

Липецкий государственный технический университет

Факультет автоматизации и информатики

Кафедра электрооборудования

РЕФЕРАТ

Предмет: электротехническое и конструкционное материаловедение

Тема: “Серебро”

Студент

Кустов А. Н.

Липецк 2016 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Распределение в природе.....	4
2. Добыча и получение серебра.....	6
2.1. Добыча	6
2.2. Способы извлечения серебра	7
2.3. Очищение металла.....	8
2.4. Мировые объемы добычи серебра.....	9
3. Физические и химические свойства.....	11
4. Применение серебра	26
Заключение.....	28
Список использованных источников.....	30

Введение

Первыми металлами, найденными и используемыми человеком, были золото, медь, серебро. В древности эти металлы были более распространёнными и легче обнаруживались. Золото в природе в большинстве случаев находится в металлической форме и легко распознаётся по цвету и массе. Естественно предположить, что золото – первый металл, который узнали люди. Серебро труднее обнаружить, так как в отличие от золота оно редко встречается в самородном виде. Чаще всего оно присутствует в рудах в виде минералов, представляющих собой химические соединения (сульфиды).

Если жёлтый цвет золота у древних людей ассоциировался с солнцем, то блестящий белый цвет серебра они связывали с луной. Это отражается в названии *lunarcaustic* (ляпис) – нитрат серебра, который используется в медицине как прижигающее средство. Появившееся позднее латинское название *argentums* происходит от латинского корня, означающего белый и блестящий. Красивый внешний вид серебра, высокая коррозионная стойкость, делающая возможным длительное хранение в земле, должны были привлекать людей. С самой глубокой древности в Южной Европе, а также на Ближнем и Среднем Востоке серебряная утварь передавалась по наследству, а серебро в больших количествах в виде кусков металла и слитков служило торговым эквивалентом.

Целью данной работы является изучение серебра.

Для достижения данной цели нужно решить следующие задачи:

- изучить распределение в природе;
- рассмотреть добычу и получение серебра;
- проанализировать физические и химические свойства;
- определить область применения серебра.

1. Распределение в природе

Серебро занимает 65-е место по распространенности в земной коре, между ртутью (64-е место) и селеном (66-е место). Среди драгоценных металлов серебро самое распространенное в природе. Среднее содержание этого белого металла в земной коре составляет 0,075 грамм на тонну, что примерно в 20 раз больше, чем золота или платины. Среднее содержание серебра в различных породах не одинаково, и колеблется в пределах 0,05 – 1,0 г/т.

Различные геолого-химические процессы заставляют серебро образовывать природные отложения с концентрацией 1000 г/т и больше. К примеру, в месторождении серебра «Гольцовое», которое находится в Омсукчанском районе Магаданской области, концентрация серебра в руде даже превышает 1200 г/т.

Средняя концентрация серебра в морской воде примерно 0,00004 грамм на тонну (или 0,04 мкг/л), что на порядок выше концентрации золота и платины. Это объясняется большей химической активностью серебра.

Также благодаря своей химической активности, серебро редко встречается в самородном виде. Тем не менее, известны случаи нахождения поистине гигантских самородков. В 1894 году в шахте «Smuggler Mine» в штате Колорадо, США, был найден крупнейший в мире самородок весом 1065 кг. При переплавке из него получили 835 кг чистого серебра. На сегодняшний день (январь 2014 года) это составляет около 511 тысяч долларов США.

В природе известно около 60 минералов, содержащих серебро. Как правило, оно входит в состав сульфидных руд меди, свинца и цинка, реже – висмута и сурьмы. Серебро всегда присутствует в залежах золотых руд.

До 19 века основным поставщиком серебра на мировой рынок была Южная Америка. Всего три страны — Перу, Боливия и Мексика — обеспе-

чивали 85% мировой добычи. В 19 и 20 веках, с развитием технологий промышленного извлечения серебра из полиметаллических руд, крупные источники были открыты по всему миру и его добыча превратилась в глобальную индустрию. Тем не менее, месторождения в Южной Америке продолжают оставаться одним из главных ресурсов природного серебра.

Россия входит в пятерку стран, располагающих наибольшими прогнозными ресурсами серебра. Основные месторождения в нашей стране находятся в Сибири и на Дальнем Востоке.

Все значимые месторождения серебра можно условно разделить на два типа:

1. собственно серебряные месторождения. В них после переработки руды более 50% от стоимости полученных полезных компонентов приходится на серебро.
2. месторождения с полиметаллическими рудами. Руда в них содержит несколько металлов, но серебро составляет не более 15% от их общей стоимости.

Из серебряных руд в мире добывается около 25 % серебра. Остальные 75 % приходятся на различные полиметаллические руды, в основном свинцово-цинковые, медные, никелевые, кобальтовые и золотые, где производство серебра является попутным продуктом.

Процесс добычи, переработки и последующего выделения серебра из руды схож с таковым у золота. Он включает в себя извлечение руды из земли, подготовку руды, получение концентрата (обычно методом цианирования), получение чистого металла на аффинажных фабриках.

Мировым лидером по добыче серебра исторически является Мексика. Китай с 2011 года занимает второе место, продолжая мощно наращивать добычу.

2. Добыча и получение серебра

2.1. Добыча

Во время ряда раскопок, которые проводились на территории Египта, археологи нашли серебряные украшения, принадлежащие к периоду 5000 – 3400 годов до н.э. Вплоть до середины 2000-х годов до н. э. серебро являлось очень редким драгоценным металлом и ценилось больше, чем золото, а добыча серебра не была распространена. Считается, что древние египтяне получали серебро в качестве импорта из Сирии.

Позже центр добычи серебра переехал в шахты, расположенные в Греции. А с IV в. до н.э. лидером в производстве серебра стали такие страны, как Испания и древний Карфаген. К 13 в. н.э. многие шахты появляются и начинают работать по всему Европейскому континенту, которые ввиду активного разорения планомерно истощаются. В XV-XVI в. на первый план выходит такой способ, при котором масса серебра добывается в горных рудах.

Самым крупным из древних месторождений этого металла в виде самородков является поле Конгсберг в Норвегии, обнаруженное в 1623 г. После этого открываются богатейшие месторождения серебра на Американском континенте. Основным его источником становится Мексика, где в 1521-1945 годах было добыто 205 тонн драгоценного металла – около трети от общего объема производства в течение этого периода в мире. В крупнейшем месторождении Южной Америки Потоси в течение 1556 – 1783 производится серебро общей стоимостью в 820 513 893 песо.

На территории России добыча серебра началась лишь с 1704 года на Нерчинских шахтах в Забайкалье. Некоторое количество серебра нашли и на Алтае. Только в середине XX века были освоены месторождения в больших количествах на Дальнем Востоке. Объем получения серебра в виде самородков составляет 20% от общего объема производства этого ме-

талла. А остальные 80% содержат серебряные руды. Но основная часть серебра производится одновременно в процессе плавки и рафинирования, очищения свинца и меди. Из серебряной руды металл добывается посредством цианирования. Для этого процесса в отличие от той же самой операции с золотом, где используют цианид, необходимо взять концентрированный раствор яда.

2.2. Способы извлечения серебра

Цианирование считается наиболее распространенным методом, который предполагает растворение металла в растворенной в воде цианистой щелочи. Открытие цианирования принадлежит русскому ученому П.Р. Багратиону. В 1843 г. сообщение об этом открытии было опубликовано в «Вестнике», выпускаемом Санкт-Петербургской Академией наук. Что касается РФ, то здесь цианирование было введено только в 1897 г на Урале. Суть этого процесса состоит в следующем. Содержащие драгоценный металл руды доставляют на специальные металлургические заводы. Руды, содержащие натуральное серебро, содержат и немало примесей, таких как недргоценные породы песка или другие полезные ископаемые, из которых желательно отделить серебро.

Как раз для этого случая и применяют метод цианирования. На оксид серебра воздействуют сразу два внешних фактора. Первый – это кислород, второй – содержащийся в растворе цианид. По отдельности они практически никак не влияют на серебряный минерал, а вот совместные их усилия позволяют добиться успеха в серебродобывающей промышленности. Ведь если в водной окиси присутствует цианид, то серебро в этом растворе немедленно растворится.

Обработка металла, получаемого из руды, продолжается после того, как металлы, не являющиеся драгоценными или полудрагоценными, осядут на дно емкости вместе с цинковой пылью. Затем из осадка при помощи

раствора серной кислоты удаляются все ненужные примеси. Оставшуюся смесь промывают, пропускают через фильтр, выпаривают, а затем переплавляют в слитки. После получения [серебряных слитков](#) они направляются для дальнейшей очистки на заводы.

Другой способ добычи – амальгамация серебра – был известен очень давно, еще 2 тыс. лет назад. Она основывается на способности драгоценного металла (серебра или даже золота) вступать в соединение с другим металлом – ртутью. Это объединение происходит при нормальных условиях. Ртуть, в которой уже предварительно растворено небольшое количество серебра, увеличивает способность смачиваемости металла.

Процесс амальгамации происходит в специальных устройствах. Измельченная в пыль руда, соединенная с водой, проходит по поверхности ртути. В результате этого частички серебра, соприкасаясь с жидкой ртутью, образуют влажное соединение, из которого впоследствии путем прессования выходит вся влага, и остается только твердая часть амальгамы. Ртуть затем из куска выпаривают, после чего получается соединение металлов, содержащее в себе часть золота и 2 части серебра.

После фильтрации драгоценных металлов они отправляются на переплавку в слитки. При сравнительно понятных технологиях осуществления производства серебра ни в одном из рассмотренных вариантов нет уверенности, что добывают 100% чистый металл. А для того чтобы получить чистые серебряные изделия, готовые слитки отправляются на дальнейшую очистительную переработку на завод.

2.3.Очищение металла

Отмечают и активно используют и другие методы очистки серебра. В случаях, когда сырьем выступают, например, медные или свинцовые концентраты, предпочитают использовать пирометаллургический способ. Его называют самым выгодным, оттого что примеси свинца и меди не особо

высоко ценятся, стало быть, понижается и стоимость производства, в значительной степени окупаются затраты на производство менее дорогих металлов. Серебро выделяют из медных концентратов при помощи электрохимической чистки.

Выделенные из сырого медного соединения аноды погружают в электролитическую ванну, после чего осуществляется электролиз. Медь растворяется на аноде и садится на тонком катоде, в то время как серебро осаждается на дно емкости, образуя штамп, от которого затем отделяется серебро. Сырой свинец в целях извлечения серебряных примесей из него обрабатывают серебром и цинком. Процесс ведут при высокой температуре (450°C).

Этот металл лучше растворяется в расплавленном цинке, чем в свинце, и таким образом, оно перемещается в верхний слой, к цинковому раствору. Отделенный слой смеси цинка и серебра вынимается, остается лишь выделить из соединения ценный металл. Для этого остаток перегоняют из реторты графита при температуре 1250°C . Цинк испаряется в таких условиях, в результате чего остается серебро, содержащее до сих пор примеси свинца, мышьяка и других веществ. Для получения более чистого варианта металла его дополнительно обрабатывают кислородом при 1000°C и сплавляют в формы. Конечный продукт требует дальнейшей очистки электрохимическим методом.

2.4. Мировые объемы добычи серебра

Основными месторождениями серебряной руды в мире располагаются в следующих странах:

- Германия;
- Испания;
- Чили;
- Мексика;
- Канада;

- Перу;
- Австралия;
- Китай;
- Россия;
- Швеция;
- Норвегия;
- Казахстан;
- Польша.

В 2015 г. вся мировая серебродобывающая индустрия произвела 20900 тонн металла. Перу стало лидером в производстве, выработав 3600 тонн, за этим государством следуют Мексика с показателем в 3000 тонн и Китай, добыча которого составила 2600 тонн.

В том же 2015 г. лидером горнодобывающих корпораций на территории России стала компания «Полиметалл», добывшая 535 тонн металла. Тот факт, что лишь незначительную часть серебра добывают посредством первоэтапного выделения и очистки металлических соединений, объясняется довольно-таки сложной геологией серебра. Ведь абсолютное большинство месторождений полезных ископаемых, содержащих серебро, имеют сложный характер. То есть руда содержит в своем составе не только серебро, но и множество цветных металлов или даже золото.

3. Физические и химические свойства

Серебро проявляет большее сходство с палладием (за которым он следует в периодической системе), чем с рубидием (с которым он находится рядом в I группе периодической системы и в том же пятом периоде).

Расположение серебра в побочной подгруппе I группы периодической системы определяется электронной структурой атома которая аналогична электронной структуре атома рубидия. Большое различие в химических свойствах серебра и рубидия определяется разной степенью заполненности электронами 4й-орбитали. Атом серебра отличается от атома палладия наличием одного электрона на 5й-орбитали.

По большинству физических и химических свойств серебро приближается к меди и золоту. В подгруппе меди серебро (средний элемент) обладает наиболее низкими температурами плавления и кипения и максимальным значением коэффициента расширения, максимальной тепло- и электропроводностью.

Серебро — один из наиболее дефицитных материалов, достаточно широко применяемый в электротехнике и электронике для высокочастотных кабелей, защиты медных проводников от окисления, для электродов некоторых типов керамических и слюдяных конденсаторов в электрических контактах, где оно используется в сплавах с медью, никелем или кадмием, в припоях ПСр-10, ПСр-25 и др. Серебро марки Ср999-999.9 должно иметь примесей не более 0.1%. Удельное электрическое сопротивление $r=0.015 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$, коэффициент линейного теплового расширения составляет $19,5\cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, удельная проводимость 62500000 Ом/м . Механические характеристики серебра невысоки: твердость по Бринеллю — 25 (немного более золота), предел прочности при разрыве не более 200 МПа, относительное удлинение при разрыве $\sim 50\%$, модуль упругости - $7.9\cdot 10^{10} \text{ (Н/м}^2\text{)}$, теплопроводность - $430 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. По сравнению с золотом и платиной имеет пониженную химическую стойкость. Часто применение

серебра ограничивается его способностью диффундировать в материалы подложки.

Физико-химические свойства серебра в значительной степени зависят от его чистоты.

Металлическое серебро в компактном полированном виде (бруски, трубки, проволока, пластинки, листы) представляет собой белый блестящий металл, обладающий большой отражательной способностью по отношению к инфракрасным и видимым лучами и более слабой — к ультрафиолетовым лучам. Серебро в виде тонких листочков (они кажутся синими или фиолетовыми в проходящем свете) обладает электрическими и оптическими свойствами, отличными от свойств металлического серебра в слитках.

Коллоидные растворы серебра окрашены в розовый (до коричневого) цвет и могут быть получены восстановлением суспензий Ag_2O водородом при $+50^\circ\text{C}$ (или другими восстановителями, например сахаром, окисью углерода, цитратом железа(II), цитратом аммония, хлоридом олова(II), пирогаллолом, фенолом, фосфором в эфире, фосфорной кислотой, формальдегидом, гидразином, фенилгидразином и др.), а также путем создания электрической дуги в воде между двумя серебряными электродами. Для стабилизации коллоидных растворов серебра применяют белки, желатину, гуммиарабик, агар-агар и другие органические вещества, играющие роль защитных коллоидов.

Белковое коллоидное серебро (протаргол и колларгол) применяется как фармацевтический препарат.

В нейтральных или слабощелочных растворах гидрозоль серебра ведет себя как отрицательный коллоид, а в слабокислых растворах - как положительный.

Коллоидное серебро является энергичным восстановителем по отношению к Fe_2C_{16} , HgC_{12} , KMnO_4 , разбавленной HNO_3 , обладает хорошей адсорбционной способностью (по отношению к кислороду, водороду, мета-

ну, этану и др.), является катализатором и сильным бактерицидом (до появления антибиотиков применялся при обработке слизистых оболочек) и служит для лечения некоторых трудно излечиваемых кожных болезней. Вода, хранящаяся в серебряных сосудах, стерилизуется и не портится длительное время благодаря наличию иона Ag^+ , образующегося в результате контакта воды со стенками посуды.

Металлическое серебро обладает кубической гранецентрированной решеткой с плотностью $10,50 \text{ г/см}^3$ при $+20^\circ\text{C}$, температура плавления $+960,5^\circ\text{C}$, температура кипения $+2177^\circ\text{C}$ (пары желтовато-синие); оно диамагнитно, является очень хорошим проводником тепла и электричества (удельное сопротивление при $+20^\circ\text{C}$ равно $1,59 \text{ мкОм/см}$). В числе физико-механических свойств следует отметить пластичность, относительную мягкость (твердость 2,5—3 балла по шкале Мооса), ковкость и тягучесть (легко протягивается и прокатывается), малую прочность. Серебро образует сплавы типа твердых растворов с золотом с палладием и интерметаллические соединения с элементами Li, Mg, Ca, Sr, Ba, Zn, Cd, Hg, Al, Ga, In, Tl, Pr, Sn, Zr, Th, P, Sb, S, Se, а также сплавы типа эвтектик с элементами Bi, Ge, Ni, Pb, Si, Na, Tl.

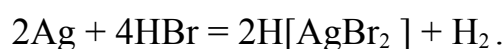
При легировании устраняются основные недостатки серебра, такие, как мягкость, низкая механическая прочность и высокая реакционная способность по отношению к сере и сульфидам. Некоторые газы, например водород, кислород, окись и двуокись углерода, растворяются в серебре, причем растворимость их пропорциональна квадратному корню от давления. Растворимость кислорода в серебре максимальна при $+400\dots450^\circ\text{C}$ (когда 1 объем серебра поглощает до 5 объемов кислорода). Рекомендуется избегать охлаждения серебра, насыщенного кислородом, поскольку выделение этого газа из охлаждаемого серебра может сопровождаться взрывом. При поглощении кислорода или водорода серебро становится хрупким.

Азот и инертные газы с трудом растворяются в серебре при температуре выше -78°C .

С химической точки зрения серебро достаточно инертно, оно не проявляет способности к ионизации и легко вытесняется из соединения более активными металлами или водородом.

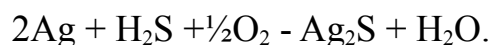
Под действием влаги и света галогены легко взаимодействуют с металлическим серебром образуя соответствующие галогениды.

Соляная и бромистоводородная кислоты в концентрированных растворах медленно реагируют с серебром:

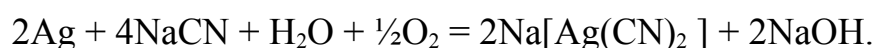
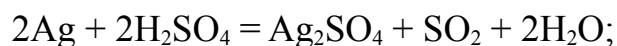


Кислород взаимодействует с нагретым до 168° металлическим серебром при разных давлениях с образованием Ag_2O . Озон при $+225^\circ\text{C}$ в присутствии влаги (или перекиси водорода) действует на металлическое серебро, образуя высшие окислы серебра.

Сера, реагируя с нагретым до $+179^\circ\text{C}$ с металлическим серебром, образует черный сульфид серебра Ag_2S . Сероводород в присутствии кислорода воздуха и воды взаимодействует с металлическим серебром при комнатной температуре по уравнению



Металлическое серебро растворяется в H_2SO_4 (60°Be) при нагревании, в разб. HNO_3 на холоду и в растворах цианидов щелочных металлов в присутствии воздуха (кислорода или другого окислителя):



Селен, теллур, фосфор, мышьяк и углерод реагируют с металлическим серебром при нагревании с образованием Ag_2Se , Ag_2Te , Ag_3P , Ag_3As , Ag_4C . Азот непосредственно не взаимодействует с серебром.

Органические кислоты и расплавленные щелочи или соли щелочных металлов не реагируют с металлическим серебром. Хлорид натрия в концентрированных растворах и в присутствии кислорода воздуха медленно взаимодействует с серебром с образованием хлорида серебра.

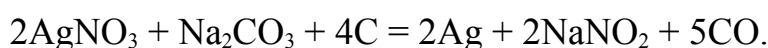
В солянокислом растворе серебро восстанавливает некоторые соли металлов, такие, как CuCl_2 , HgCl_2 , FeI_2 , VOCl_2 .

Известны многочисленные устойчивые соединения (простые и координационные) одновалентного серебра. Ион одновалентного серебра Ag^+ с радиусом 1.55 Å диамагнитен, бесцветен, гидратирован, легко поляризуется, является окислителем (легко восстанавливается различными восстановителями до металлического серебра) и играет роль катализатора в реакции окисления иона марганца (II) анионом: $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$.

Большинство соединений серебра (I) плохо растворимо в воде. Нитрат, перхлорат, хлорат, фторид растворяются в воде, а ацетат и сульфат серебра растворимы частично. Соли серебра (I) белые или слегка желтоватые (когда анион соли бесцветен). Вследствие деформируемости электронных оболочек иона серебра(I) некоторые его соединения с бесцветными анионами окрашены.

Многие из соединений серебра (I) окрашиваются в серый под действием солнечного света, что обусловлено процессом восстановления до металлического серебра.

У солей серебра(I) мало выражена склонность к гидролизу. При нагревании солей серебра со смесью карбоната натрия и угля образуется металлическое серебро:



Известны многочисленные координационные соединения серебра(I), в которых координационное число серебра равно 2, 3 и 4.

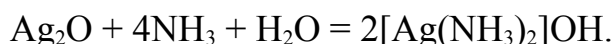
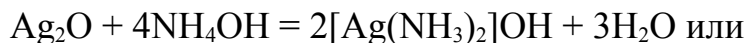
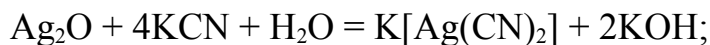
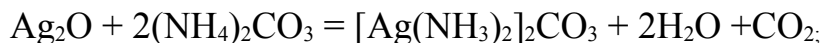
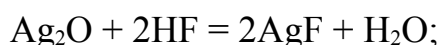
Неорганические соединения. Окись серебра Ag_2O , получают при обработке растворов AgNO_3 щелочами или растворами гидроокисей щелочноземельных металлов:



Окись серебра представляет собой диамагнитный кристаллический порошок (кубические кристаллы) коричнево-черного цвета с плотностью $7,1 — 7,4 \text{ г/см}^3$, который медленно чернеет на свету высвобождая кислород, и разлагается на элементы при нагревании до $+200^\circ\text{C}$:



При окислении Ag_2O озоном образуется окись серебра(II). Окись серебра (I) растворяется в плавиковой и азотной кислотах в солях аммония, в растворах цианидов щелочных металлов, в аммиаке и т. д.

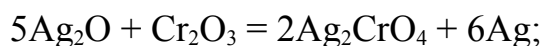


При хранении гидроокись диамин серебра $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ (которая является растворимым основанием с окислительными свойствами) превращается в способный взрываться имид серебра;



Растворы хлоридов щелочных металлов превращают окись серебра(I) в хлорид серебра(I), а при действии избытка HgI_2 на Ag_2O образуется $\text{Ag}_2[\text{HgI}_4]$.

Окись серебра — энергичный окислитель по отношению к соединениям хрома(III), альдегидам и галогенопроизводным углеводов:



Окисление галогенопроизводных углеводов приводит к образованию спиртов, а окисление альдегидов — соответствующих кислот.

Растворы сульфидов щелочных металлов и водные суспензии сульфидов тяжелых металлов превращают окись Ag_2O в сульфид Ag_2S .

Суспензии окиси серебра применяются в медицине как антисептическое средство. Смесь, состоящая из окиси серебра с легко восстанавливаемыми окислами (например, меди или марганца), является хорошим катализатором окисления окиси углерода кислородом воздуха при обычной температуре. Смесь состава 5% Ag_3O , 15% Co_2O_3 , 30% CuO и 50% MnO_2 , названная «гопкалитом», служит для зарядки противогазов в качестве защитного слоя против окиси углерода.

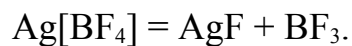
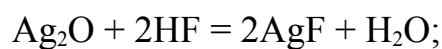
Гидроокись серебра, AgOH , образуется в виде неустойчивого белого осадка в результате обработки AgNO_3 спиртовым раствором калиевой щелочи при $\text{pH} = 8,5..9$ и температуре -45°C .

Соединение AgOH обладает амфотерными свойствами, легко поглощает двуокись углерода из воздуха и при нагревании с Na_2S образует аргентаты эмпирических формул $\text{Ag}_2\text{O} \cdot 3\text{Na}_2\text{O}$ и $\text{Ag}_2\text{O} \cdot 3\text{Na}_2\text{O}$.

Основные свойства гидроокиси серебра усиливаются в присутствии аммиака вследствие образования гидроокиси диамминсеребра



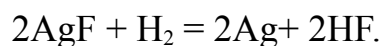
Фторид серебра, AgF , получают прямым взаимодействием элементов при нагревании, действием плавиковой кислоты на окись или карбонат серебра(I), термическим разложением ($+200^\circ\text{C}$) $\text{Ag}[\text{Br}]$ причем наряду с AgF образуется BF_3 :



Выделение кристаллов AgF из водного раствора осуществляется путем концентрирования в вакууме в темноте.

Соединение AgF представляет собой расплывающиеся на воздухе бесцветные гранецентрированные кубические кристаллы с плотностью $5,85 \text{ г/см}^3$ и температурой плавления $+435^\circ\text{C}$; фторид серебра плохо растворим в спирте, легко растворим в воде (в отличие от остальных галогенидов серебра) и в аммиаке; его нельзя хранить в стеклянной посуде, поскольку он разрушает стекло.

Под действием паров воды и водорода при нагревании фторид серебра восстанавливается до металлического серебра:



Ультрафиолетовые лучи вызывают превращение фторида серебра в полуфторид Ag_2F . Водный раствор фторида серебра служит для дезинфекции питьевой воды.

Известны кристаллогидраты $\text{AgF} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (где n — 1, 2, 4) и фторокислоты $\text{H}_1[\text{AgF}_2]$, $\text{H}_2[\text{AgF}_3]$, $\text{H}_3[\text{AgF}]$.

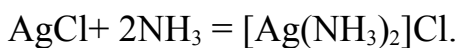
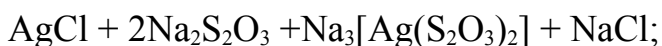
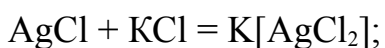
Моногидрат $\text{AgF} \cdot \text{H}_2\text{O}$ осаждается в виде светло-желтых кубических кристаллов при упаривании в вакууме раствора безводного AgF в воде.

Дигидрат $\text{AgF} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, представляющий собой твердые бесцветные призматические кристаллы с температурой плавления $+42^\circ\text{C}$, выпадает из концентрированных растворов AgF .

Из раствора, полученного растворением Ag_2O в 20%-ной плавиковой кислоте, выпадают кристаллы $\text{AgF} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. При охлаждении раствора AgF в плавиковой кислоте осаждаются бесцветные кристаллы $\text{H}_3[\text{AgF}_4]$, которые при 0°C в токе воздуха превращаются в белые кристаллы $\text{H}[\text{AgF}_2]$.

Хлорид серебра, AgCl , встречается в природе в виде минерала кераргирита и может быть получен обработкой металлического серебра хлорной водой, взаимодействием элементов при высокой температуре, действием газообразного HCl на серебро (выше $+1150^\circ\text{C}$), обработкой соляной кислотой серебра в присутствии воздуха (кислорода или другого окислителя), действием растворимых хлоридов на серебро, обработкой растворов солей серебра соляной кислотой или раствором какого-либо хлорида.

Соединение AgCl представляет собой диамагнитные белые кубические гранецентрированные кристаллы с т. пл. $+455^\circ\text{C}$ и т. кип. $+1554^\circ\text{C}$. Хлорид серебра растворяется в растворах хлоридов (NaCl , KCl , NH_4Cl , CaCl_2 , MnCl_2), цианидов, тиосульфатов, нитратов щелочных металлов и аммиака с образованием растворимых и бесцветных координационных соединений

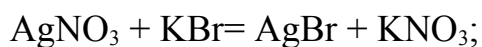


Под действием света хлорид серебра восстанавливается (окрашиваясь в фиолетовый, а затем в черный цвет) с высвобождением серебра и хлора:

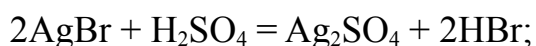


На этой реакции основывается применение хлорида серебра в фото-пленках.

Бромид серебра, AgBr , встречается в природе в виде минерала бромаргирита. В лаборатории может быть получен в темноте обработкой раствора AgNO_3 раствором HBr (или бромида щелочного металла) либо непосредственным взаимодействием брома с металлическим серебром. Получение AgBr осуществляется в темноте, чтобы исключить фотовосстановление:



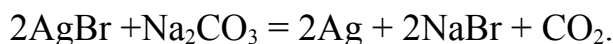
Соединение AgBr может существовать либо в коллоидной форме либо в виде диамагнитных желтых кубических гранецентрированных кристаллов с плотностью $6,47 \text{ г/см}^3$, т. пл. $+434^\circ\text{C}$ и т. кип. $+15370 \text{ C}$. Бромид серебра плохо растворим в воде и растворяется в аммиаке и сульфатах щелочных металлов и в конц. H_2SO_4 при нагревании:



Бромид серебра более чувствителен к свету, чем хлорид серебра, и под действием света разлагается на элементы:



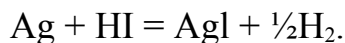
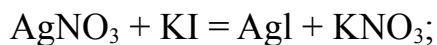
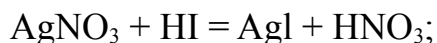
Бромистое серебро восстанавливается цинком в кислой среде или металлами (такими, как свинец или медь) при нагревании, а также сплавлением с безводным карбонатом натрия:



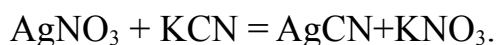
На холоду AgBr поглощает аммиак, причем могут образовываться различные аддукты: $\text{AgBr} \cdot \text{NH}_3$, $2\text{AgBr} \cdot 3\text{NH}_3$, $\text{AgBr} \cdot 3\text{NH}_3$.

Бромид серебра применяется для изготовления фотопленок и в качестве катализатора при получении монокарбоновых жирных кислот или олефинов с помощью реактива Гриньяра.

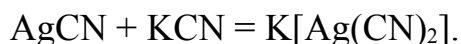
Иодид серебра, AgI , встречается в природе в виде минерала йодаргирита в лаборатории может быть получен (в темноте) обратной раствора AgNO_3 раствором HI или иодида щелочного металла, путем непосредственного взаимодействия паров иода с металлическим серебром, хлоридом или бромидом серебра при нагревании, действием HI на металлическое серебро на холоду.



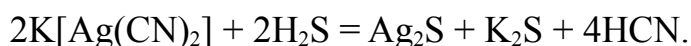
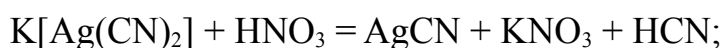
Иодид серебра может существовать либо в виде прозрачных лучепреломляющих лимонно-желтых гексагональных призматических кристаллов, либо в виде двулучепреломляющих красных октаэдров.



Цианид серебра представляет собой бесцветные ромбоэдрические кристаллы с плотностью 3,95 г/см³ и т. пл. +320..350°C. Он плохо растворим в воде, растворяется в аммиаке или растворах солей аммония, цианидов и тиосульфатов щелочных металлов с образованием координационных соединений.



Уксусная кислота и сероводород взаимодействуют с дициано-аргентатами Me1 [Ag(CN)₂] по уравнениям



При обработке K[Ag(CN)₂] нитратом серебра образуется дицианоаргентат серебра Ag[Ag(CN)₂], представляющий собой димерную форму моноцианида серебра.

Известны цианоаргентаты типов Me1 2[Ag(CN)₃] и Me1 2[Ag(CN)₄].

Оксалат серебра представляет собой белые моноклинные кристаллы с плотностью 5,029 г/см³, он плохо растворим в воде, чувствителен к свету, разлагается при нагревании до +100°C. При +140°C Ag₂C₂O₄ разлагается со взрывом.

Периодаты серебра. Известны следующие периодаты серебра: AgIO₄ - оранжевый, Ag₂H₃IO₆ — лимонно-желтый. Ag₃IO₅ и Ag₅IO₆ - черные.

Координационные соединения. Большинство простых соединений одновалентного серебра с неорганическими и органическими реагентами образуют координационные соединения. Благодаря образованию координационных соединений многие плохо растворимые в воде соединения сере-

бра превращаются в легко растворимые. Серебро может иметь координационные числа 2, 3, 4 и 6.

Известны многочисленные координационные соединения у которых вокруг центрального иона серебра скоординированы нейтральные молекулы аммиака или аминов (моно- или диметиламин, пиридин, этилендиамин, анилин и т.д.).

Устойчивость комплексных катионов серебра ниже устойчивости соответствующих катионов меди(II).

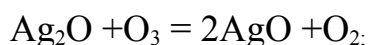
При растворении галогенидов серебра (AgCl , AgBr , AgI) в растворах галогенидов, псевдогалогенидов или тиосульфатов щелочных металлов образуются растворимые в воде координационные соединения, содержащие комплексные анионы, например $[\text{AgCl}_2]^-$, $[\text{AgCl}_3]^{2-}$, $[\text{AgCl}_4]^{3-}$, $[\text{AgBr}_3]^{2-}$ и т.д.

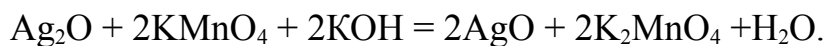
n-Диметиламинобензильденродамин образует с концентрированными растворами солей серебра фиолетовый осадок.

С разбавленными растворами солей серебра диметиламинобензильденродамин не образует осадка, а только окрашивает раствор в интенсивно фиолетовый цвет.

Соединения двухвалентного серебра. Известно немного соединений двухвалентного серебра. Для них характерна низкая устойчивость и способность разлагаться водой с выделением кислорода.

Неорганические соединения. Окись серебра, Ag_2O , получают действием озона на металлическое серебро или на Ag_2O , AgNO_3 или Ag_2SO_4 , обработкой раствора AgNO_3 раствором $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$, обработкой щелочной суспензии Ag_2O перманганатом калия, анодным окислением металлического серебра с использованием в качестве электролита разбавленного раствора H_2SO_4 или NaOH .

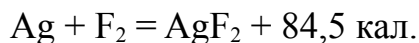




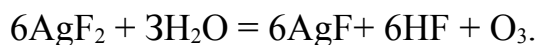
Обработка $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ соединений серебра в слабо кислой среде приводит к образованию оранжевого кристаллического осадка.

Оксид серебра представляет собой диамагнитный серовато черный кристаллический порошок с плотностью $7,48 \text{ г/см}^3$. Она растворима в H_2SO_4 , HClO_4 и конц. HNO_3 , устойчива при обычной температуре, разлагается на элементы при нагревании до $+100^\circ\text{C}$, является энергичным окислителем по отношению к SO_2 , NH_3 , Me^+ , NO_2 , обладает свойствами полупроводника.

Фторид серебра, AgF_2 , получают действием газообразного фтора на металлическое серебро при $+250..300^\circ\text{C}$ или на галогениды серебра(I) при $+200..300^\circ\text{C}$.



Фторид серебра представляет собой парамагнитный коричнево-черный порошок с т. пл. $+690^\circ\text{C}$. Он разлагается под действием воды или влажного воздуха и обладает окислительным действием по отношению к иодидам, спирту, солям хрома(III) и марганца (II)



Сульфид серебра, Ag_2S , образуется в виде коричневого осадка при обработке раствора AgNO_3 в безиоилпропиле раствором серы в сероуглероде.

Нитрат серебра, $\text{Ag}(\text{NO}_3)_2$, получают окислением $\text{Ag}(\text{NO}_3)_2$ озоном. Это бесцветные кристаллы, разлагающиеся водой:



4. Применение серебра

Области применения серебра постоянно расширяются и его применение — это не только сплавы, но и химические соединения. Определённое количество серебра постоянно расходуется для производства серебряно-цинковых и серебряно-кадмиевых аккумуляторных батарей, обладающих очень высокой энергоплотностью и массовой энергоёмкостью и способных при малом внутреннем сопротивлении выдавать в нагрузку очень большие токи.

В химической промышленности применяются аппараты из серебра (для получения ледяной уксусной кислоты, фенола), лабораторная посуда (тигли или лодочки, в которых плавятся чистые щелочи или соли щелочных металлов, оказывающие разъедающее действие на большинство других металлов), лабораторные инструменты (шпатели, щипцы, сита и др.). Серебро и его соединения применяются в качестве катализаторов в реакциях обмена водород - дейтерий, детонации смеси воздух - ацетилен, при сжигании окиси углерода, окислении спиртов в альдегиды кислоты и др.

В пищевой промышленности применяются серебряные аппараты в которых готовят фруктовые соки и другие напитки. В медицине известен ряд фармацевтических препаратов, содержащих коллоидное серебро.

Металлическое серебро служит для изготовления высококачественных оптических зеркал путем термического испарения. Бруски (или электролитический порошок) серебра служат положительными электродами в аккумуляторах, в которых отрицательными электродами являются пластинки из окиси цинка, электролит - едкое кали.

Существенную долю серебра потребляет электротехническая промышленность для серебрения медных проводников и при использовании высокочастотных волноводов. Серебро используется при производстве транзисторов, микросхем и других радиоэлектронных компонентов.

Серебро используется в качестве добавки (0,1—0,4 %) к свинцу для отливки токоотводов положительных пластин специальных свинцовых аккумуляторов (очень большой срок службы (до 10—12 лет) и малое внутреннее сопротивление).

Хлорид серебра используется в хлор-серебряно-цинковых батареях, а также для покрытий некоторых радарных поверхностей. Кроме того, хлорид серебра, прозрачный в инфракрасной области спектра, используется в инфракрасной оптике.

Монокристаллы фторида серебра используются для генерации лазерного излучения с длиной волны 0,193 мкм (ультрафиолетовое излучение).

Серебро используется в качестве катализатора в фильтрах противогазов.

Ацетиленид серебра (карбид) изредка применяется как мощное иницирующее взрывчатое вещество (детонаторы).

Фосфат серебра используется для варки специального стекла, используемого для дозиметрии излучений. Примерный состав такого стекла: фосфат алюминия — 42 %, фосфат бария — 25 %, фосфат калия — 25 %, фосфат серебра — 8 %.

Перманганат серебра, кристаллический тёмно-фиолетовый порошок, растворимый в воде; используется в противогасах. В некоторых специальных случаях серебро так же используется в сухих гальванических элементах следующих систем: хлор-серебряный элемент, бром-серебряный элемент, йод-серебряный элемент.

Серебро зарегистрировано в качестве пищевой добавки E174.

Заключение

Серебро - второй после нефти важнейший товар в мировой экономике. Помимо того, что у этого металла большая история использования в качестве денег, он имеет тысячи применений. Широкое использование серебра объясняется уникальными свойствами этого металла. «Белый металл» является лучшим проводником электричества и тепла, имеет высокую отражаемость света, а также выдерживает высочайшие температуры. В целом, серебро является элементом, который не имеет известных науке аналогов.

Данный металл имеет нескончаемое количество применений, но его спрос можно разделить на три основные категории: промышленность, инвестиции и ювелирные изделия. Вместе на эти категории приходится порядка 95% годового спроса на серебро.

Большая часть добываемого серебра используется в промышленности, преимущественно в электронике. Таким образом, огромные объемы навсегда выводятся из обращения и не могут быть при необходимости возвращены на рынок.

Добыча серебра растёт одиннадцатый год подряд, превысив 800 Moz (1 Moz = 31,103 тонны (метр. тонны)). Росту поспособствовало наращивание добычи первичного серебра, а также увеличение мощностей на месторождениях, запущенных в последние несколько лет.

Предложение от существующих запасов упало на 23,2% до 199,7 Moz. Падение предложения лома упало до самой низкой отметки с 80-х годов, что вызвано как низкими ценами, так и снижением переработки монет и украшений. Доля серебряного лома в общем предложении составила менее 20%, тогда как последние годы его доля в среднем составляла 25%. Это стало важным фактором в дефиците на физическом рынке в 2013 году. Государственные продажи составили всего лишь 7,9 Moz при среднем объеме в 43 Moz за период с 2002 по 2011 годы.

В основном, серебро добывается как побочный продукт от добычи других металлов. Зачастую оно добывается вместе со свинцом, медью, никелем и цинком. Всего 30% добычи приходится на так называемые первичные рудники, где главным источником доходов является именно «белый металл».

Имея широкий спектр применений в самых разных секторах экономики, не ограничивает расширение использования серебра. Открыты способы использования серебра для производства очень твёрдого материала, который объединяет лучшие свойства стекла и металла. В результате получается «металло-стекло», которое может использоваться для производства медицинских имплантатов, превосходящие по своим свойствам уже имеющиеся аналоги. Кроме того, такие имплантаты, помимо прочности, могут уменьшить вероятность заражения инфекцией, так как серебро обладает хорошими антибактериальными свойствами.

Ювелиры также продолжают создавать новые ювелирные изделия с применением серебра вместо дорогого золота. Сплав платины и серебра, известный как Platinaire, становится все популярнее в производстве ювелирных изделий. Такой сплав на 92,5% состоит из серебра и 5% из платины. Он устойчив к окислению, твёрже, чем серебро, а также дешевле золота.

Специально приготовленные наночастицы серебра используются в качестве сенсоров, чтобы определить болезнетворные бактерии. Ученые нашли способ использовать оптические свойства серебра в этом процессе. При этом серебро не убивает обнаруженные бактерии.

Свойства серебра могут быть также полезны для нефтяных компаний, чтобы ликвидировать разливы нефти с помощью растворов на основе серебра. Такие растворы имеют большой диапазон использования в химической промышленности.

Список литературы

1. Глинка Н. Л. Общая химия: Учеб. пособие для вузов /Под ред. А. И. Ермакова. 30-е изд., испр. М.: Интеграл-пресс, 2005. 728 с.
2. Пятницкий В.М., Сухан Д.В. Аналитическая химия серебра. М.: Наука, 1975. 264 с.
3. Малышев В.М., Румянцев Д.В. Серебро. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Metallургия, 1987. 320 с.
4. Никольский К.К. Защита от коррозии подземных металлических сооружений связи. М.:1973. 286 с.
5. Карапетьянц М.Х.: Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. М.: Химия, 1992. 649 с.
6. Степин Б.Д., Аликберова Л.Ю. Книга по химии для домашнего чтения. - 2-е изд. М.: Химия, 1995. 438 с.
7. Лидин Р.А. и др. Химические свойства неорганических веществ: Учеб. пособие для вузов / Р.А. Лидин, В.А. Молочко, Л.Л. Андреева; под ред. Р.А. Лидина. М.: Химия, 1996. 279 с.
8. Здорик Т., Фельдман Л. Энциклопедия природы России. Минералы и горные породы. М.: 1998. 349 с.
9. Аликберова Л.Ю. Занимательная химия: Книга для учащихся, учителей и родителей. М.: АСТ-ПРЕСС, 1999. 164 с.
10. Степин Б.Д., Аликберова Л.Ю., Рукк Н.С. Домашняя химия. Химия в быту и на каждый день. М.: РЭТ, 2001. 276 с.