

# СЕРЕБРО



**Серебрó** — элемент 11 группы (по устаревшей классификации — побочной подгруппы первой группы), пятого периода периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, с атомным номером 47. Обозначается символом **Ag** (лат. *Argentum*).

*Серебро* — металл блестяще-белого цвета с очень высокой (95%) отражательной способностью, тягучий, ковкий, пластичный; хорошо полируется, режется, скручивается, прокатывается в листы толщиной до 0,00025 мм и вытягивается в тончайшую проволоку. Серебро устойчиво на воздухе и во влажной среде, не вступает в реакцию с «царской водкой», плавиковой и соляной кислотами; растворяется в азотной и серной концентрированных кислотах. В чистом виде серебро используется для серебрения изделий из недорогих металлов и как компонент золотых и серебряных припоев; как материал для изготовления ювелирных украшений применяется только в виде сплавов (чаще всего с медью). Из серебра во многих странах изготавливают в больших количествах предметы сервировки стола и украшения интерьера. Широко используется серебро и при изготовлении ювелирных украшений — серег, колец, брошей, кулонов, браслетов, колье, ожерелий, цепочек, запонок и т. д.; причем серебро может быть применено в сочетании с золотом, эмалью, чернью, драгоценными и полудрагоценными камнями, жемчугом кораллами, слоновой костью

# История

Обычно, при описании элемента периодической таблицы Д. И. Менделеева принято указывать его первооткрывателя и обстоятельства, при которых был открыт тот или иной элемент. К сожалению, такими данными об элементе № 47 мы не обладаем. Ни одно светило мировой науки не может приписать честь открытия серебра себе. Все потому, что известен этот металл был еще в те времена, когда не было ученых.

В странах Древнего Востока (Египет, Персия), а позднее в Греции и Риме серебро было широко распространенным денежным металлом наряду с золотом и медью. В Вавилоне и Ассирии серебро считалось священным металлом, что связано с культом почитания Луны, символом которой был этот металл.

Благодаря работе археологов и историков можно утверждать, что до середины II тысячелетия до н. э. серебро было большой редкостью. Так, например, древнеегипетские мастера пользовались драгоценным металлом, доставляемым из Сирии. Культурный слой XVI века до н. э. в районе Двуречья, по утверждению ученых, беден серебряными находками, что вновь подтверждает предположение о редком использовании серебра. Украшения и предметы культа, обнаруженные в странах Древнего Востока, содержат большой процент золота, что может говорить о том, что изготавливались они из естественных сплавов, таких, как «электрум» (золото-серебро) и «кюстелит» (серебро-золото).

Первоначально серебро обращалось в форме слитков. Лишь в 3—4 вв. до н. э. в Древнем Риме начата чеканка монет из серебра. Древняя Русь освоила изготовление монет из серебра в 9—10 вв. В Средние века серебро и его соединения были очень популярны среди алхимиков. Они даже разработали свою систему обозначений и названий для металлов, понятных исключительно посвященным, так серебро, помимо своего латинского наименования *argentum*, имело множество тайных имен: *Luna*, *terra fidelis*, *Sidia* (*id est Luna*), *terra coelestis* и другие. В среде алхимиков этот металл считался результатом трансмутации недрагоценных металлов при участии «белого философского камня», а также промежуточным металлом при получении золота. В 16 веке серебро стало основным денежным металлом в странах Европы. Это связано с недостатком золота и расширенной добычей серебра в Америке (Перу, Мексика).

Внешний вид серебра во многом predetermined его наименование в различных странах и культурах. Так в Древнем Египте серебро называлось «had» или «hat» («хад» или «хат»), что означает «белое». В Месопотамии серебро имело имя «ku-habbar», что переводится, как «чистое белое» («ku» - «быть чистым»,

# Нахождение в природе

Среднее содержание серебра в земной коре (по Виноградову) – 70 мг/т. Максимальные его концентрации устанавливаются в глинистых сланцах, где достигают 900 мг/т. Серебро характеризуется относительно низким энергетическим показателем ионов, что обуславливает незначительное проявление изоморфизма этого элемента и сравнительно трудное его вхождение в решётку других минералов. Наблюдается лишь постоянный изоморфизм ионов серебра и свинца. Ионы серебра входят в решётку самородного золота, количество которого иногда достигает в электруме почти 50 % по весу. В небольшом количестве ион серебра входит в решётку сульфидов и сульфосолей меди, а также в состав теллуридов, развитых в некоторых полиметаллических и особенно, в золото-сульфидных и золото-кварцевых месторождениях.

Определённая часть благородных и цветных металлов встречается в природе в самородной форме. Известны и документально подтверждены факты нахождения не просто больших, а огромных самородков серебра. Так, например, в 1477 году на руднике «Святой Георгий» (месторождение Шнееберг в Рудных горах в 40-45 км от города Фрайберг) был обнаружен самородок серебра весом 20 т. Глыбу серебра размером 1 x 1x2,2 м выволокли из горной выработки, устроили на ней праздничный обед, а затем раскололи и взвесили. В Дании, в музее Копенгагена, находится самородок весом 254 кг, обнаруженный в 1666 году на норвежском руднике Конгсберг. Крупные самородки обнаруживали и на других континентах. В настоящее время в здании парламента Канады хранится одна из добытых на месторождении Кобальт в Канаде самородных пластин серебра, имеющая вес 612 кг. Другая пластина, найденная на том же месторождении и получившая за свои размеры название «серебряный тротуар», имела длину около 30 м и содержала 20 т серебра. Однако, при всей внушительности когда-либо обнаруженных находок, следует отметить, что серебро химически более активно, чем золото, и по этой причине реже встречается в природе в самородном виде. По этой же причине растворимость серебра выше и его концентрация в морской воде на порядок больше, чем

Известно более 50 природных минералов серебра, из которых важное промышленное значение имеют лишь 15-20, в том числе:

самородное серебро;

электрум (золото-серебро);

кюстелит (серебро-золото);

аргентит (серебро-сера);

прустит (серебро-мышьяк-сера);

бромаргерит (серебро-бром);

кераргирит (серебро-хлор);

пираргирит (серебро-сурьма-сера);

стефанит (серебро-сурьма-сера);

полибазит (серебро-медь-сурьма-сера);

фрейбергит (медь-сера-серебро);

аргентоярозит (серебро-железо-сера);

дискразит (серебро-сурьма);

агвиларит (серебро-селен-сера) и другие.



Как и другим благородным металлам, серебру свойственны два типа проявлений: собственно серебряные месторождения, где оно составляет более 50 % стоимости всех полезных компонентов;

комплексные серебросодержащие месторождения (в которых серебро входит в состав руд цветных, легирующих и благородных металлов в качестве попутного компонента).

Собственно серебряные месторождения играют достаточно существенную роль в мировой добыче серебра, однако следует отметить, что основные разведанные запасы серебра (75 %) принадлежат странам Латинской Америки, в частности Перу, Боливии и Чили.

# Физические свойства

Чистое серебро — довольно тяжёлый (легче свинца, но тяжелее меди), необычайно пластичный серебристо-белый металл (коэффициент отражения света близок к 100 %). Тонкая серебряная фольга в проходящем свете имеет фиолетовый цвет. С течением времени металл тускнеет, реагируя с содержащимися в воздухе следами сероводорода и образуя налёт сульфида, чья тонкая пленка придает тогда металлу характерную розоватую окраску. Обладает высокой теплопроводностью. При комнатной температуре имеет самую высокую электропроводность среди всех известных металлов (удельное электрическое сопротивление  $1,59 \cdot 10^{-8}$  Ом·м при температуре 20 °С). Температура плавления 962

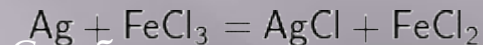


# Химические свойства

Серебро, будучи благородным металлом, отличается относительно низкой реакционной способностью, оно не растворяется в соляной и разбавленной серной кислотах. Однако в окислительной среде (в азотной, горячей концентрированной серной кислоте, а также в соляной кислоте в присутствии свободного кислорода) серебро растворяется:

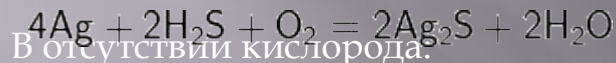


Растворяется оно и в хлорном железе, что применяется для травления:

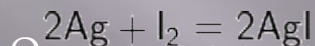


Серебро также легко растворяется в ртути, образуя амальгаму (жидкий сплав ртути и серебра).

Серебро не окисляется кислородом даже при высоких температурах, однако в виде тонких плёнок может быть окислено кислородной плазмой или озоном при облучении ультрафиолетом. Во влажном воздухе в присутствии даже малейших следов двухвалентной серы (сероводород, тиосульфаты, резина) образуется налёт малорастворимого сульфида серебра, обуславливающего потемнение серебряных изделий:



Свободные галогены легко окисляют серебро до галогенидов:



Однако на свету эта реакция обращается, и галогениды серебра (кроме фторида) постепенно разлагаются. При нагревании с серой серебро даёт сульфид.

Серебро, в отличие от золота, не растворяется в "царской водке" из-за образования пленки хлорида на его поверхности.

Наиболее устойчивой степенью окисления серебра в соединениях является +1. В присутствии аммиака соединения серебра (I) дают легко растворимый в воде комплекс  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ . Серебро образует комплексы так же с цианидами, тиосульфатами. Комплексообразование используют для растворения малорастворимых соединений серебра, для извлечения серебра из руд. Более высокие степени окисления (+2, +3) серебро проявляет только в соединении с кислородом ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ,  $\text{Ag}_2\text{O}_3$ ) и фтором ( $\text{AgF}_2$ ,  $\text{AgF}_3$ ), такие соединения гораздо менее устойчивы, чем соединения серебра (I).

Соли серебра (I), за редким исключением (нитрат, перхлорат, фторид), нерастворимы в воде, что часто используется для определения ионов галогенов (хлора, брома, йода) в водном растворе.

# Применение

- Так как обладает наибольшей электропроводностью, теплопроводностью и стойкостью к окислению кислородом при обычных условиях, применяется для контактов электротехнических изделий, например, контакты реле, ламели, а также многослойных керамических конденсаторов.
- В составе припоев: используется для пайки разнообразных ответственных соединений, в том числе, разнородных металлов, припой с высоким содержанием серебра используются в ювелирных изделиях, а со средним — в разнообразной технике, от сильноточных выключателей до жидкостных ракетных двигателей, иногда также, добавляя его к свинцу в количестве 3 % (ПСр-3), им заменяют оловянный припой.
- В составе сплавов: для изготовления катодов гальванических элементов (батареек).
- Применяется как драгоценный металл в ювелирном деле (обычно в сплаве с медью, иногда с никелем и другими металлами).
- Используется при чеканке монет, наград — орденов и медалей.
- Галогениды серебра и нитрат серебра используются в фотографии, так как обладают высокой светочувствительностью.
- Йодистое серебро применяется для управления климатом («разгон облаков»)
- Из-за высочайшей электропроводности и стойкости к окислению применяется:
  - в электротехнике и электронике как покрытие ответственных контактов и проводников в высокочастотных цепях
  - в СВЧ технике как покрытие внутренней поверхности волноводов
- Используется как покрытие для зеркал с высокой отражающей способностью (в обычных зеркалах используется алюминий).
- Часто используется как катализатор в реакциях окисления, например при производстве формальдегида из метанола, а также эпоксида из этилена.
- Используется как дезинфицирующее вещество, в основном для обеззараживания воды. Ограничено применяется в виде солей (нитрат серебра) и коллоидных растворов (протаргол и колларгол) как вяжущее средство. В прошлом применение препаратов серебра было значительно шире.



# В медицине

Начиная с 1990 г., в нетрадиционной медицине наблюдается возрождение использования коллоидного серебра в качестве средства для лечения многочисленных болезней. В лабораторных условиях исследования дают весьма противоречивые результаты; результаты одних исследований показывают, что его антимикробное воздействие весьма незначительно, в то время как другие показали, что раствор 5-30 ppm является эффективным против стафилококка и кишечной палочки. Данное противоречие связано с размерами коллоидных частиц серебра — чем меньше их размер, тем более выражен антимикробный эффект. Следует отметить, что раствор 5-30 ppm (5-30 мг/л) уже опасен для человека.

Серебро — это тяжёлый металл, содержание которого в питьевой воде регламентировано СанПиН 2.1.4.1074-01 «Вода питьевая» — серебру присвоен класс опасности 2, «высокоопасное вещество». Госсанэпидемнадзор официально утвердил гигиенические нормативы содержания вредных веществ в питьевой воде, в этих нормативах содержание серебра в питьевой воде ограничено концентрацией 0,05 мг/л.

В США и Австралии препараты на основе коллоидного серебра не признаны лекарствами и предлагаются в продовольственных магазинах. Также в изобилии их можно встретить в Интернет-магазинах по всему миру в качестве БАД (биологически активных добавок), более простое название — пищевые добавки. Законом США и Австралии было запрещено маркетологам приписывать медицинскую эффективность коллоидному серебру. Но некоторые сайты, в том числе на их территории, по-прежнему указывают на благотворное воздействие препарата при профилактике простуды и гриппа, а также на лечебное воздействие при более серьёзных заболеваниях, таких как диабет, рак, синдром хронической усталости, ВИЧ/СПИД, туберкулез, и другие заболевания. Нет никаких медицинских исследований, свидетельствующих о том, что коллоидное серебро эффективно для какого-либо из этих заявленных симптомов.

До эпохи доказательной медицины растворы солей серебра широко применяли в качестве антисептических и вяжущих средств. На этом свойстве серебра основано

# Сплавы серебра

## СПЛАВ СЕРЕБРА 950 ПРОБЫ

Цвет этого сплава такой же, как у чистого серебра. При отжиге на воздухе на поверхности сплава образуется тонкая окисная пленка. Сплав такого состава хорошо поддается обработке давлением. При температуре 600°C начинается старение сплава. После разливки или отжига следует сразу же приступить к обработке сплава, так как в противном случае может произойти естественное старение и пластичность сплава сильно понизится. К недостаткам сплава следует отнести невысокие механические свойства: изделия, изготовленные из этого сплава, при эксплуатации деформируются.

## СПЛАВ СЕРЕБРА 925 ПРОБЫ

Он называется также "стандартное серебро". Из-за значительного содержания серебра в сплаве и высоких технических свойств этот сплав широко распространен во многих странах. Цвет такой же, как у серебра 950 пробы, однако механические свойства выше. Для получения высокой пластичности после отжига сплав следует подвергать закалке.

## СПЛАВ СЕРЕБРА 900 ПРОБЫ

Цвет сплава несколько отличается от цвета чистого серебра. Сплав менее стоек на воздухе, чем сплавы 950 и 925 проб, хорошо отливается и куется, обладает высокой прочностью. При 779°C начинается оплавление границ зерен.

## СПЛАВ СЕРЕБРА 835 ПРОБЫ

Цвет сплава и стойкость такие же, как у сплава 900 пробы, однако сопротивление деформированию у него выше и, следовательно, обрабатываемость давлением хуже.

## СПЛАВ СЕРЕБРА 800 ПРОБЫ

Дешевле описанных сплавов, но имеет заметную желтоватую окраску и малую стойкость на воздухе. Пластичность этого сплава значительно ниже, чем у сплава 925 пробы, литейные свойства выше, чем у сплавов с более высоким содержанием серебра.

## СПЛАВ СЕРЕБРА 720 ПРОБЫ

Этот эвтектический сплав вследствие желтоватой окраски почти не применяется в ювелирном деле.

Применение драгоценных металлов в чистом виде в ювелирном производстве не всегда целесообразно из-за их дороговизны, недостаточной твердости и износостойкости, поэтому для изготовления ювелирных украшений используют сплавы драгоценных металлов. Сплавы золота получают, используя в качестве легирующих элементов серебро, медь, платину, палладий, цинк, кадмий. Сплавы серебра имеют, как правило, один легирующий элемент — медь, но в некоторых случаях применяют сплавы серебра с цинком, кадмием, алюминием, никелем. В сплавах платины легирующими компонентами являются медь или иридий и совсем в незначительных количествах — рутений и осмий. При изготовлении ювелирных украшений чаще используют сплавы золото — серебро — медь, реже двойные сплавы: золото — серебро, золото — медь. Применяются также сплавы золото — платина, золото — палладий, золото — кадмий, серебро — медь — кадмий, серебро — медь, серебро — цинк, серебро — кадмий, серебро — алюминий, серебро — никель — медь — цинк; платина — палладий — серебро — никель, платина — иридий, платина — рутений, платина — осмий.



# ПРОБА СЕРЕБРА



Из чистых благородных металлов ювелирные изделия, как правило, не изготавливаются. Для придания им необходимых механических свойств и цвета в них вводят добавки цветных металлов, получая сплавы. Содержание драгоценного металла в сплаве и определяет его пробу.

Проба сплавов благородных металлов, из которых разрешается изготавливать ювелирные и другие изделия, устанавливается законодательным путем и гарантируется государством, для чего изделия обязательно проходят пробирный контроль и на них накладываются оттиски пробирных клейм, цифры которых определяют пробу. Для клеймения изделия в различных странах применяются пробирные клейма разнообразных форм и рисунков.

Серебро очень мягкий металл и в чистом виде не используется. Для того, чтобы увеличить твердость серебра, его легируют – добавляют другие металлы. В качестве легирующих элементов в сплавах серебра первое место занимает медь.

Именно этот металл в нужных пропорциях улучшает качества серебра, делая его более стойким к истиранию.

Иногда используются такие добавки как алюминий, никель, цинк и кадмий.

В большинстве стран принята метрическая система обозначения пробы, по которой она обозначается числом частей благородного металла в тысяче весовых единиц сплава. Например, в международной системе приняты следующие пробы серебра:

750-й, 800-й, 875-й, 916-й, 925-й и 960-й.

В настоящее время во всем мире широкое применение получили сплавы 960-й и 925-й пробы.

В производстве ювелирных изделий используется серебряно-медный сплав 925-й пробы - содержит 92,5% серебра и 7,5% меди.

Такой сплав отличается достаточной прочностью, химической стойкостью, имеет блестящий белый цвет и хорошо полируется.

Серебро этой пробы еще называют "стерлинговым", поскольку из него долгое время чеканили монету фунт стерлингов.

Сплав серебра низкой 875-й пробы используют для изготовления украшений и предметов сервировки стола.



Клеймо на серебряном изделии позволяет получить дополнительную информацию о нем.

Например, украшения, произведенные в царской России, снабжены персональным клеймом мастера или завода-изготовителя.

Образцы клейм крупных фирм и мастеров хорошо известны знатокам.

Наличие на изделии советской символики - звезды - говорит о том, что оно было выпущено во времена Советского Союза, после 1928 года.

К сведению, сегодня в России изделия из серебра, имеющие пробу ниже установленной минимальной пробы (800 проба), не подлежат клеймению государственным пробирным клеймом Российской Федерации и реализуются как изделия из недрагоценного

## Основные причины потускнения серебра и способы защиты ювелирных изделий из серебряных сплавов

Потемнение - основной недостаток серебряных сплавов и изделий из них. Это связано с тем, что серебро активно взаимодействует с содержащимися в воздухе сернистыми соединениями и в результате образует сульфид серебра ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ) черного цвета. Медь, являющаяся вторым активным компонентом сплава, образует сульфид меди ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) тоже черного цвета и оксид меди красно-коричневого цвета. По мере пребывания на воздухе на поверхности серебряного изделия образуется темный налет: вначале изделие кажется желтоватым, почти золотистым, затем поверхность становится коричневатой, потом грязно-синей, темно-синей и наконец - черной. При этом степень и интенсивность потемнения зависят от процентного содержания меди в сплаве - чем больше меди, тем быстрее изделие покрывается темным налетом.



# Для защиты серебра от потемнения разработаны и используются в производстве технологические приемы

**«Белое» кипячение.** Для того чтобы снизить содержание меди в тонком поверхностном слое серебряного изделия, его кипятят в серной или соляной кислоте. Поверхность в результате такой обработки приобретает матовый оттенок.

**Гальваническое покрытие.** Изделие из серебряного сплава покрывают тонким слоем чистого серебра. Обычно такой обработке подвергаются серебряные изделия для сервировки стола (столовое серебро).

**Родирование.** Изделие из серебряного сплава покрывают слоем белого родия. Родиевое покрытие надежно защищает поверхность серебра от потемнения и делает его более износостойким. Но у этого способа есть недостатки: в случае ремонта (при пайке) родиевое покрытие становится синевато-черным и может растрескаться. Чтобы устранить этот недостаток, может потребоваться снятие старого и нанесение нового покрытия, что не всегда возможно в условиях обычной ювелирной мастерской.

**Лакирование.** Покрытие изделия слоем лака. Здесь есть одно «но» - украшения при этом не носят, а столовым серебром не пользуются. Этот прием подходит для изделий, требующих длительного хранения, например предметов антиквариата. **Пассивирование.** Нанесение на изделие тонкого слоя воска, который хорошо защищает поверхность от воздействия воздуха. Этот метод также применяется для хранения.



# Классификация по ОКП

- 170000 Металлы цветные, их сырье, сплавы и соединения
- 175000 Металлы драгоценные, их сырье, сплавы и соединения
- 175200 Серебро, его сырье, сплавы и соединения
- 175220 Серебро
- 1752212 Серебро в слитках
- 1752109 Сырье серебра
- 1752204 Серебро
- 1752309 Сплавы и припои серебряные
- 1752403 Соли серебра

# Документы:

СЕРЕБРО И СПЛАВЫ НА ЕГО ОСНОВЕ. МАРКИ. ГОСТ  
6836-2002

ГОСТ 1277-75 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ  
РЕАКТИВЫ  
СЕРЕБРО АЗОТНОКИСЛОЕ  
ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ