, Sn, Ag, Pb, Fe, Hg.

Древний Египет – 3000 лет монополии на золото.

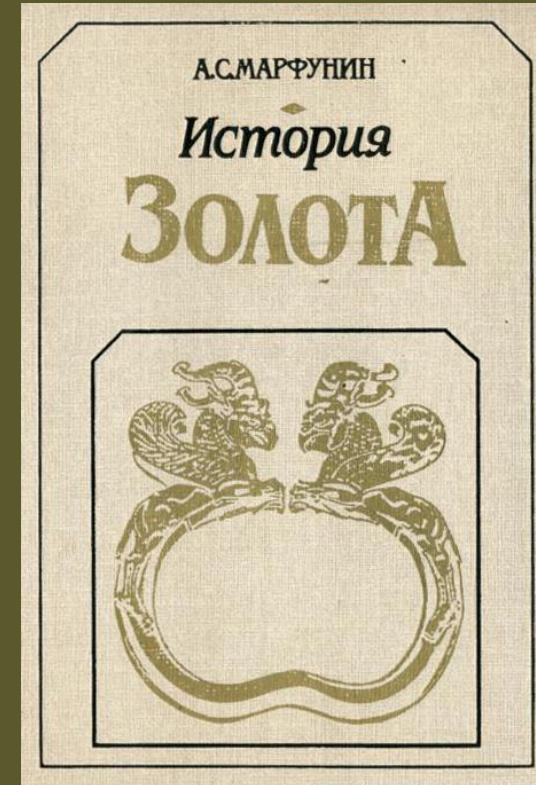
Рассвет горного дела в античный период.

Открытие и отработка крупных месторождений на Пиренейском п-ве, во Франции, на Балканах

Основные запасы золота на Европейском континенте были исчерпаны в Римский период!

Средние века – россыпи Западной Африки

XVI-XVIII века – главный источник золота Южная Америка
(Колумбия, Бразилия)



История добычи золота

Вторая половина XIX – начало XX – период золотых лихорадок

Золото США

- 1848 г – открытие россыпных месторождений Калифорнии
- 1859 – коренное золото-серебренное месторождение Комсток (Невада)
- 1876 – Хомстейк – крупнейшее и долгоживущее месторождение западного полушария (Ю. Дакота)
- 1891 – Крипл-Крик с теллуридами золота и серебра (Колорадо)
- 1896 – открытие россыпей Аляски (Клондайк, Ном, Фербенкс)

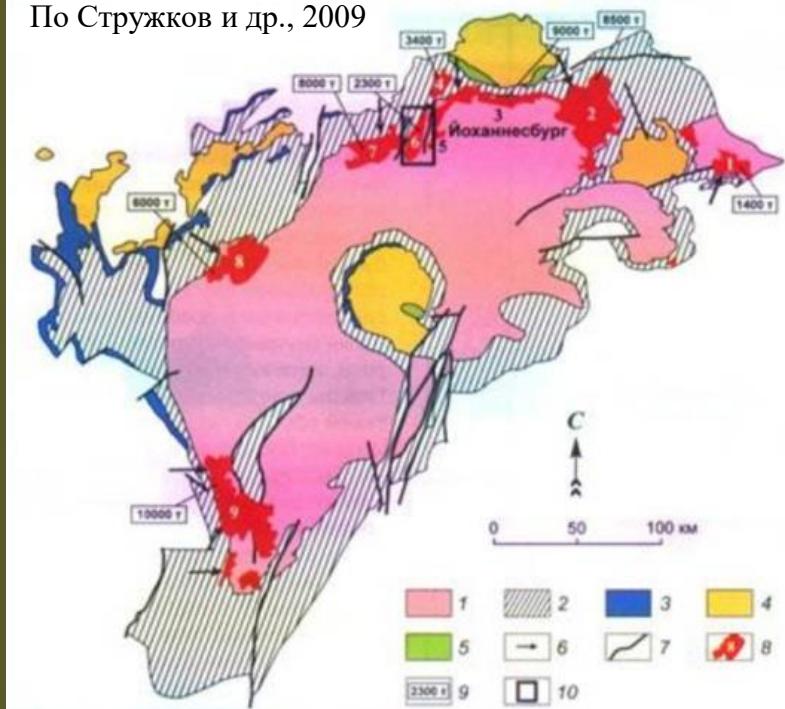
Золото Австралии

- 1851 – открытие месторождений Восточной Австралии
- 1890-е годы – открытие золота Западной Австралии (Калгурли)

История добычи золота

- 1880-е гг. – открытие рудного района Витватерсранда (от искаженного white water ridge).
- Через 100 лет отрабатывались месторождения в пределах 7 рудных полей, располагающиеся вдоль дуги протяженностью 480 км (!).
- Добыто более 45000 т золота!
Для сравнения – Клондайк 300 т, все россыпи Аляски 950 т, Калифорния 3300 т.
- Руды комплексные – помимо Au и Ag извлекают U, Ir, Os, мелкие (до 1 ct) алмазы, пирит (для получения H_2SO_4).

По Стружков и др., 2009



Архейские породы – супергруппа Витватерсранд: 1 – песчаники и конгломераты группы Централ Ранд; 2 – песчаники и конгломераты группы Вест Ранд; 3 – вулканиты группы Доминион; 4 – гранитоиды; 5 – зеленокаменные породы (аповулканиты); 6 – палеосклон и направление сноса; 7 – основные разломы; 8 – золоторудные поля: 1 – Эвандер, 2 – Ист Ранд, 3 – Централ Ранд, 4 – Вест Ранд, 5 – Саус Дип, 6 – Вестерн Арикс, 7 – Карпетонвиль, 8 – Клерксдорп, 9 – Вельком; 9 – добыча золота, т.; 10 – группа золоторудных полей и месторождений, показанная на рис. 3

История добычи золота

Добыча золота в России

- Первое золото России (1720-1730 гг) – из полиметаллических руд Забайкалья и Алтая.
- Вторая половина XVIII – Воицкий р-к, Карелия, добыча меди и попутно золота и серебра.
- 1745 г. – установлено наличие коренного золота на Урале - открытие Березовского м-я. В 1814 там же были открыты первые россыпи.
- Пик открытых россыпей на Урале – 1823-1824 гг (россыпи Миасской долины – до 100 г на т, много самородков).



*Золото с теллуридами в кварце.
Березовское м-ние, Ср. Урал*

История добычи золота

- 1830-1840-е годы – россыпи Западной Сибири (Алтай, верховья Иртыша, Енисейский район золотоносных россыпей)
- Рассыпи Восточной Сибири (1840-е гг. - р. Олекма; 1860-е гг. - р. Витим; 1870-е гг. - р. Бодайбо)
- Конец XIX – начало XX веков – россыпи Приамурья (рудники «Золотая гора», «Аляска», «Клондайк», «Калифорния», «Эльдорадо»; старательские республики)
- 1920-е годы – открытие богатейших россыпей Алдана
- 1928 г. – открытие россыпей Колымы
- Конец 20-х – начало 30-х годов – рудные месторождения Забайкалья (Балей, Дарасун)
- Послевоенный период – россыпи Чукотки, коренные месторождения Средней Азии, Забайкалья, Дальнего Востока...

Значение и использование золота

Золото практически не терялось в процессе исторических катализмов, а лишь накапливалось и переплавлялось.

К концу 2003 мировые запасы добываемого золота составили около **150 тыс. тонн**. Эти запасы распределены следующим образом:

- государственные ЦБ и международные финансовые организации - около 30 тыс. тонн;
- в ювелирных изделиях - 79 тыс. тонн;
- изделия электронной промышленности и стоматологии - 17 тыс. тонн;
- инвестиционные накопления - 24 тыс. тонн.

Золото - важнейший элемент мировой финансовой системы (оно не подвержено коррозии, имеет много сфер применения, а запасы его невелики).

Более 2500 лет монетарного золота. 1976 г – демонетизация золота.

Значение и использование золота

Ювелирная промышленность – сплавы с серебром, медью, палладием и др. *Значительная часть добываемого сейчас золота идет в ювелирную промышленность!*

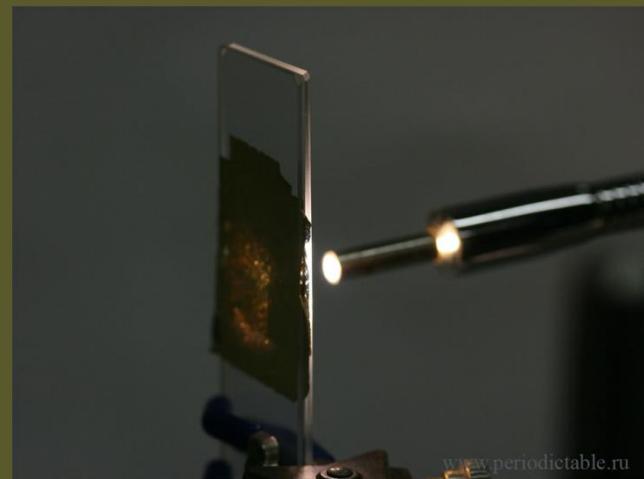
Золотые покрытия - декоративные цели, получение зеркальных покрытий и защита металлов от коррозии.

Золото незаменимо в электронике (золотые проводники, электрические контакты).

Золото чрезвычайно пластичный металл, из него можно изготавливать тончайшие нити (из одного грамма можно вытянуть проволоку длиной в три километра) и фольгу толщиной меньше микрометра («сусальное золото»).

Стоимость тройской унции (31,1035 гр) золота в 2011 почти достигла 2000 \$!

Благодаря высоким ценам на золото в последние десятилетия во многих странах 60-80 % финансирования геолого-разведочных работ приходится на золотые месторождения.



www.periodictable.ru



www.periodictable.ru

О миграции золота

При высоких Т Au рассеяно. В высокотемпературных обстановках Au может растворяться в любых металлических расплавах, а также в сульфидных расплавах, свойства которых близки к металлическим. При флюидной или иной переработке Au покидает высокотемпературные твёрдые р-ры и формирует собственные минералы.

В эндогенных условиях. Легко летучие соединения – хлорное золото AuCl_3 и комплексы типа HAuCl_4 , $\text{Au}(\text{CO})_n$. В гидротермальных растворах Au мигрирует в хлоридных, гидросульфидных ((Au(HS) и т.п.) и гидрооксидно-гидросульфидных комплексах. Pd и Pt мигрируют совместно с Au только в гидротермах с повышенным окислительным потенциалом.

В экзогенных (гипергенных) условиях. Au мигрирует в виде золото-органических соединений с фульвокислотами (органические кислоты почв, торфяников и т.д.). Au совместно с кремнезёмом мигрирует в сернокислотных растворах с низким pH.

О миграции золота

Золото и серебро химически близки. При этом кларки серебра в *10-100 раз* больше кларков золота.

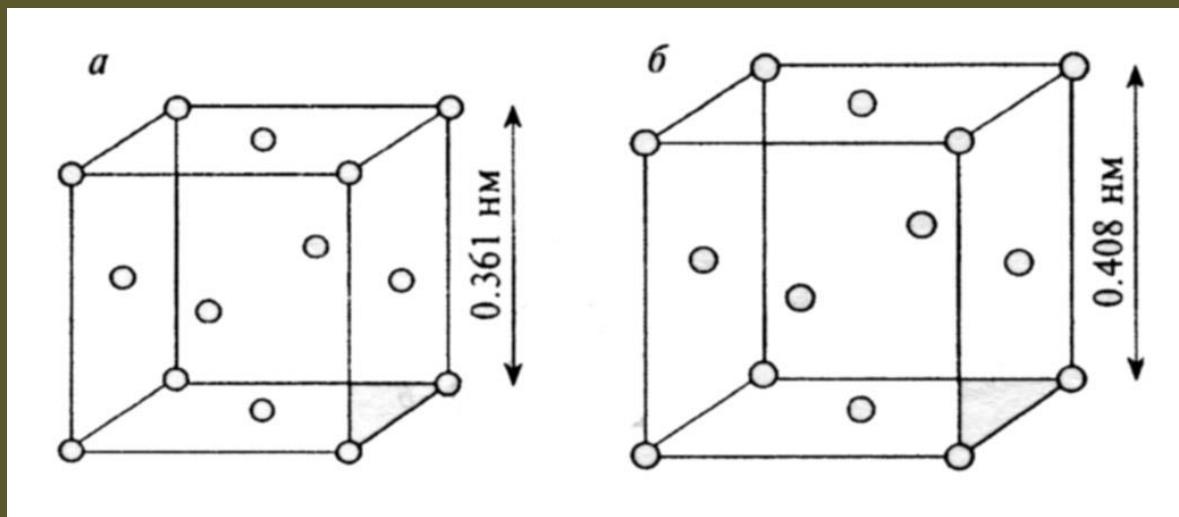
Разделению золота и серебра в процессах образования руд способствует более *высокая халькофильность серебра*.

Поэтому основная масса серебра в рудах связана халькогенидами (акантит, минералы группы блёклых руд и др. сульфосоли, гессит и др.), меньшая часть связана в самородном золоте и иных минералах Au.

САМОРОДНОЕ ЗОЛОТО

Известно более 30 минеральных видов Au! Самородное золото – главный промышленный источник Au.

Группа меди



*а – самородная медь;
б – самородное золото*

Группа меди:

Самородная медь

Самородное золото

Самородное серебро

Структура типа ПКУ с КЧ металлов 12. Ячейка гранецентрированная. Кубическая сингония.

САМОРОДНОЕ ЗОЛОТО

САМОРОДНОЕ ЗОЛОТО - МИНЕРАЛЫ СИСТЕМ:

- Au – Ag
(непрерывная серия кубических твёрдых растворов)
- Au – Ag – Hg
(ограниченные твердые растворы – амальгамы; интерметаллиды)
- Au – Cu
(ограниченные твердые растворы; интерметаллиды)
- Au – Pd, Pt
(непрерывная серия кубических твёрдых растворов)

Минералы системы Au-Ag

Au-Ag - непрерывная серия кубических твёрдых растворов

Главная характеристика состава—пробность $Au/(Au+Ag) \cdot 1000$

1000 - 700 - золото

700 - 300 - электрум

300 - 100 - кюстелит

100 - 0 - (Au)-серебро

Характерно снижение пробности золота от ранних выделений к более поздним (прямая зональность золота), что связано с падением активности S, As и Te на завершающих стадиях процесса рудообразования.

Плотность, окраска и твердость зависит от состава (пробности)

Минералы системы Au-Ag

Форма выделений:

тонкодисперсное золото,
порошковатое, пленочное,
губчатое и тонкодендритное,
дендриты, проволочное
золото, пористые и массивные
агрегаты;

кристаллы октаэдрического,
ромбододекаэдрического,
кубического габитуса;

известны скелетные
кристаллы, двойники.

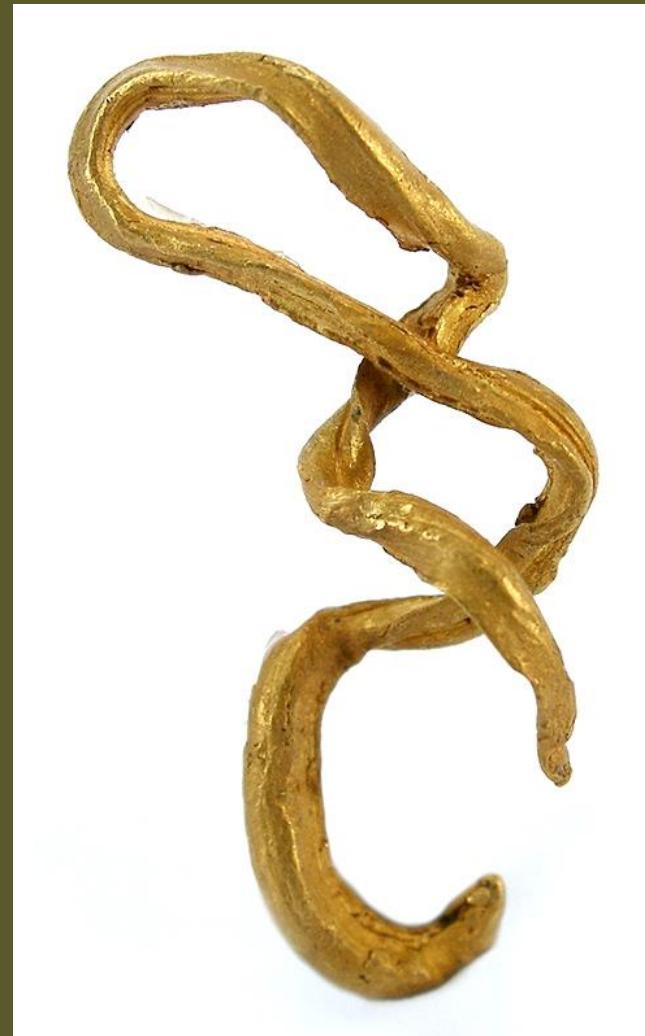


*Вкрапления позднего золота в
молочно-белом кварце.
Акбакай, Центр. Казахстан*



*Тонкодендритное золото на
породе, Невада*

Минералы системы Au-Ag



Проволочное золото, Якутия

Минералы системы Au-Ag



*Пластинчатое золото.
Румыния.*

*Пластинчатые выделения золота.
Колорадо. Высота более 15 см.*

Минералы системы Au-Ag



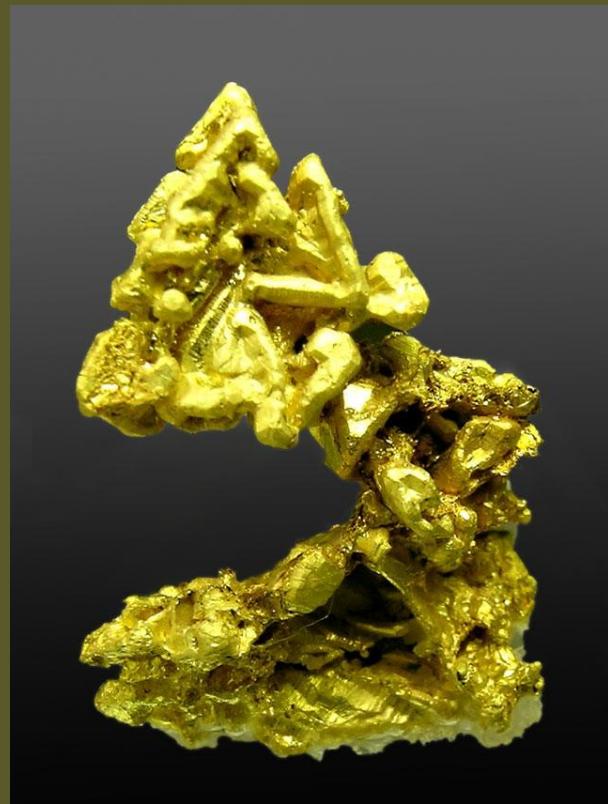
*Дендриты и кристаллы
самородного золота,
Калифорния*



*Дендрит
самородного золота,
Закарпатье.
Украина*



Минералы системы Au-Ag

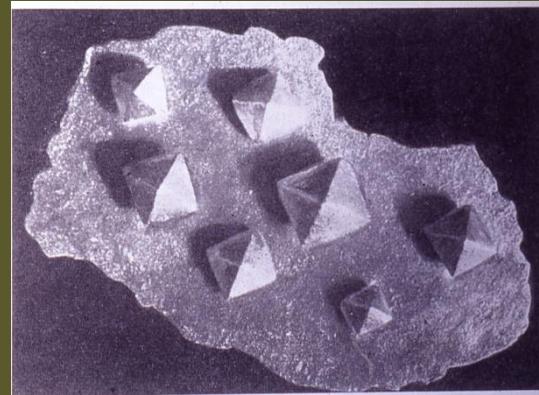


Скелетные кристаллы золота, Калифорния

Минералы системы Au-Ag



Сросток октаэдрических
кристаллов золота. Калифорния.
154,5 г. Добыт в 1850-ые гг.



Автоэпитаксия:
октаэдры на
пластинчатом
кристалле
золота.
Южный Урал



Кубооктаэдры(?)
золота



Тетрагонтриоктаэдр
золота

Минералы системы Au-Ag



Сростки кристаллов золота, Калифорния

Минералы системы Au-Ag

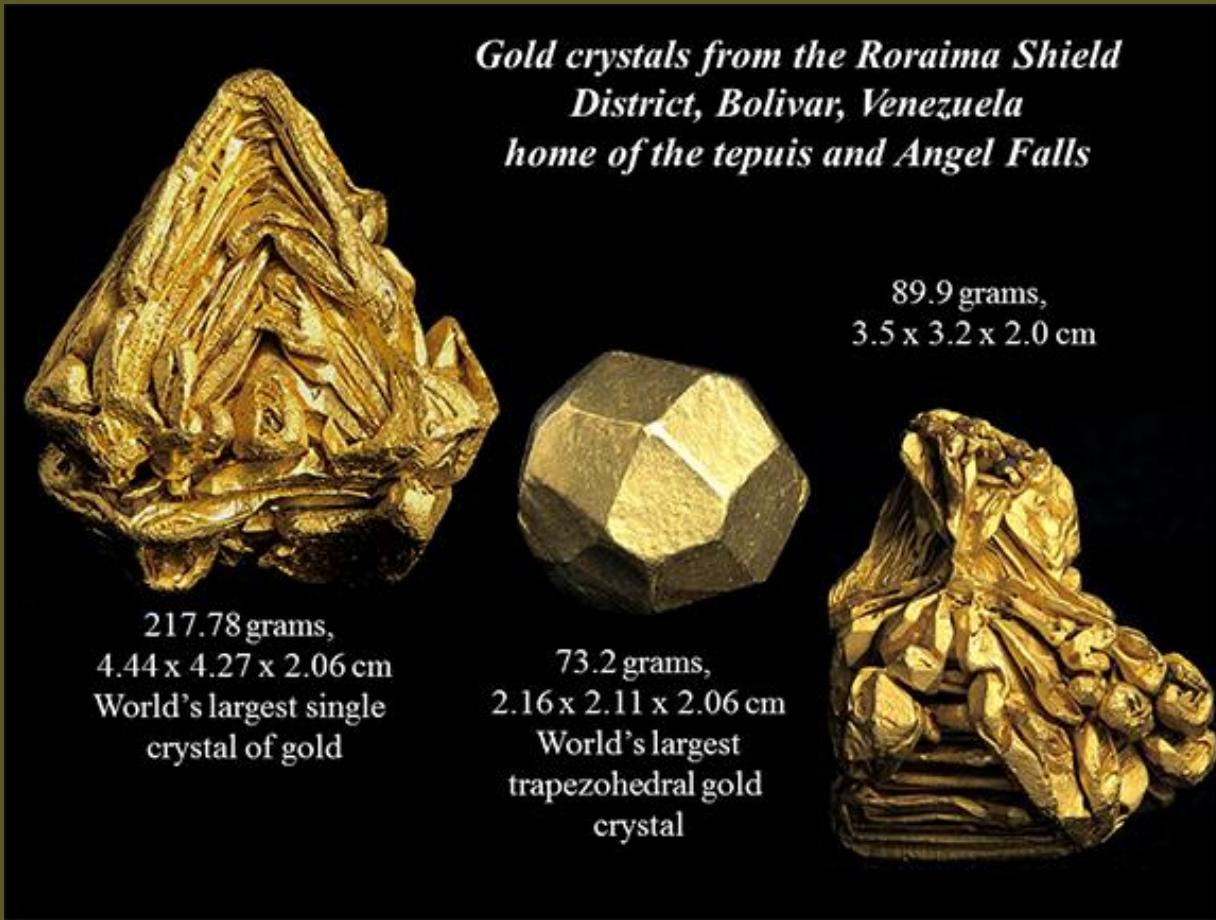


Сросток кристаллов
самородного золота. Аляска.



Сросток кристаллов золота на
кварце, Калифорния

Минералы системы Au-Ag



В университете Майами Джоном Рэкованом (John Rakovan) были изучены уникальные кристаллы золота из россыпей Венесуэлы.

Методами рентгеновской и нейтронной дифракции было доказано, что образец 4.44×4.27×2.06 см, массой 217.78 гр. представляет собой монокристалл.

Минералы системы Au-Ag

Размерность:

Самородки >1 г = >4x4x4; >5x5x2; >10x10x0.5мм

Крупные золотины	более 5 мм
Средние	1 – 5 мм
Мелкие	0.1 – 1 мм
Тонкие	0.01 – 0.1 мм (>10 микрон)
Ультратонкие	менее 0.01 мм (< 10 микрон)
Коллоидное золото	менее 0.0001 мм (< 0.1 микрон)

Свободное золото, золото в сульфидах и сульфоарсенидах

Извлечение золота

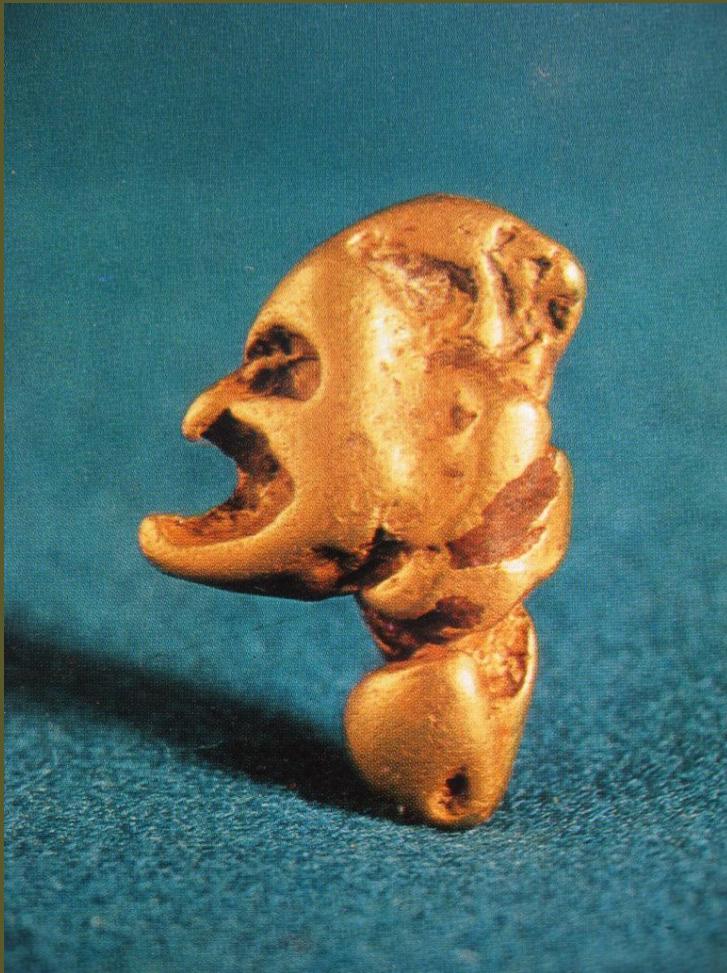
Крупнейшие исторические самородки золота

- 2500 кг - м-ние Зарубан,
Афганистан (по Аль-Бируни);
- 960 кг - м-ние Ейле, Чехия
(найден в 742 г.);
- 286 кг - 140^х66^х10 см –
Австралия;
- 193 кг – Бразилия;
- 153 кг – Чили;
- 36 кг – Россия;
- 4 кг – Болгария;



Самородок золота, Аляска

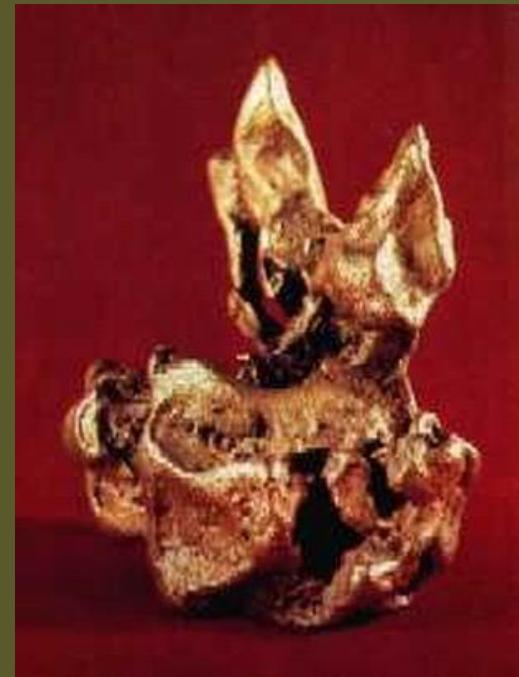
САМОРОДКИ АЛМАЗНОГО ФОНДА



Самородок "Мефистофель"
Вес 20,25 г.



Самородок «Верблюд». Вес 9,3 кг



Минералы системы Au-Ag-Hg

Амальгамы

ртутистое золото (Au, Hg), куб., до 18 масс.% Hg

ртутистый электрум (Au, Ag, Hg)

ртутистый кюстелит (Ag, Au, Hg)

ртутистое серебро (Ag, Hg), до 26 масс.% Hg

Интерметаллиды

ауригидрагирумит Au_6Hg_5 , гекс.

вейшанит $(Au,Ag)_{1.2}Hg_{0.8}$, гекс.



Кристаллы
вейшанита, Keystone
Mine, Colorado, USA
<https://www.mindat.org>



Минералы системы Au-Ag-Hg

Амальгама Au возникает при обилии ртути и низкой $f\text{S}_2$ в гидротермальных месторождениях золота любого типа -плутоногенных, вулканогенных и телетермальных.

Ртутистое золото макро- и микроскопически не отличимо от обычного самородного золота.

Ртутистое золото в ассоциации антимонитом и ртутистым тетраэдритом
Фото Э.М.Спириданова



Минералы системы Au-Cu («медистое золото»)

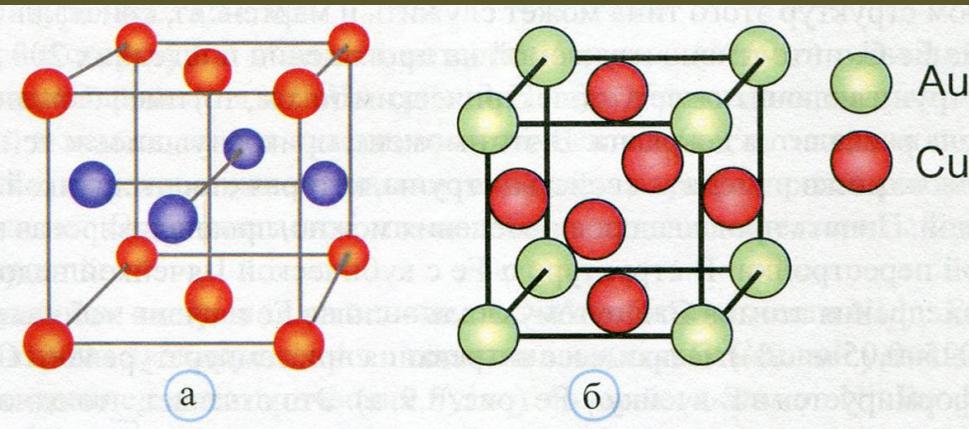
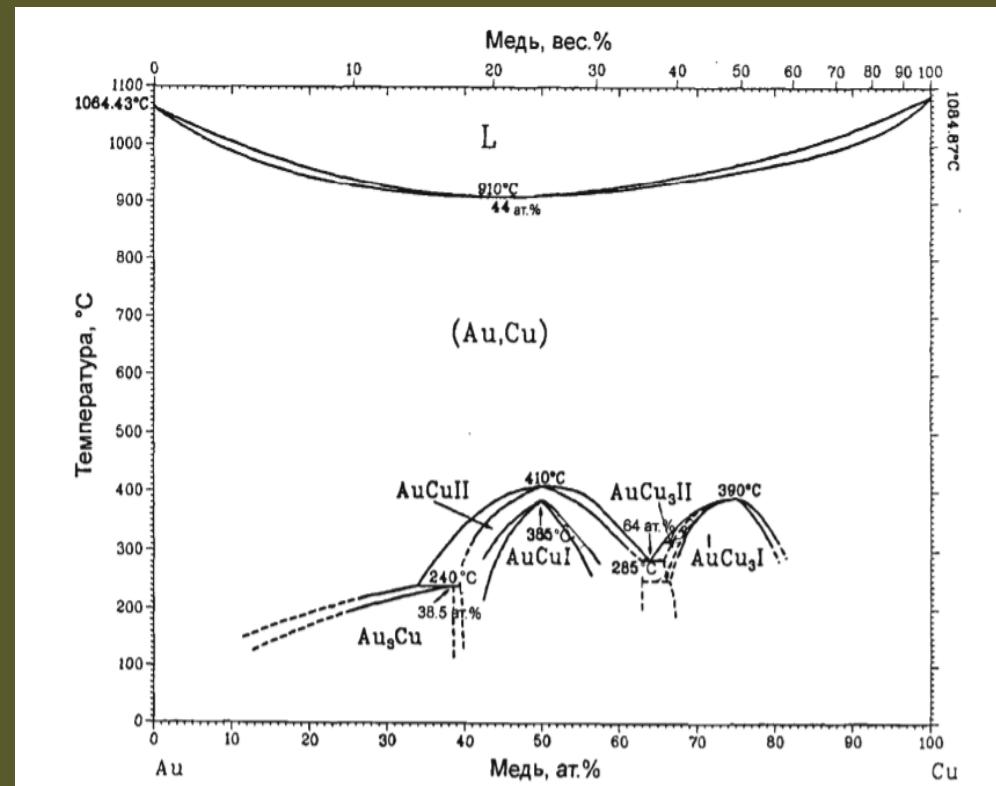
Высокотемпературные кубические твердые растворы (Au,Cu)

При пониженной Т формируются упорядоченные фазы:

аурикуприд - AuCu_3

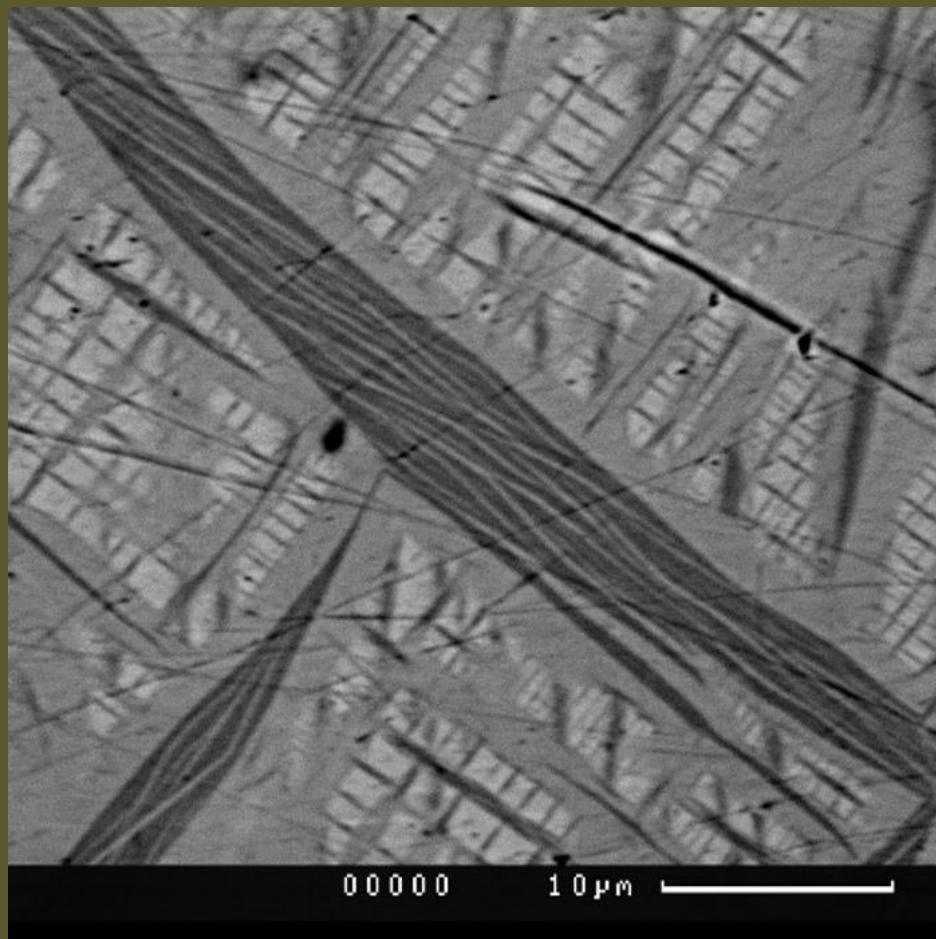
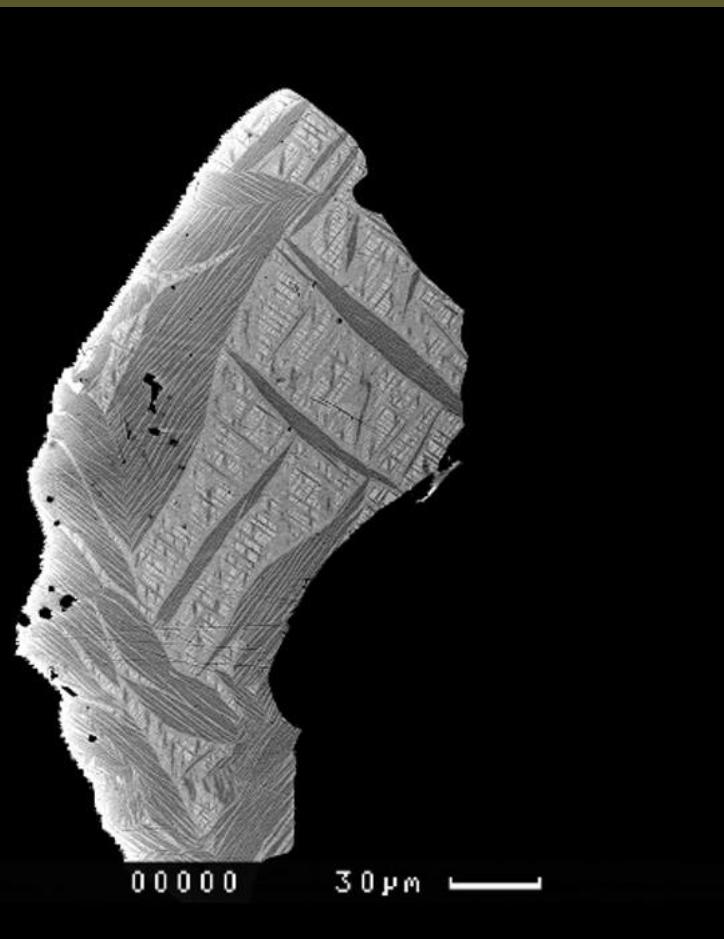
тетрааурикуприд - AuCu

минерал Au_3Cu - Au_3Cu



Структурные типы CuAu (a) и Cu_3Au (б).
(Пущаровский, 2020).

Минералы системы Au-Cu («медистое золото»)



Решетчатые срастания минералов золота - структуры многоступенчатого распада твердого раствора и полиморфных превращений. Снимки в отраженных электронах.

Спиридонов,
Плетнев, 2002

Минералы системы Au-Cu («медистое золото»)

Минералы системы Au–Cu - продукты реакции золотоносных растворов с самородной медью при крайне низкой $f\text{S}_2$



Фото Спиридонова Э.М.

Аурикуприд AuCu_3

Гидротермальное плутоногенное м-ние Золотая Гора



<https://www.mindat.org/>

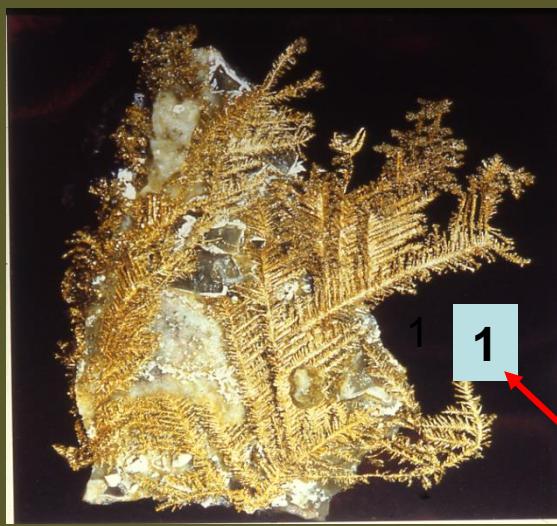
Минералы системы Au-Pd,Pt

- Непрерывные твердые растворы Au – Pt,Pd
- Ограниченнaя смесимость Au с Rh
- Au твердые растворы с Os, Ru и Ir не образует!

Платинистое золото встречается редко, палладистое золото (порпецит) более распространено.

Палладистое золото характерно для телетермальных месторождений, возникших при высокой $f\ O_2$ (сера окислена) и низких $a\text{Se,Te,As,Sb,Bi}$.

Палладистое золото (порпецит)



Гидротермальные
жилы с кальцитом и
кварцем, гематитом,
селенидами.

Девоншир, ЮЗ
Англия

Pd, масс. %



*Серая окраска
палладистого
золота*

Минералы систем Au-Bi,Sb(S)

Мальдонит

Au_2Bi , куб.

Джонассонит

AuBi_5S_4 , мон.

Ауростибит

AuSb_2 , куб. (гр. пирита)

Мальдонит и джонассонит образуются при наложении золотоносных гидротерм на более ранние руды с самородным висмутом.

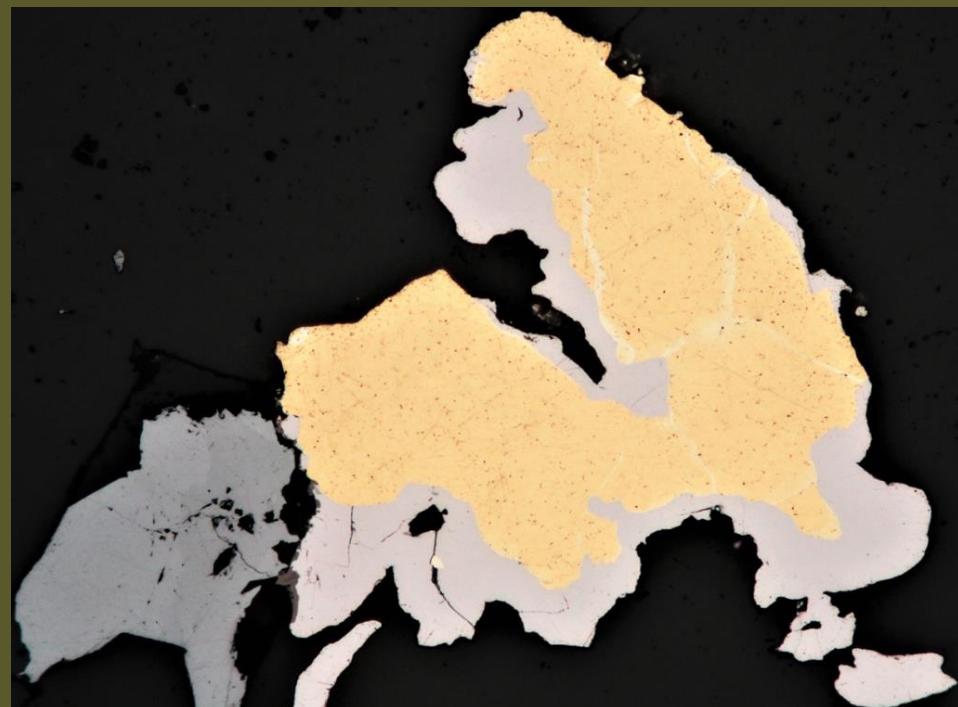
Мальдонит Au_2Bi - индикатор низкой $f\text{S}_2$. Легко замещается агрегатами золота и висмута в соотношении 2:1.

Джонассонит AuBi_5S_4 - индикатор высокой $f\text{S}_2$.

Минералы систем Au-Bi,Sb(S)

Ауростибит образуется в гидротермальных месторождениях золота различных типов при наложении Sb минерализации с самородной сурьмой на более раннее золото.

При разложении мальдонита и ауростибита образуется золото с пробностью 1000!



Частичное замещение самородного золота ауростибитом в ассоциации со стибнитом (серый). Фото в отраженном свете, ширина изображения 0.5 mm.

<https://www.mindat.org/>
Foto G. Grundmann.

Минералы системы Au-Ag-S

Типичные образования вулканогенных месторождений от колчеданных до убогосульфидных. Известны в зоне цементации кор выветривания. Образуются при очень высокой $f\text{S}_2$, иногда в парагенезисе с самородной серой.

- Айтебогардтит (ютенбогаардтит) AuAg_3S_2
- Петровскait $\text{AuAg}(\text{S},\text{Se})$
- Пенжинит $\text{AuAg}_4(\text{S},\text{Se})_4$

Минералы системы Au-Ag-Te

Характерные минералы гидротермальных плутоногенных и особенно вулканогенных месторождений Au, также слабо метаморфизованных месторождений.

Генеральный тренд в ходе рудообразования $\text{Au}+\text{Te} \rightarrow \text{Au}, \text{Ag}+\text{Te} \rightarrow \text{Ag}, \text{Au}+\text{Te} \rightarrow \text{Ag}+\text{Te}$.

Монтбрайит

$\text{Au}_2(\text{Te}, \text{Sb}, \text{Pb}, \text{Bi})_3$

Калаверит

AuTe_2

Креннерит

$\text{Au}_3(\text{Ag}, \text{Au}, \text{Cu})\text{Te}_8$

Сильванит

$\text{Au}(\text{Ag}, \text{Au}, \text{Cu})\text{Te}_4$

Костовит

$\text{Au}(\text{Cu}, \text{Ag}, \text{Au})\text{Te}_4$

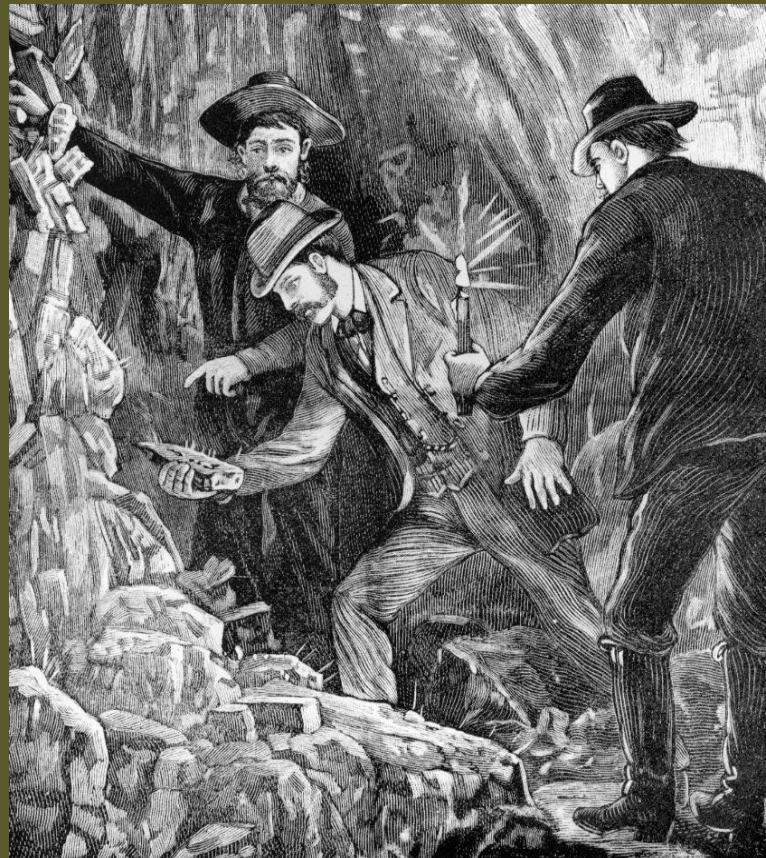
Петцит

AuAg_3Te_2

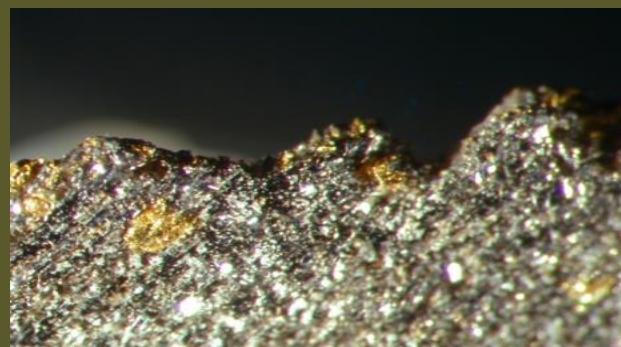
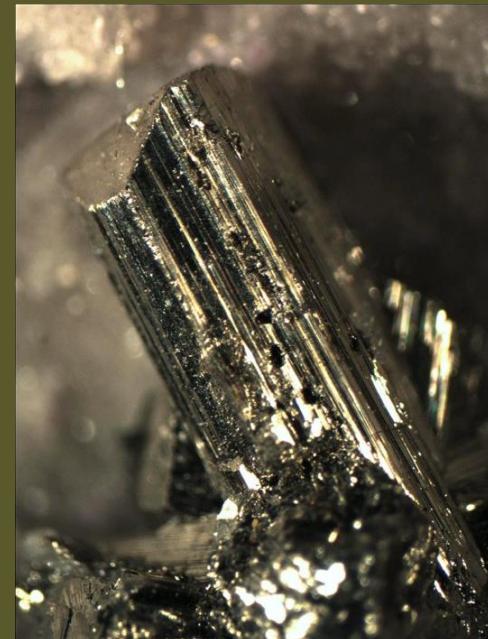
Гессит

Ag_2Te

Минералы системы Au-Ag-Te



В этой полости Крессон-Вуг
в виде кристаллов калаверита
собрали 6 тонн золота



Калаверит AuTe_2 и самородное золото
вулканогенного месторождения Крипл-
Крик, Колорадо

Минералы системы Au-Ag-Te

Сильванит $\text{Au}(\text{Ag},\text{Au})\text{Te}_4$ – «письменная золотая руда»

в некоторых месторождениях основной носитель золота



Байя де Арьеши,

Западные
Карпаты.

Сильванит



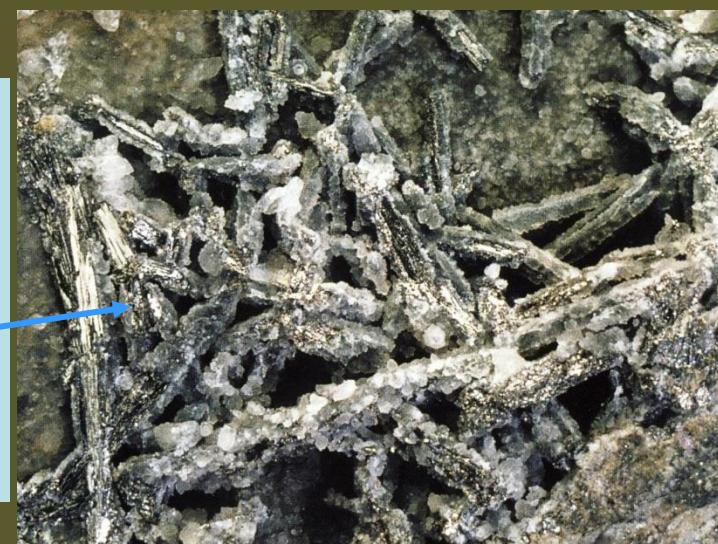
В отраж. свете



Крипл-Крик.

Парагенез

сильванит +
кварц + халцедон



Наиболее распространенные теллуриды Au и Ag – петцит AuAg_3Te_2 и гессит Ag_2Te



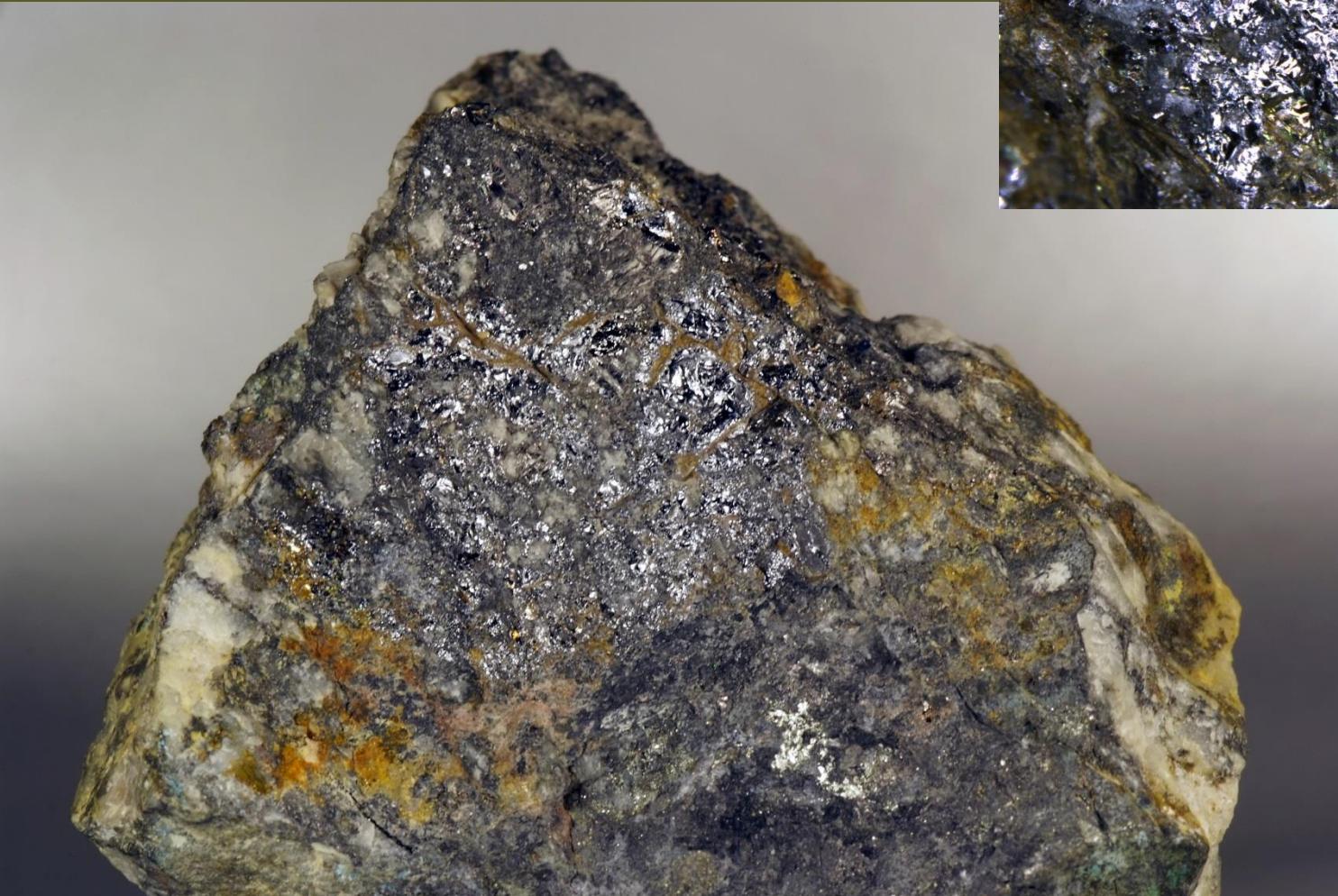
Крупное

гнездо

петцита,

размер поля

зрения 2 см.



Размер поля
зрения 8 см.

Агрегаты петцита и гессита (м-е Сентябрьское, Чукотка)

Сложные халькогениды золота, содержащие теллур – типоморфные образования вулканогенных месторождений золота

Нагиагит	$\text{AuPb}(\text{Te},\text{Sb},\text{As},\text{Bi})\text{S}_6$
Музеумит	$\text{AuPb}_5\text{Te}_2\text{SbS}_{12}$
Бакхорнит	$\text{AuPb}_2\text{Te}_2\text{BiS}_3$
Криддлеит	$\text{AuAg}_3\text{TlSb}_{10}\text{S}_{10}$

Нагиагит – «(серая) листоватая золотая руда». В некоторых месторождениях – основной носитель золота (Сэкэримб, ранее Нагиаг, Румыния)



Типы золотой минерализации (по Спиридову Э.М.)

1. Пневматолитовая:

- а. *в отложениях вулканических эксгалаций,*
- б. *в магматических сульфидных залежах*
- в. *в зональных базит-гипербазитовых платиноносных комплексах*

2. Гидротермальная:

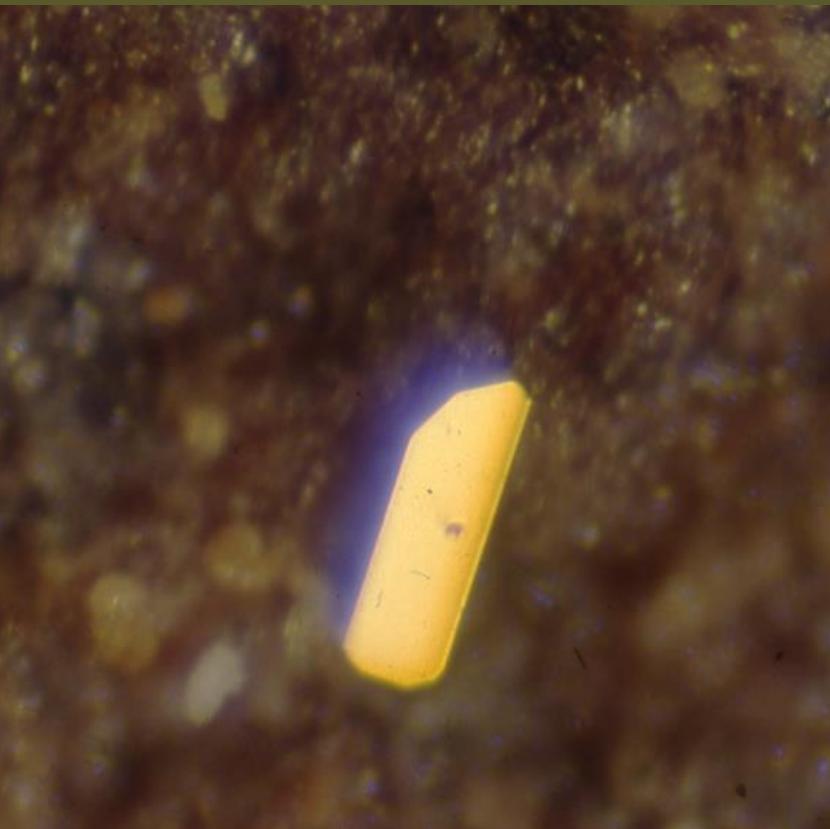
- а. *плутоногенные формации складчатых областей* – золото-кварцевая березит-лиственитовая, медно-порфировая и др.;
- б. *вулканогенные формации складчатых областей, островных дуг и срединно-океанических хребтов* – золото-серебро-колчеданная, золото-серебряная эпигидротермальная и др.;
- в. *теплительные формации* – золото-сурьмяная, золото-рутутная, пятиметальная.

3. Гипергенная

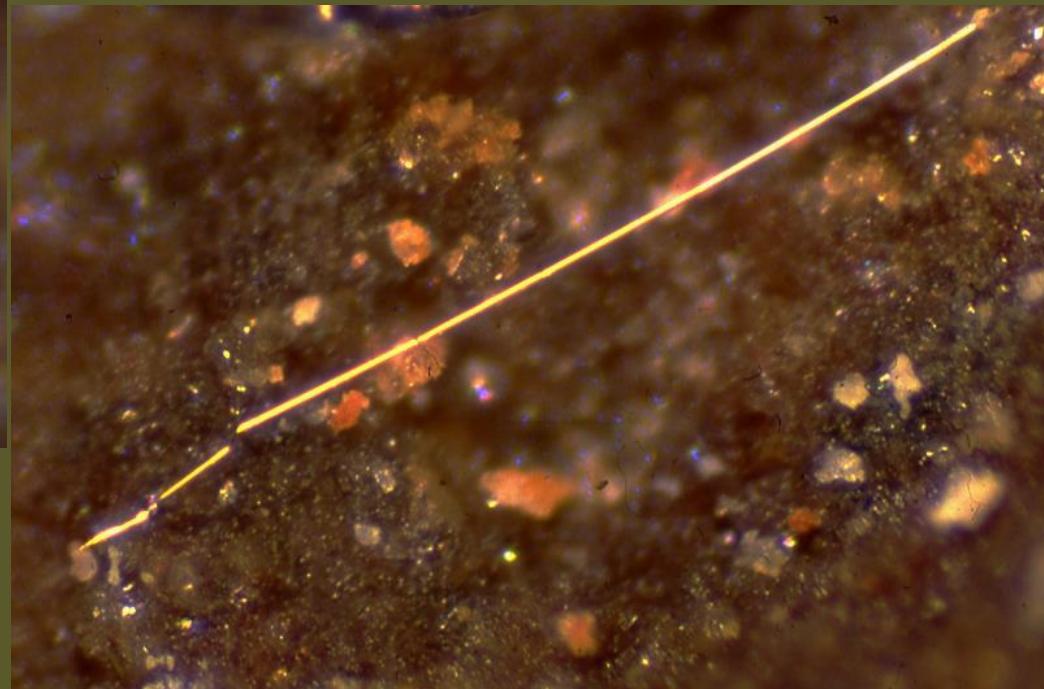
4. Метаморфизованные золоторудные формации

Генетические типы месторождений Au

Пневматолитовая Au минерализация в отложениях вулканических эксгалаций



Ширина поля зрения 4 мм



*Кристаллы золота
среди фумарольных
отложений Большого
трещинного извержения
вулкана Толбачик,
Камчатка*

Генетические типы месторождений Au

Пневматолитовая Au минерализация малосульфидных платиноидных м-ний.

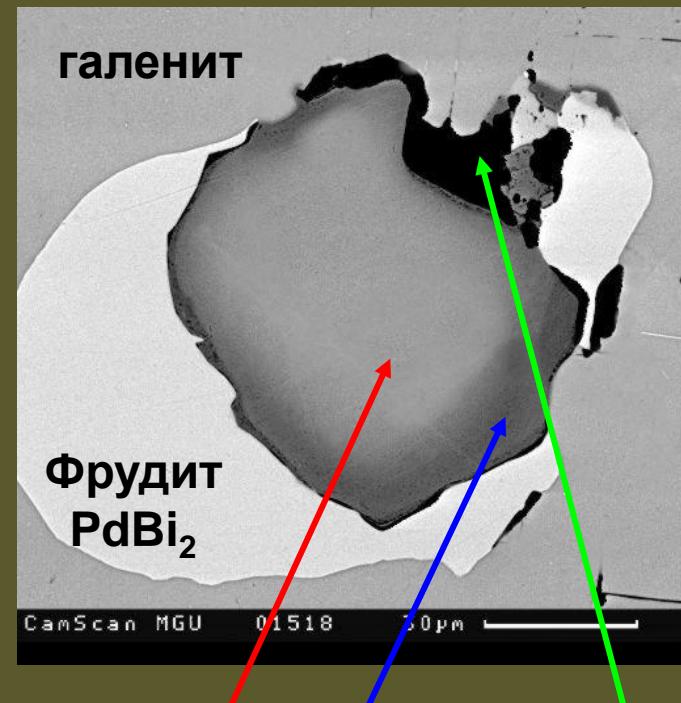
Хромититы среди пегматоидных дунитов, Кондёрский интрузив, Алданский щит.



Золото на кристалле изоферроплатины Pt_3Fe . 8 мм

Пневматолитовая золотая минерализация в магматических сульфидных залежах.

Норильское рудное поле. Тесная ассоциация Au с минералами ЭПГ.



Электрум, кюстелит, Au-серебро.
Фото Спиридонова Э.М.

Генетические типы месторождений Au

Гидротермальные месторождения – основные промышленные источники золота. Т отложения золота обычно 170-200° С.

Плутоногенные гидротермальные месторождения

- *Гипабиссальные месторождения* (1-3 км, Р = 0.3-1 кбар).
Бестюбе, Казахстан;
- *Мезоабиссальные месторождения* (3-5 км, Р = 1-1.8 кбар).
Березовское м-е, Урал;
- *Абиссальные месторождения* (5-12 км, Р=2-3.5 кбар).
Джеламбет, Казахстан; Колар, Индия

Системы закрытые, м-ния, как правило, связаны с средне-низкотемпературным углекислотным метасоматозом метасоматозом.

Малоглубинные месторождения – характерна зональность золотин и значительные примеси Hg. С увеличением глубинности возрастает пробность золота. Золото мезоабиссальных и абиссальных месторождений обычно не зонально.

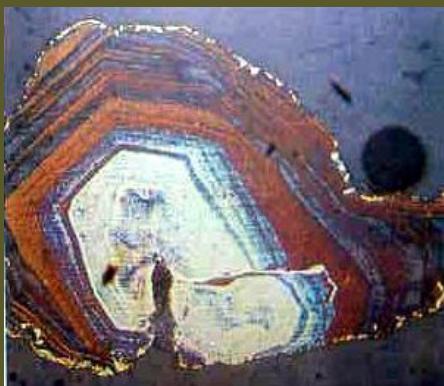
Плутоногенные месторождения золота – важный источник золота россыпей.

Минералы системы Au-Ag гидротермальных м-ний

Вулканогенные золото-серебряные м-ния.

- Флюиды сернокислотные
- Среднее отношение Ag:Au 100:1
- Классическое «белое золото» - электрум
- Золото зональное
- Разнообразие форм в пределах одного месторождения, типичны скелетные кристаллы и дендриты

Меньший по сравнению с плутоногенными месторождениями россыпебразующий потенциал



Зональная золотина,
протравленная «царской
водкой». Ядро – серебристое
золото, далее чередование
электрума и кюстелита.
По краю – кайма
гипергенного высокопробного
золота

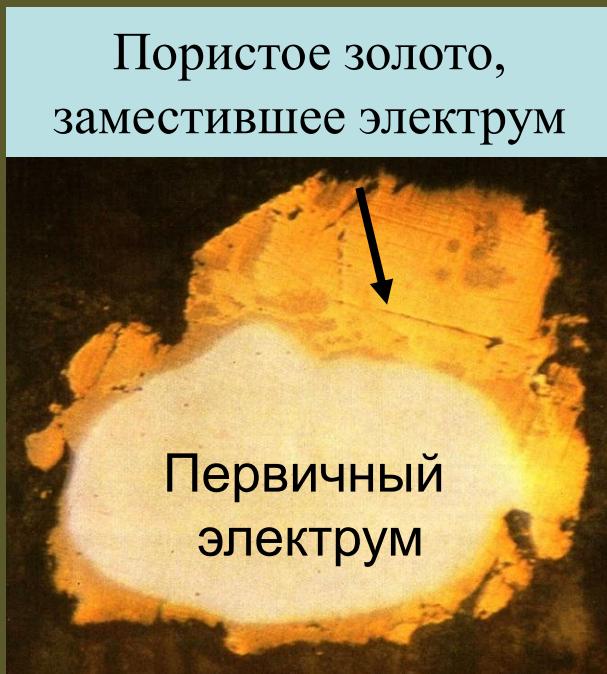


Генетические типы месторождений Au

Au в гипергенных условиях.

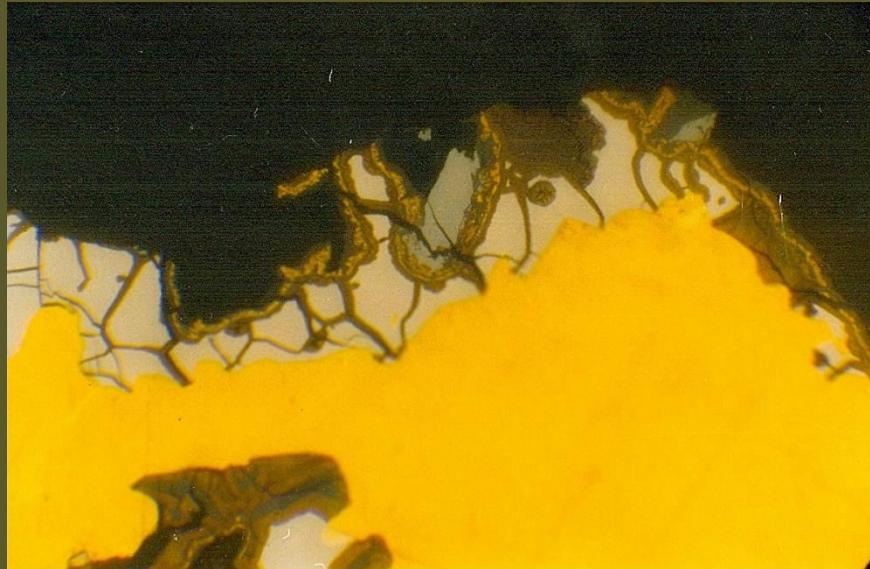
В гипергенных условиях Au мигрирует в виде золото-органических соединений с фульвокислотами или в сернокислотных растворах с низким pH.

- Новообразованное золото кор выветривания и россыпей.



- Выщелачивание Ag из золотин - формирование кайм крайне высокопробного золота (до 1000).
- В присутствии Cl на поверхности золотин образуется хлораргирит ($AgCl$)

Генетические типы месторождений Au Au в гипергенных условиях.

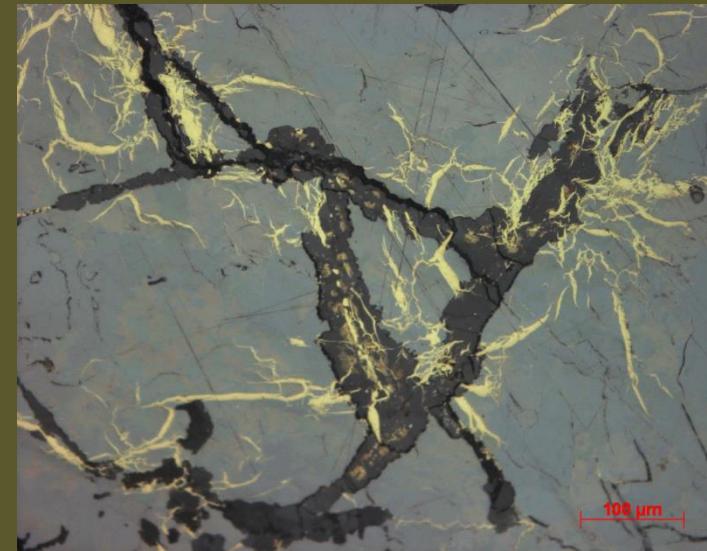


Реакционные каймы ауростибита AuSb_2 вокруг золота частично или полностью замещены агрегатами тонкокристаллического крайне высокопробного горчичного золота в смеси с оксидами сурьмы. Сентачан, Якутия.

Фотографии в отражённом свете



Парателлурит TeO_2 и самородное золото в трещинах кварц-теллуридных агрегатов. Размер поля зрения 1 см.



Горчичного или тонкофестончатого золота в гнездах и прожилках гипергенного парателлурита, замещающих петцит-гесситовые агрегаты. Сентябрьское м-е, Чукотка

Генетические типы месторождений Au Au в гипергенных условиях.

В зонах цементации кор выветривания могут встречаться сульфиды Au-Ag (айтенбогардит, петровскait, пенжинит), а также на золото–теллуридных месторождениях по гипогенным теллуридам могут образовывать псевдоморфозы пломботеллуриды Au-Cu-Fe.

- билибинскит $Au_{5-6}Cu_{3-2}(Te,Pb,Sb)_5$
- богдановит–Fe $Au_5FeCu_2(Te,Pb)_2$
- богдановит–Cu $Au_5Cu_3(Te,Pb)_2$
- безсмертновит $Au_4Cu(Te,Pb)$



Интенсивные цветные двутражение
и анизотропия в богдановите. Фото Э.М.Спиридонова

Генетические типы месторождений Au

Метаморфизованные месторождения

- Пострудным метаморфизмом могут быть захвачены месторождения самого разного возраста. При перекристаллизации руд происходит *гомогенизация* золотин, нередко их *укрупнение*. В последнем случает повышается россыпебразующий потенциал месторождения.
- При контактовом метаморфизме плутоногенных месторождений золота в их холодных участках появляется метаморфогенное ртутистое золото (Кочкарское рудное поле).

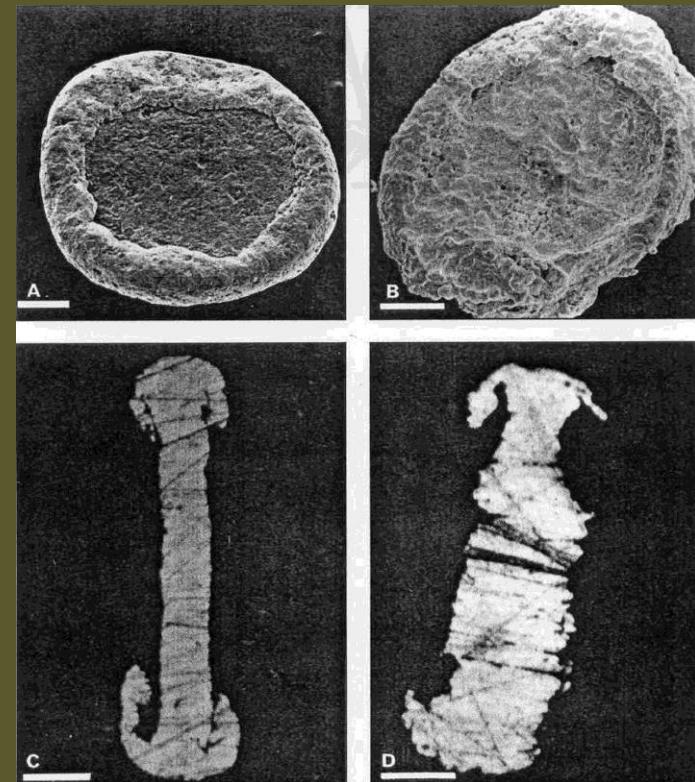
Минералы системы Au – Ag

Метаморфизованные месторождения

*Золотоносные конгломераты
Витватерсранда – самая
значительная концентрация золота
на Земле!*



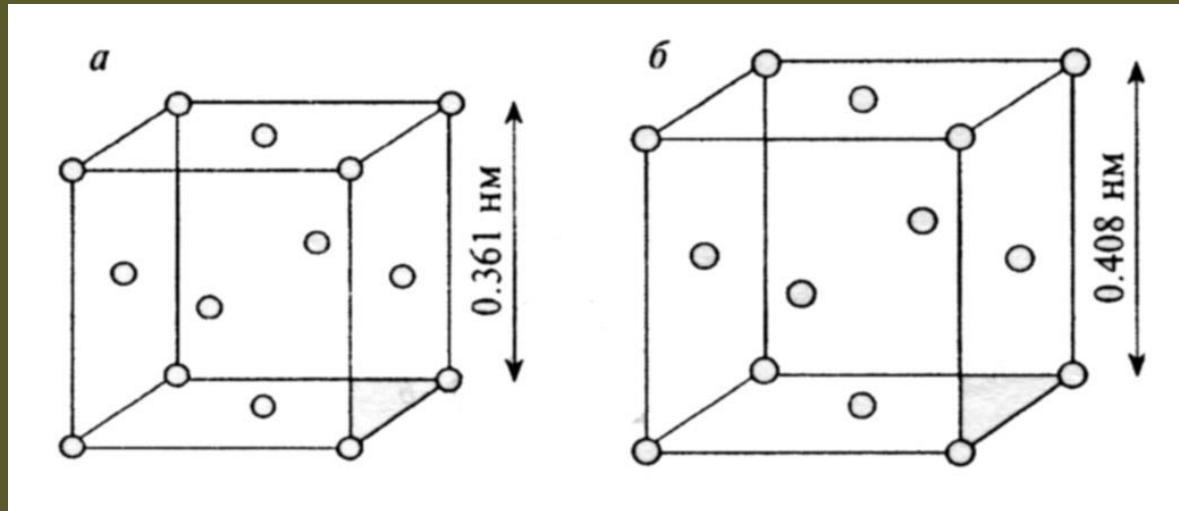
*Золото-платиноносный
конгломерат с пиритовыми
гальками. Витватерсранд*



Слева: золовое золото – золотина в форме тороида из современной россыпи в долине реки Баага, Якутия.

Справа: аналогичная по форме золотина из россыпей AR2- PR1 Витватерсранда, Южная Африка

Самородное серебро



*а – самородная медь;
б – самородное золото*

Группа меди:

Самородная медь

Самородное золото

Самородное серебро

Известно около 200 минералов серебра (2020 г.). Большинство из них относятся к халькогенидам (сульфиды, сульфосоли и др.). К классу самородные элементы относится около 10 мин.видов.

Самородное серебро

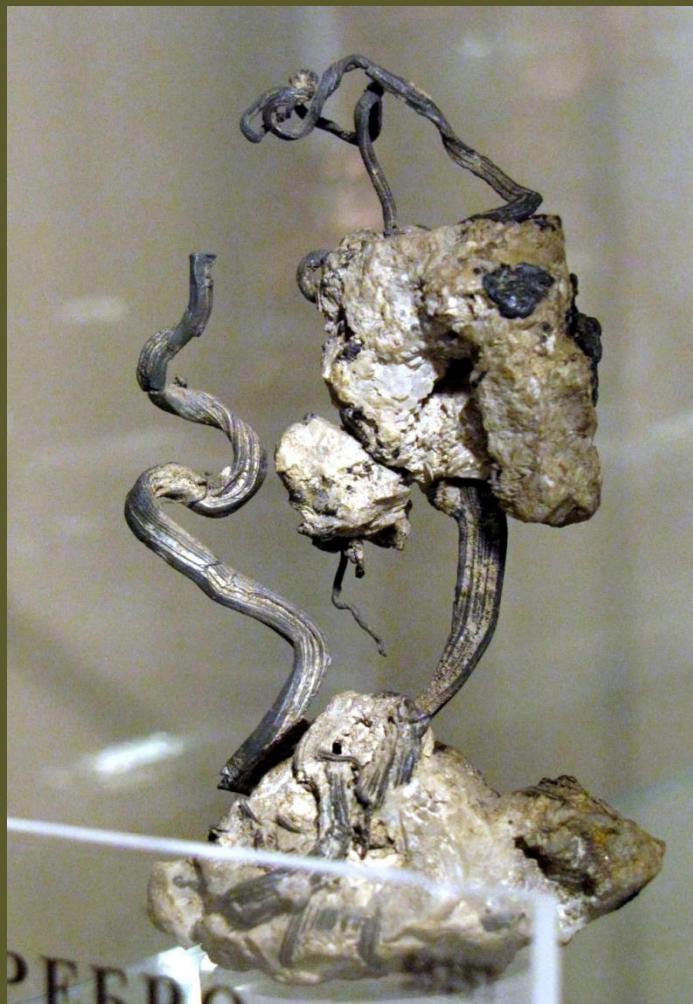
Примеси – Hg (до 45 %), Sb (до 15 %),
Bi (до 5 %)

Формы выделения – кристаллы,
дендриты, проволочные образования,
пластинки, пленки, вкрапленность



Серебро. Пёла, Рудные горы, Саксония, Германия.

Самородное серебро



Серебро. Конгсберг, Норвегия.



Серебро. Германия.

Самородное серебро



Конгсберг, Норвегия. Длина 16 см, масса 2770 г. Самородок получен Петром I в подарок при посещении музея в Копенгагене.
Минералогический музей им. А.Е.Ферсмана

Самородное серебро

Самородное серебро формируется при низкой активности сульфидной серы.

Промышленные скопления связаны с:

- Малоглубинные вулканогенные Ag и Au-Ag месторождения – Восток России, Карпаты, Мексика, Чили;
- Медноколчеданные и полиметаллические месторождения, в том числе жильного типа (самородное серебро в подчиненном количестве, более типичны сульфиды, сульфосоли и теллуриды Ag) – Урал, Алтай, Якутия, Норвегия, Чили;
- Гидротермальные жилы пятиэлементной формации (Ag-Co-Ni-Bi-U) – Германия, Чехия, Кобальт (Канада). На месторождении Кобальт был обнаружен знаменитый «серебряный тротуар» - самородок длиной 30 м (20 т);
- Зоны окисления рудных месторождений. В корах выветривания и россыпях обычно неустойчиво.

Самородная медь

- Отмечаются небольшие примеси Ag, Au, As (первые %)
- Формы выделения – кристаллы, дендриты, проволочные образования, пластинки, пленки, вкрапленность
- Типичны псевдоморфозы
- Обычно ассоциирует с др. минералами Cu



Медь. Ю. Урал, Россия.

Самородная медь



*Медь. Оз. Верхнее,
Мичиган, США.*



*Медь. Потеряевское м-ние, близ г.
Рубцовск, Алтай, Россия.*

Самородная медь - типичны псевдоморфозы



Псевдоморфоза самородной меди по куприту. Рубцовский р-к, Алтай, Россия.



Медь. Псевдоморфозы по кристаллам азурита. Роуз Майн \ Rose Mine, Нью-Мексико, США.

Самородная медь - типичны псевдоморфозы



Псевдоморфоза меди по кристаллу галита. Корокоро \ Corocoro (район), деп. Ла-Пас , Боливия.

Ствол дерева (ливанского кедра) из древней горной выработки, частично заместившийся самородной медью. Mavrovouni Mine, Кипр.



Медь. Частичные псевдоморфозы по арагониту, Корокоро, Боливия. Кристаллы до 3 см.



Генезис самородной меди

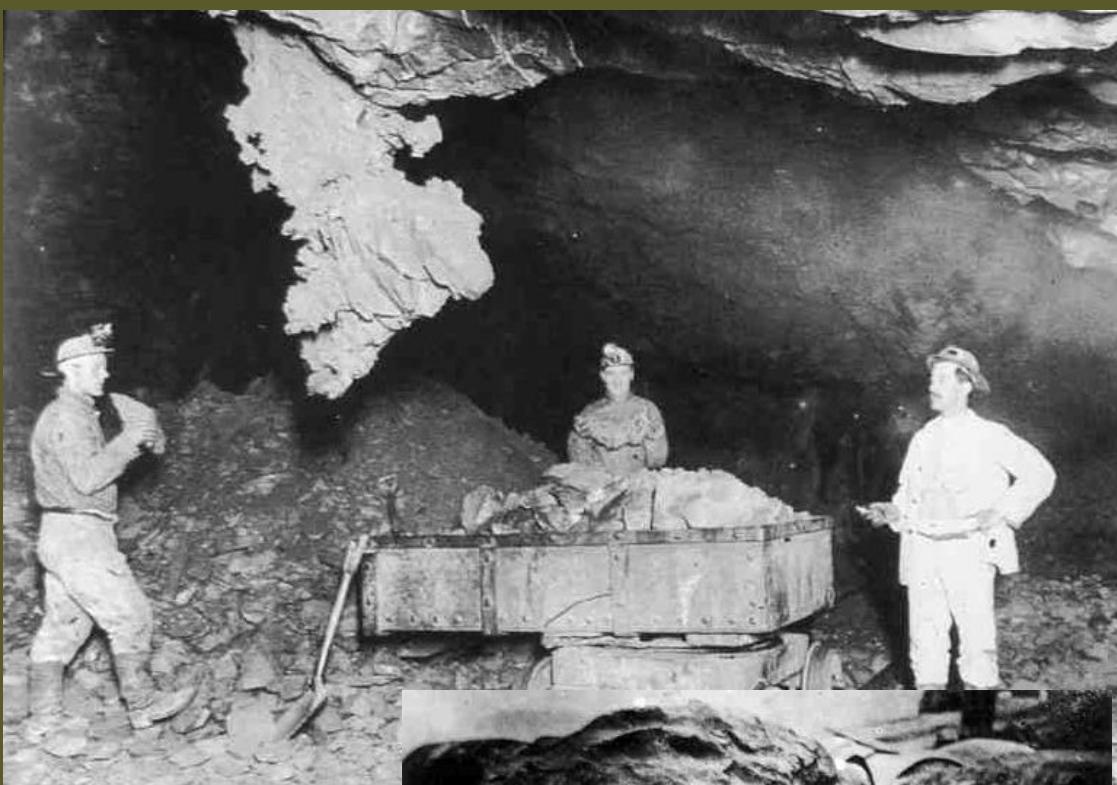
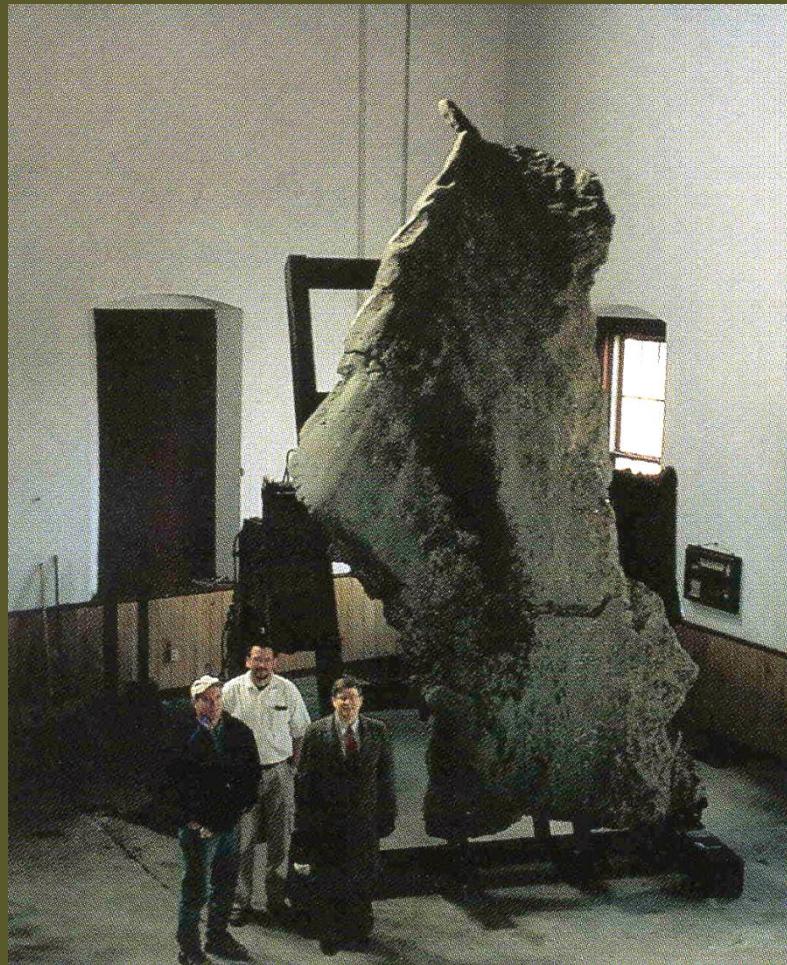
В гипогенных условиях самородная медь редка, формируется в восстановительных условиях при низкой активности сульфидной серы. Самородная медь более характерна для гипергенных образований.

- Редко присутствует в магматических породах (солнечные ПШ)
- Серпентинизированные ультраосновные породы
- Продукты низкоградного метаморфизма (самый крупный самородок 14 x 7 x 2 м, 420 т)
- Зоны окисления медных месторождений

Может накапливаться в россыпях

В некоторые годы самородная медь обеспечивала 8-10 % мировой добычи меди

Месторождения самородной меди Верхнего Озера

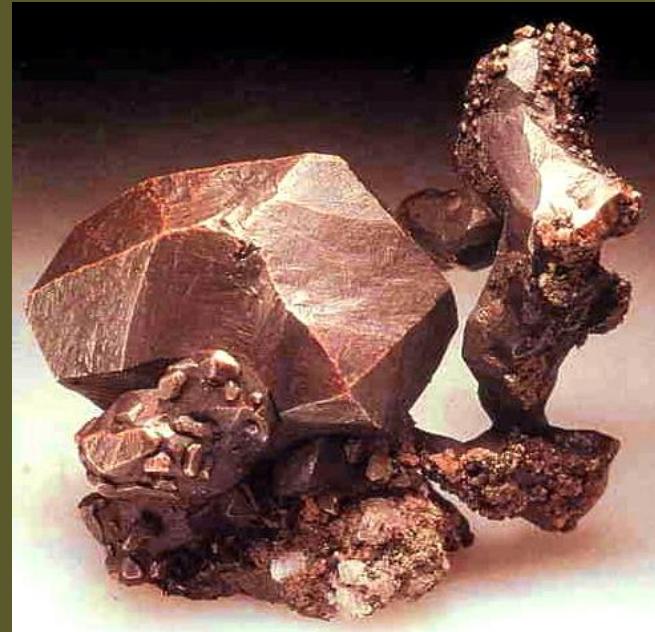


Самородок
меди 17 т

На крупнейшем м-нии самородной меди (с подчинёнными халькозином, арсенидами меди и самородным серебром) Верхнего Озера (на границе Канады и США) добыто более 5 млн. т меди.



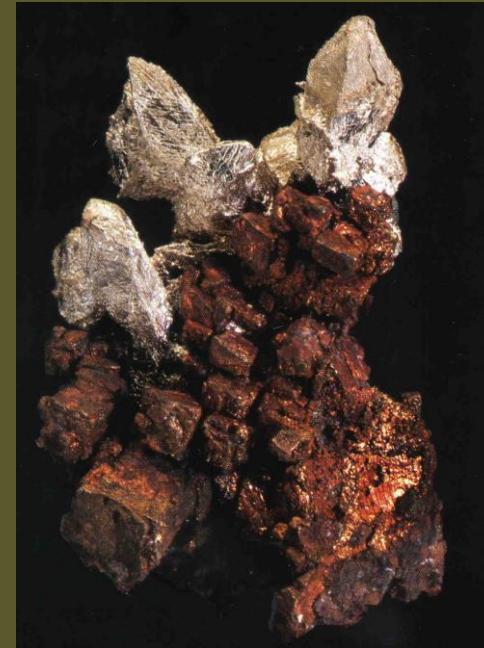
Месторождения самородной меди Верхнего Озера



Месторождения самородной меди Верхнего Озера



Дендриты серебра, 73 мм. Kearsarge Lode,
Houghton County, Мичиган



Серебро на меди



Миндалины с
датолитом и медью