

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ

Факультет: «Электроника и автоматика»

Кафедра: «Теоретическая электротехника и электронные технологии»

На правах рукописи

Шкляревский Богдан Александрович

Прибор для создания коллоидного раствора наночастиц серебра

Выпускная квалификационная работа

на соискание степени бакалавра по направлению

**5523300 – «Нанотехнологии (наноматериалы, электронные приборы и
устройства)»**

Заведующий кафедрой:

доц. Абидов К.Г.

Руководитель:

проф. Умирзаков Б.Е.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1.Обзор литературы.....	7
1.1 Физико-химические свойства серебра.....	7
1.2 Растворы серебра.....	15
1.3 Применение коллоидного раствора наночастиц серебра.....	18
1.4 Физические основы получения раствора серебра.....	24
1.5 Методы контроля раствора серебра и постановка задачи исследования.....	27
2. Разработка конструкции прибора.....	33
2.1 Выбор материалов для конструкции.....	33
2.2. Разработка конструкции прибора.....	35
3. Изготовление и настройка прибора.....	39
3.1 Изготовление элементов корпуса.....	39
3.2 Монтаж и наладка электрической части.....	40
3.3 Проверка работоспособности прибора.....	43
4. Получение раствора наночастиц серебра.....	45
5. Обработка полученных данных.....	65
6. Разработка методических указаний к прибору.....	71
Заключение.....	74
Безопасность жизнедеятельности.....	75
Экономическая часть.....	85
Список использованной литературы.....	93

ВВЕДЕНИЕ

В данной работе рассматриваются методы получения водных растворов серебра и применение их в различных целях. По своим физико-химическим свойствам серебро является очень интересным элементом. Серебро применяется во многих сферах, в промышленности, в электронике и электронных технологиях и в медицине. Благодаря своей относительно низкой реакционной способности, хорошей электропроводности и теплопроводности серебро стоит в начале наиболее применяемых материалов во всех сферах промышленности.

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.

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.

Ионы серебра обладают бактериостатическими свойствами. Однако, для достижения бактериостатического эффекта концентрацию ионов серебра в воде необходимо повысить настолько, что она становится непригодной для питья. Бактериостатические свойства серебра известны с древности. Покрытие поверхностных ран серебряными пластинами практиковалось ещё в древнем Египте. Очистку больших количеств воды, основанную на бактерицидном действии серебра, особенно удобно производить электрохимическим путём

Актуальность разработки прибора обеспечивается возможностью использования свойств коллоидного раствора наночастиц серебра для создания новых технологий на их основе и применения их на практике. Также предполагается что растворы серебра могут быть использованы для создания различных лекарственных препаратов и разработки новых методик лечения в иммунологии. Исходя из вышперечисленного можно выделить цель данной работы.

Цель работы: Создание установки для получения коллоидного раствора наночастиц серебра и получение водного раствора серебра.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Физико-химические свойства серебра

Чистое серебро внешне – это блестящий металл зеркально-голубого цвета поверхность которого кажется почти белой. Серебро достаточно пластичный металл обладающий высокой гибкостью и ковкостью, поэтому его можно относительно легко сгибать, вытягивать и резать, но к сожалению это же свойство способствует его деформации при нагрузках. Если рассматривать серебро с точки зрения плотности то Ag относится к тяжелым металлам. В таблице приведены основные физические свойства серебра.

Название серебро (аргентум) Ag

Порядковый номер 47

Молярная масса 107,870 г/моль

Валентность I,(II),(III)

Заряд 1+,(2+),(3+)

Массовые числа природных изотопов 107,109

Радиус атома, пм 144

Энергия ионизации Э Э+,эВ 7,57

Радиус иона Э+, пм 113

Стандартный электронный потенциал, В 0,799

Температура плавления °С 960,5°С

Температура кипения ° С 2167°С

Твердость (алмаз=10) 2,7

Теплоемкость C_p ,Дж/моль град 1,7

Электропроводность ($Hg=1$) 59

Теплопроводность ($Hg=1$) 57

Как известно серебро - металл, а следовательно по своим электрическим свойствам относится к проводникам. Серебро обладает очень хорошей электропроводностью ,что обусловлено высшей степенью делокализации электронов и наличием в кристаллической решетке электронов проводимости, отличающихся большей подвижностью. Электропроводность серебра сильно зависит от степени очистки и понижается по мере появления новых примесей, что связано с нарушением упорядоченности в кристаллической решетке серебра и возникновением новых препятствий направленному движению электронов. При повышении температуры электрическое сопротивление увеличивается. Это происходит из-за увеличения амплитуды колебаний атомов кристаллической решетки серебра, нарушающих условия направленного движения электронов [1 – 5].

Высокая теплопроводность серебра (57 при $Hg=1$) обусловлена следующим процессом: свободные электроны серебра, находящиеся в постоянном движении, сталкиваются с колеблющимися атомами в узлах кристаллической решетки и обмениваются с ними энергией, усилившиеся при нагревании металла колебания атомов незамедлительно передаются с помощью электронов соседним и удаленным атомам, в результате происходит быстрое выравнивание температура по всей массе металла. Температура плавления серебра равна $960,5^{\circ}\text{C}$, а объем его при плавлении увеличивается на 3,3%. Зависимость нагрева серебра по времени приведена на рис. 1.1.

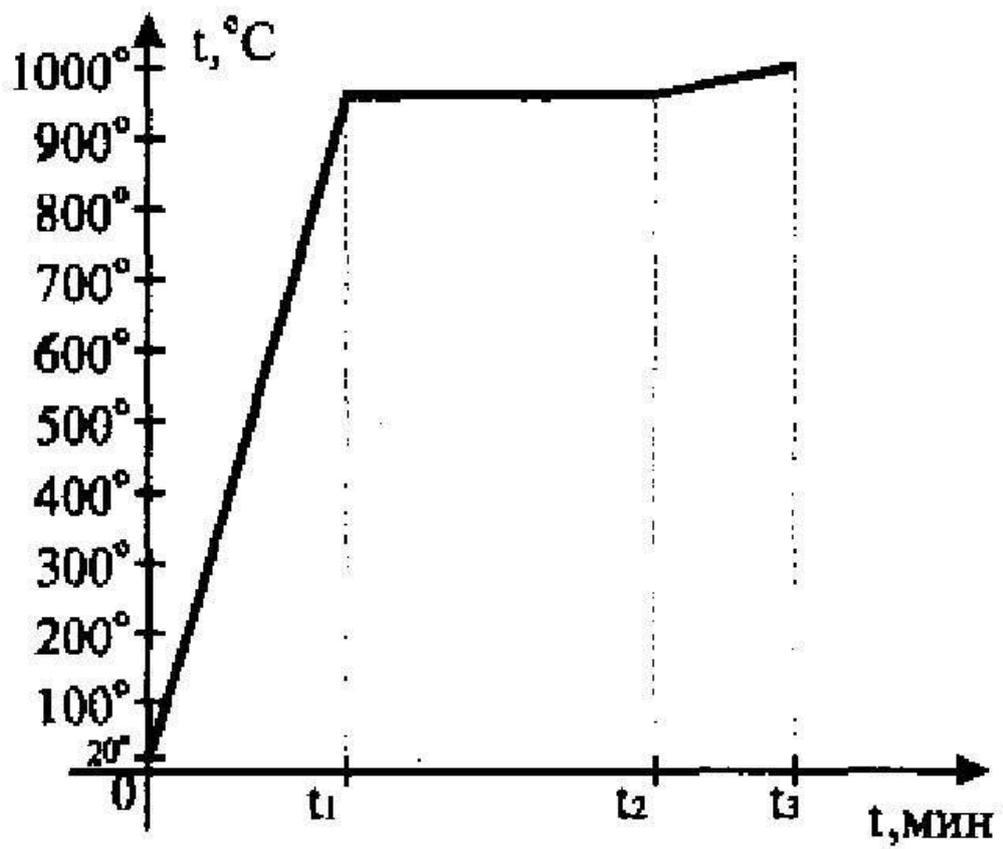


Рис 1.1. Зависимость нагрева серебра.

Серебро относится к диамагнитным, то есть обладающим отрицательной восприимчивостью к магнитному полю и оказывающим сопротивление его силовым линиям, веществам.

Серебро отличный отражатель, оно способно отразить 97-99% видимого света и одинаково хорошо отражает весь диапазон волн видимого спектра:

длина волны, нм - 1000500100504031,63020 .

отражение лучей, % - 9998,5969.

Кроме этого для серебра характерна прозрачность в ультрафиолетовой области около 31,60 нм.

Атом серебра имеет один электрон на уровне 5s, а ниже лежит уровень 4d¹⁰ – в нем 10 электронов. Этот уровень имеет максимальное число электронов, электроны в нем прочно связаны и поэтому серебро в своих соединениях почти всегда выступает как однозарядный положительный ион (почти всегда одновалентно). Лишь в очень редких случаях серебро проявляет себя как двух- или трех- зарядный катион. В этих соединениях атому серебра приходится отдавать электроны не только из внешней оболочки, но и из следующей оболочки, так что в ней остается уже не десять, а девять или восемь электронов. Однако устойчивым катионом серебра в водных растворах все-таки неизменно является однозарядный катион Ag⁺.

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 рублидия 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. 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.

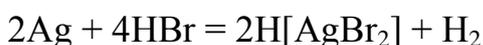
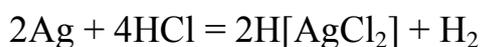
Коллоидные растворы серебра окрашены в розовый (до коричневого) цвет и могут быть получены восстановлением суспензий Ag_2O водородом при $+50^{\circ}C$ (или другими восстановителями, например сахаром, окисью углерода, цитратом железа(II), цитратом аммония, хлоридом олова(II), пирогаллолом, фенолом, фосфором в эфире, фосфорноватистой 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 слабо щелочных растворах гидрозоль серебра ведет себя как отрицательный коллоид, а в слабо кислых растворах - как положительный.

Коллоидное серебро является энергичным восстановителем по отношению к Fe_2Cl_6 , HgCl_2 , KMnO_4 , разбавленной HNO_3 , обладает хорошей адсорбционной способностью (по отношению к кислороду, водороду, метану, 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.

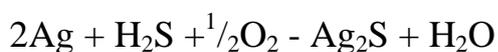
Металлическое серебро обладает кубической гранецентрированной решеткой с плотностью $10,50 \text{ г/см}^3$ при $+20^\circ\text{C}$, температура плавления $+960,5^\circ\text{C}$, температура кипения $+2177^\circ\text{C}$ (пары желтовато-синие); оно диамагнитно, является очень хорошим проводником тепла 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...450°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:

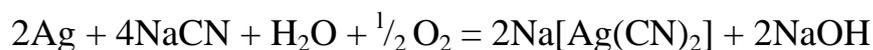


Кислород взаимодействует с нагретым до 168° металлическим серебром при разных давлениях с образованием Ag₂O. Озон при +225°C в присутствии влаги (или перекиси водорода) действует на металлическое серебро, образуя высшие окислы серебра. Сера, реагируя с нагретым до +179°C с

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°C) 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 [6 – 10].

1.2. Растворы серебра

Коллоидное серебро представляет собой жидкий раствор (суспензию) из микроскопических частиц серебра. Коллоидными называют высокодисперсные системы (лиозоли, коллоидные растворы) с жидкой дисперсионной средой. Частицы дисперсной фазы зольей вместе с окружающей их сольватной оболочкой из молекул (ионов) дисперсионной среды называются мицеллами. Они свободно и независимо друг от друга участвуют в броуновском движении и равномерно заполняют весь объем дисперсионной среды (в данном случае очищенной воды).

Более широкое коммерческое определение «коллоидного серебра» включает продукты, которые содержат различные концентрации ионного серебра, серебряных коллоидов, ионных серебросодержащих составов или серебросодержащих комплексов на основе белков в очищенной воде. Коллоидное серебро с концентрациями 30 частей за миллион (ppm) или меньше как правило производится с использованием процесса электролиза, тогда как коллоидное серебро с более высокими концентрациями 50 ppm или больше — обычно является серебросодержащими составами, в которых серебряные частицы связаны с белком.

Катодный процесс при электролизе в водных растворах электролитов показан на рис. 1.2. Процессы происходящие на аноде показаны на рис. 1.3. Диаграмма зависимости электродного потенциала от рН для воды и продуктов ее диссоциации (диаграмма Пурбе) отражена на рис. 1.4.

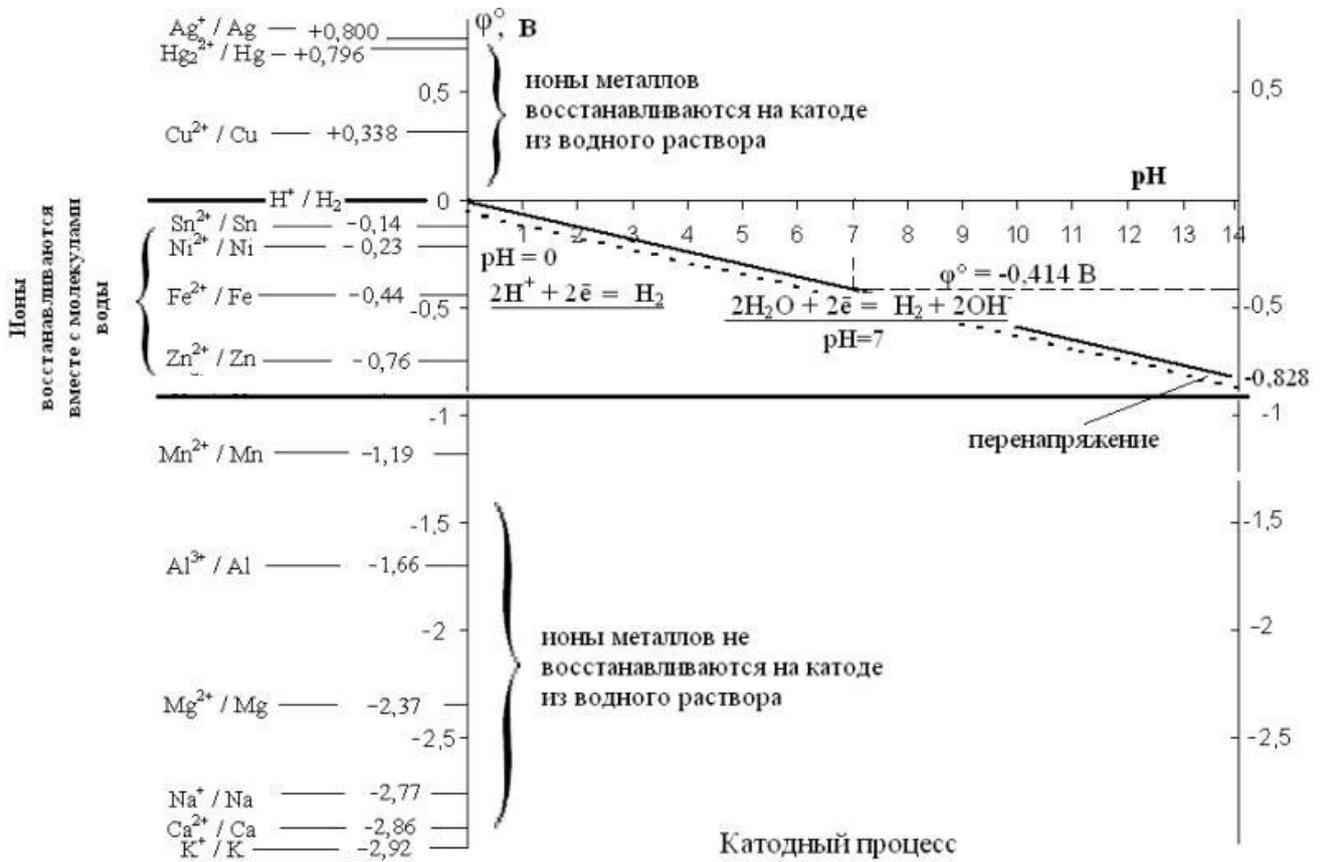


Рис.1.2. Катодный процесс при электролизе в водных растворах электролитов

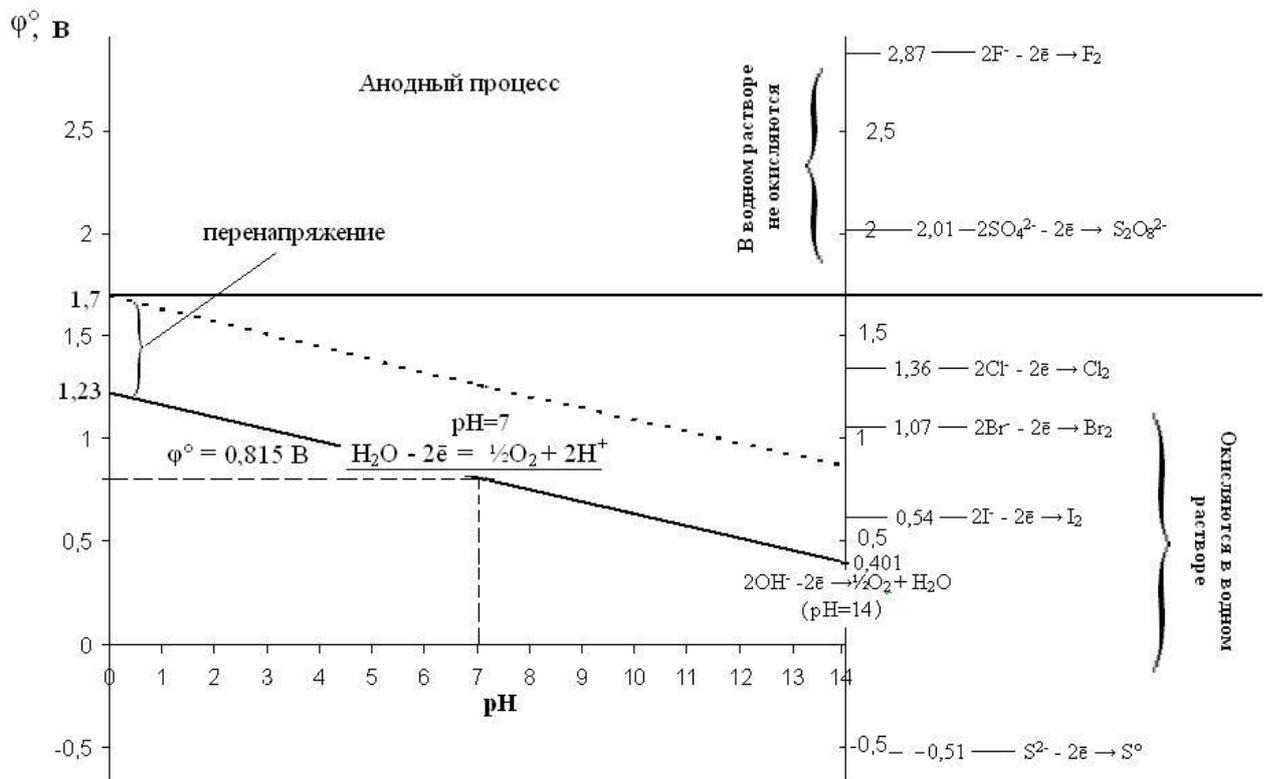


Рис. 1.3. Анодный процесс в водных растворах.

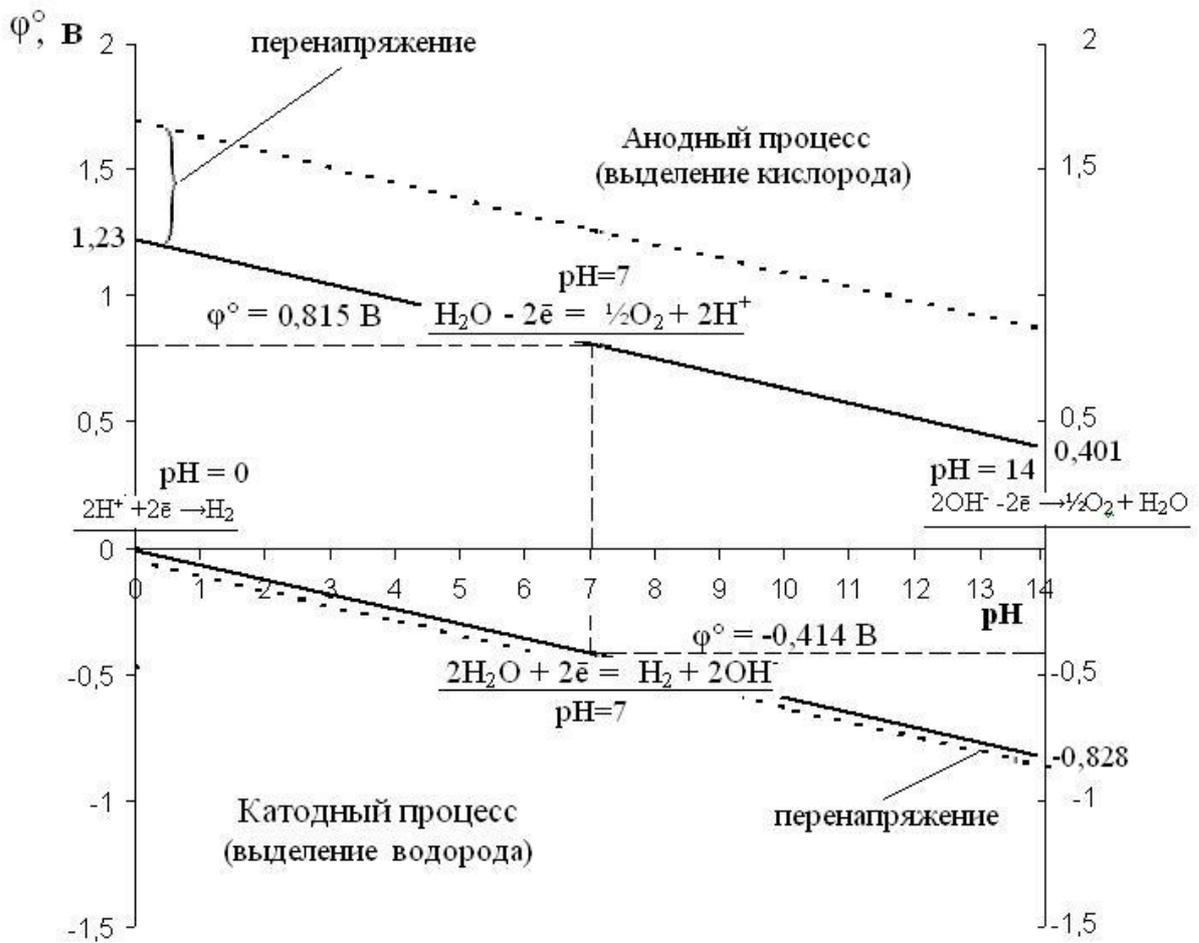


Рис. 1.4. Диаграмма зависимости электродного потенциала от pH для воды и продуктов ее диссоциации (диаграмма Пурбе).

1.3. Применение

Коллоидный раствор серебра с молекулярными частицами нанометрического размера (nm, 10^{-9}) предназначен для широкого применения с разнообразными целями в различных отраслях промышленности. Коллоидный раствор может производиться с концентрациями наночастиц серебра в растворе в диапазоне от 0,1 до 10% .

Коллоидный раствор серебра может быть использован в качестве компонента для лакокрасочной, агрохимической промышленности, в строительстве, сельском хозяйстве и т.д. Обладая широкими многофункциональными свойствами, коллоидный раствор серебра может быть также применен потребителями, в различных целях, по их усмотрению, в следующих предполагаемых областях:

- изготовление экспериментальных образцов моющих, дезинфицирующих и чистящих средств;
- парфюмерия, производство шампуней, кремов, косметика и т.п.;
- компонент различных красок;
- нанесение на (и/или в) различные поверхности с целью придания им дезинфицирующих свойств (пластиковые изделия, бытовая техника, ручки, водопроводные трубы питьевого водоснабжения), а также в различные ткани, спецодежду (в т.ч. медицинского назначения) и т.п.
- добавки в водные бассейны и ванны;
- пропитки для тканей и предметов гигиены;
- медицина;
- ветеринария;

- агрохимия (обработка семян перед хранением и посевом, полив рассады и т.п.);
- в качестве дезинфектора и консерванта (сохранение различных продуктов, пищевая промышленность);
- разработка новых типов оптических элементов;
- в научно-исследовательских, опытных и опытно-конструкторских работах;
- для создания новейших (экспериментальных, опытных, серийных) образцов любой продукции с новыми потребительскими свойствами и качествами, например: биодатчики, биопробы, катализаторы, химические датчики, компоненты для интегральных схем, проводящие покрытия, проводящие чернила и пасты, носители данных, материалы с высокой электропроводностью и теплопроводностью, оптические фильтры, пленки и устройства, фотонные кристаллы, серебряные коллоиды, добавки для спекания, опытные образцы лекарственных средств от СПИД и других вирусных/бактериальных заболеваний.

Наносеребро размерами 2-20 нм имеет уникальные свойства, которые могут использоваться в различных видах продукции. Главные из них - уникальное дезинфицирующее свойство, отсутствие резистентности микроорганизмов к нему и безопасность по отношению к организму человека - делают нано-серебро незаменимым для профилактики и борьбы с инфекционными процессами, включающими антисептическую промывку, аппликацию, обеззараживание воды, сохранение пищевых продуктов, фильтрации воздуха, антимикробная защита одежды, обуви, предметов быта.

На основе наносеребра с концентрациями 10^{-5} – 10^{-2} % можно производить множество товаров народного потребления с ярко выраженными антибактерицидными свойствами (зубные пасты, кремы,

шампуни, стиральные порошки, лаки, краски, ткани, гигиенические принадлежности и т.д.).

Является высокоэффективным бактерицидным средством. Спектр действия частиц серебра распространяется на 650 видов бактерий и микроорганизмов, в то время как антибиотики подавляют не более 10 видов и даже для них со временем наступает привыкание, резистентность и требуется создание новых препаратов. Имея в распоряжении наносеребро, получаем антибиотик, к которому нет привыкания и нет отрицательного действия на человеческий организм. Гипотетический механизм взаимодействия клетки с частицами наноразмера рассмотрен на рис. 1.5.

В общих чертах механизм борьбы серебра с одноклеточными (бактериями) и бесклеточными микроорганизмами (вирусами) представляет следующее: серебро реагирует с клеточной мембраной бактерии, которая представляет собой структуру из особых белков (пептидогликанов), соединенных аминокислотами для обеспечения механической прочности и стабильности. Серебро взаимодействует с внешними пептидогликанами, блокируя их способность передавать кислород внутрь клетки бактерии, что приводит к «удушью» микроорганизма и его гибели (рис. 1.6. пептидогликан) [11 – 15].

Перспективные направления использования наночастиц серебра:

- создание санитарно-гигиенических средств нового поколения, используемых: для дезинфекции поверхностей в помещениях, предметов обстановки, санитарно-технического оборудования, изделий медицинского назначения, белья, предметов ухода за больными при инфекциях бактериальной, вирусной, грибковой природы; сельскохозяйственных

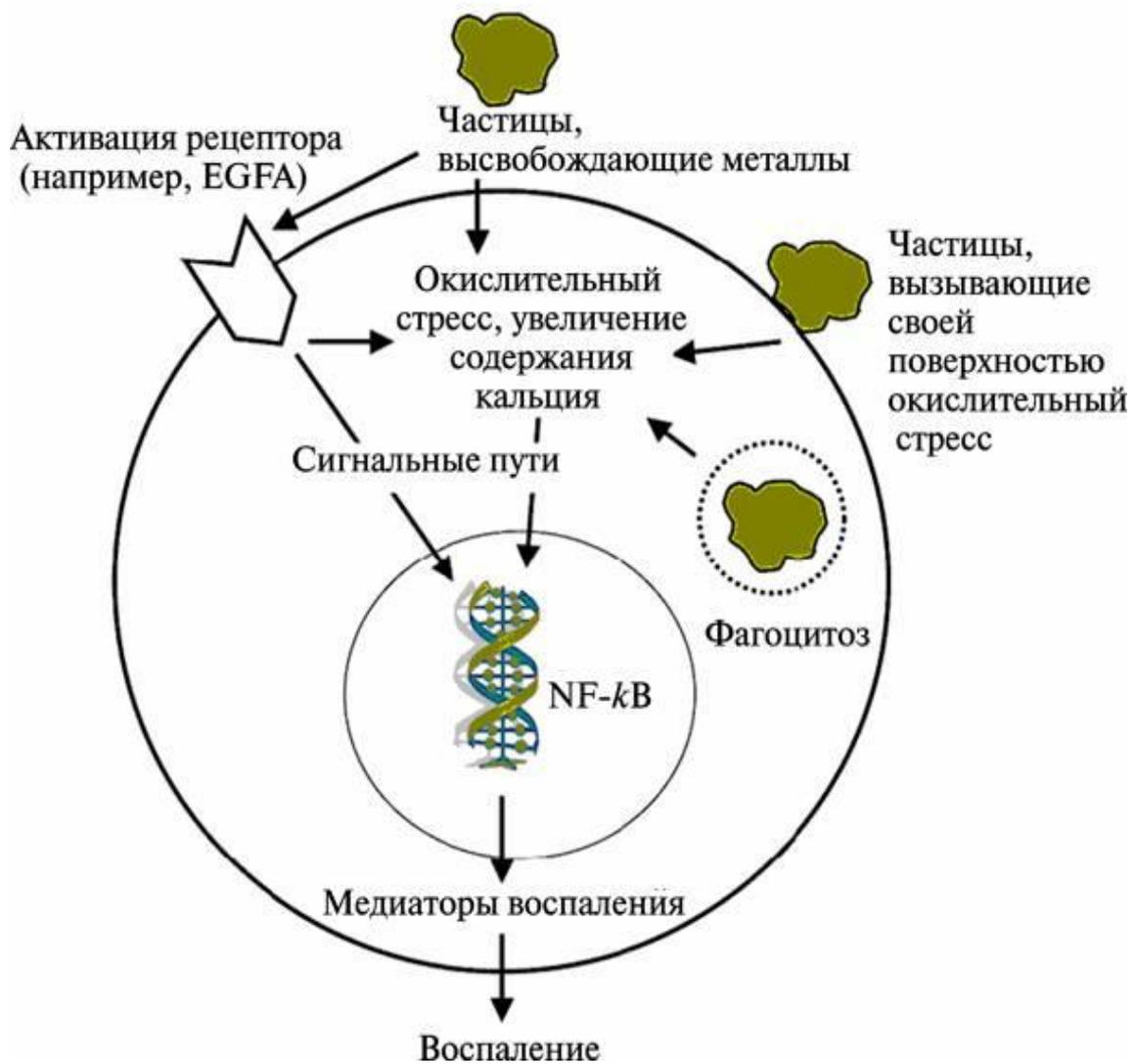


Рис. 1.5. Гипотетический механизм взаимодействия клетки с частицами наноразмера. Окислительный стресс, вызванный активной поверхностью наночастиц, приводит к увеличению внутриклеточного кальция и к активации отдельных генов. Проникшие в клетку частицы металла приводят клетку к окислительному стрессу, увеличивая, в свою очередь, внутриклеточное содержание кальция и активируя отдельные гены.

помещений (коровники, птичники, свинарники, парники и т.п.); воды и других жидкостей;

- при проведении генеральных уборок в лечебно-профилактических и пенитенциарных учреждениях, на объектах коммунальной службы, предприятиях общественного питания, в спортивных комплексах и других учреждениях массового посещения;

- модификация традиционных материалов, с целью придания им эффективных биоцидных свойств (перевязочные материалы и полимерные изделия медицинского и санитарно-гигиенического применения; ткани и текстильные изделия; лаки и краски, другие строительные и древесно-стружечные материалы; бумага и картон; различные виды упаковочных материалов и тары; полимерные материалы и пленки; фильтры для воды и систем кондиционирования; керамика и стекло; другие материалы и покрытия);

- медицина (лечение рака; заболевания лорорганов; воспалительные заболевания полости рта; бронхолегочные заболевания; заболевания желудочно-кишечного тракта; профилактика и борьба с инфекционными процессами, включающими антисептическую промывку, аппликацию, обеззараживание воды, сохранение пищевых продуктов, фильтрации воздуха, антимикробная защита одежды, обуви, предметов быта; инфекционные поражения костей, костного мозга, мышц, суставов, лимфатических узлов. Ожоги всех степеней, гнойные незаживающие раны, рожистые воспаления, свищи; воспалительные процессы бактериального, вирусного или грибкового происхождения – конъюнктивит, блефарит, кератит, воспаление среднего уха, фарингит, ларингит, трахеит, тонзиллит, ринит, синуситы, ОРВИ, вагинит, эрозия шейки матки, полипоз, миома, фиброма, кистозные

образования, дерматиты, дерматозы, экземы, фурункулёз, угри, прыщи, грибковые поражения, стоматит, гингивит, пародонтоз, парадонтит, пульпит, базалиомы, рак кожи, угревая и гнойничковая сыпь, восстановление кислотно-щелочного баланса кожи и т.д.);

- как дезинфектор и консервант;

- косметическая, парфюмерная промышленность (производство шампуней, кремов, зубные пасты, стиральные порошки, лаки, краски, ткани, гигиенические принадлежности и т.п. с новыми потребительскими свойствами) [16 – 20].

1.4. Физические основы получения раствора наночастиц серебра

Наночастицы серебра в водных растворах получают путем восстановления ионов серебра с помощью глюкозы, аскорбиновой кислоты, гидразина, боргидрида натрия и других восстановителей. Реакцию восстановления проводят в различных условиях. Восстановление глюкозой проводят при нагревании до 600С. Для увеличения скорости протекания реакции используют гидроксид натрия. Полученные частицы исследуют различными способами: методом рентгеновской дифракции (XRD), методом трансмиссионной электронной микроскопии (ТЕМ), а также проводились исследования на спектрофотометре. Исследования показали, что в ходе восстановления в водных растворах были получены частицы размером 10 – 20 нм, $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$.

К способам управления размерами наночастиц, применяемым в научной практике, относятся: использование полимерных матриц, позволяющих управлять размерами нанокластеров, полимерной защиты; физические методы управления размерами (обработка ультразвуком, облучение рентгеновским излучением и использование токов высокой чистоты). Изменение размера нанокластеров металлов добиваются также варьированием природы восстановителя. Так, использование боргидрида натрия при восстановлении позволяет в большинстве случаев получить наночастицы серебра с узким распределением по размерам в пределах 2-8 нм. Восстановление более мягким восстановителем, таким как гидразин, приводит к образованию более крупных наночастиц металлов с размерами 15-30 нм. При варьировании условий восстановления возможно получение практически монодисперсных наночастиц. Строение и размер продукта в большой степени зависит от условий реакции таких как температура и концентрация нитрата серебра. Например, когда температура понижается до 120 или увеличивается до 190, в полученном продукте доминируют наночастицы с нерегулярной структурой (формой). Начальная концентрация нитрата серебра должна быть не больше 0.1М, в противном случае будет выпадать в виде осадка металлическое серебро. Наночастицы серебра с различными размерами могут быть получены в результате увеличения времени проведения реакции.

Для исследования влияния рН на устойчивость водных коллоидных растворов, раствор нитрата серебра был предварительно обработан и его значение рН установлено по растворам NaOH и HCl. Процесс восстановления серебра шел замедленно в сильноокислых (рН 1.5) и в основных (рН 12.5) условиях. Коллоидный раствор в щелочной среде сохраняет устойчивость в

течении больше, чем 2 недели без образования осадка. В то время как в кислотных условиях подобная стабильность не наблюдается, образовавшиеся агрегаты сохраняются лишь в течении 5 дней при рН 1.5.

Также известны способы получения наночастиц серебра в неводных средах. Наночастицы серебра с фиксированным размером были синтезированы с помощью модифицированного высокомолекулярного процесса, который предполагает восстановление нитрата серебра с этиленгликолем в присутствии стабилизаторов, таких как поливинилпирролидон. Несмотря на то, что принцип селективности для этих систем еще не полностью изучен, предполагают, что селективная адсорбция ПВП на различных кристаллографических плоскостях серебра определяет морфологию продукта.

Оптические измерения коллоидных наночастиц серебра в этаноле показывают единственный максимум при длине волны 395 нм, который связан с поверхностным плазмонным резонансом. Это и соответствует сферическим наночастицам серебра размером 5-8нм. Наблюдался процесс разрушения наночастицы при прохождении через энергетический барьер: должно накопиться необходимое для разрушения наночастицы количество энергии и, одновременно, проникнуть в запрещенную энергетическую зону и индуцировать многофотонный процесс.

При электролизном методе получения серебряной воды нельзя использовать сплавы серебра. При электрохимической реакции примеси, содержащиеся в сплаве серебра, также переходят в активное ионное состояние и могут нанести вред Вашему здоровью. Если для процесса электролиза использовать серебро низкой пробы, то использование полученной воды влечет за собой проникновение в организм сопутствующих

серебру активных ионов металлов. Научно доказано, что накопление в организме человека свинца и кадмия приводит к почечной недостаточности, инфаркту, раку, циррозу печени, тяжелым расстройствам мочеполовой системы. Вследствие этого, для приготовления серебряной воды необходимо применять серебро с пробой Sp 999,9 и выше.

Упорядоченное движение ионов в проводящих жидкостях происходит в электрическом поле, которое создается электродами — проводниками, соединёнными с полюсами источника электрической энергии. Анодом при электролизе называется положительный электрод, катодом — отрицательный [21 – 23].

1.5. Методы контроля раствора серебра и постановка задачи исследования

Совокупность методов качественного и количественного анализа, основанных на электрохимических явлениях, происходящих в исследуемой среде или на границе раздела фаз и связанных с изменением структуры, химического состава или концентрации анализируемого вещества. Э. м. а. делятся на пять основных групп: потенциометрию, вольтамперометрию, кулонометрию, кондуктометрию и диэлектрометрию.

Потенциометрия объединяет методы, основанные на измерении эдс обратимых электрохимических цепей, когда потенциал рабочего электрода близок к равновесному значению. Потенциометрия включает редоксметрию, ионометрию и потенциометрическое титрование.

Вольтамперометрия основана на исследовании зависимости тока поляризации от напряжения, прикладываемого к электрохимической ячейке, когда потенциал рабочего электрода значительно отличается от равновесного значения. По разнообразию методов вольтамперометрия — самая многочисленная группа из всех Э. м. а., широко используемая для определения веществ в растворах и расплавах (например, амперометрия).

Кулонометрия объединяет методы анализа, основанные на измерении количества вещества, выделяющегося на электроде в процессе электрохимической реакции в соответствии с Фарадея законами. При кулонометрии потенциал рабочего электрода отличается от равновесного значения. Различают потенциостатическую и гальваностатическую кулонометрию, причём последняя включает прямой и инверсионный методы, электроанализ и кулонометрическое титрование.

К кондуктометрии относятся методы, в которых измеряют Электропроводность электролитов (водных и неводных растворов, коллоидных систем, расплавов, твёрдых веществ). Кондуктометрический анализ основан на изменении концентрации вещества или химического состава среды в межэлектродном пространстве; он не связан с потенциалом электрода, который обычно близок к равновесному значению. Кондуктометрия включает прямые методы анализа (используемые, например, в Солемерах) и косвенные (например, в газовом анализе) с применением постоянного или переменного тока (низкой и высокой частоты), а также хронокондуктометрию, низкочастотное и высокочастотное титрование.

Диэлектрометрия объединяет методы анализа, основанные на измерении диэлектрической проницаемости вещества, обусловленной

ориентацией в электрическом поле частиц (молекул, ионов), обладающих дипольным моментом. Методы диэлектromетрии применяют для контроля чистоты диэлектриков, например для определения малых количеств влаги. Диэлектromетрическое титрование используют для анализа растворов.

К оптическим методам анализа относят физико-химические методы, основанные на взаимодействии электромагнитного излучения с веществом. Это взаимодействие приводит к различным энергетическим переходам, которые регистрируются экспериментально в виде поглощения излучения, отражения и рассеяния электромагнитного излучения. Оптические методы включают в себя большую группу спектральных методов анализа. Фотометрический анализ относится к абсорбционным методам, т.е. основан на измерении поглощения света веществом. Он включает спектрофотометрию, фотоколориметрию и визуальную фотометрию, которую обычно называют колориметрией.

Каждое вещество поглощает излучение с определенными (характерные только для него) длинами волн, т.е. длина волны поглощаемого излучения индивидуальна для каждого вещества, и на этом основан качественный анализ по светопоглощению.

Основой количественного анализа является закон Бугера-Ламберта-Бера:

$$A = \epsilon l c$$

где $A = -\lg(I/I_0) = -\lg T$ – оптическая плотность;

I_0 и I – интенсивность потока света, направленного на поглощающий раствор и прошедшего через него;

c – концентрация вещества, моль/л;

l – толщина светопоглощающего слоя;

ϵ – молярный коэффициент светопоглощения;

T – коэффициент пропускания.

Для определения концентрации анализируемого вещества наиболее часто используют следующие методы: 1) молярного коэффициента светопоглощения; 2) градуировочного графика; 3) добавок; 4) дифференциальной фотометрии; 5) фотометрического титрования.

Метод молярного коэффициента поглощения. При работе по этому методу определяют оптическую плотность нескольких стандартных растворов $A_{ст}$, для каждого раствора рассчитывают $\epsilon = A_{ст}/(lc_{ст})$ и полученное значение ϵ усредняют. Затем измеряют оптическую плотность анализируемого раствора A_x и рассчитывают концентрацию c_x по формуле $c_x = A_x /(\epsilon l)$.

Ограничением метода является обязательное подчинение анализируемой системы закону Бугера-Ламберта-Бера, по крайней мере, в области исследуемых концентраций.

Метод градуировочного графика. Готовят серию разведений стандартного раствора, измеряют их поглощение, строят график в координатах $A_{ст} - C_{ст}$. Затем измеряют поглощение анализируемого раствора и по графику определяют его концентрацию.

Метод добавок. Этот метод применяют при анализе растворов сложного состава, так как он позволяет автоматически учесть влияние «третьих» компонентов. Сущность его заключается в следующем. Сначала определяют оптическую плотность A_x анализируемого раствора, содержащего определяемый компонент неизвестной концентрации c_x , а затем

в анализируемый раствор добавляют известное количество определяемого компонента ($c_{ст}$) и вновь измеряют оптическую плотность $A_{x+ст}$.

Оптическая плотность A_x анализируемого раствора равна

$$A_x = e l c_x,$$

а оптическая плотность анализируемого раствора с добавкой стандартного

$$A_{x+ст} = e l (c_x + c_{ст}).$$

Концентрацию анализируемого раствора находим по формуле:

$$c_x = c_{ст} A_x / (A_{x+ст} - A_x).$$

Метод дифференциальной фотометрии. Если в обычной фотометрии сравнивается интенсивность света, прошедшего через анализируемый раствор неизвестной концентрации, с интенсивностью света, прошедшего через растворитель, то в дифференциальной фотометрии второй луч света проходит не через растворитель, а через окрашенный раствор известной концентрации – так называемый раствор сравнения.

Фотометрическим методом можно определять также компоненты смеси двух и более веществ. Эти определения основаны на свойстве аддитивности оптической плотности:

$$A_{см} = A_1 + A_2 + \dots + A_n$$

где $A_{см}$ - оптическая плотность смеси; A_1, A_2, A_n – оптические плотности для различных компонентов смеси [24 – 25].

Промышленностью выпускаются приборы для абсорбционной спектроскопии: колориметры, фотометры, фотоэлектроколориметры, спектрофотометры и т. д., в которых используют различные комбинации осветителей, монохроматоров и приемников света.

Исходя из всего вышеперечисленного можно выделить следующие задачи:

1. Создать простую и удобную в эксплуатации модель установки из доступных материалов.
2. Собрать реально работающий прибор и провести проверку работоспособности.
3. Получить коллоидный раствор наночастиц серебра.
4. Проанализировать результаты.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПРИБОРА

2.1. Выбор материалов для конструкции

Существует много различных материалов которые можно использовать для реализации поставленной задачи, однако для получения наилучших результатов и удовлетворения потребностям качества следует иметь ввиду даже незначительную разницу тех или иных материалов. Работая с электрическим током нужно тщательно изучать электрофизические и химические свойства тех материалов которые могут быть использованы для прибора. Материал катода должен быть устойчивым к растворению и не должен сильно реагировать на процессы массопереноса в растворе [25 – 27].

Анод лучше всего изготавливать из металлов, наиболее устойчивых в водных растворах при потенциалах выделения кислорода. В кислых растворах эти потенциалы выше +1,23 В, а в щелочных выше +0,4 В. В этой области потенциалов устойчивы металлы платиновой группы, графит, а также оксиды некоторых металлов. Металлы платиновой группы обычно не применяют, так как они очень дороги. Удовлетворяют перечисленным требованиям некоторые модификации графита. Недостатком графитовых электродов является их быстрое разрушение вследствие постепенного окисления графитовой поверхности до диоксида и оксида углерода. Скорость разрушения анодов из графита определяется пористостью графита. Для устранения отрицательного влияния пор аноды можно пропитывать их специальными материалами препятствующими смачиванию и попаданию раствора в поры. Однако для получения коллоидного раствора наночастиц

серебра высокой чистоты нам нежелательно попадание примесей в раствор. Для подсветки было решено использовать светодиоды нового поколения рис. 2.1. Вследствии этого была разработана принципиальная схема подсветки рис. 2.2.

Выбор анодного материала из высших оксидов металлов в значительной степени ограничен, так как большинство этих соединений при нормальных температурах является диэлектриками или полупроводниками с широкой запрещенной зоной. Высокую электропроводность и достаточную химическую стойкость электродов в щелочных средах обеспечивают оксиды таких металлов, как медь, никель, кобальт, железо. Так, в процессах очистки воды часто используют магнетит $\text{FeO} \cdot \text{FeO}_4$. Электроды получают отливкой из шихты, представляющей собой природный магнетит. Наибольшей механической прочностью обладает литой магнетит, содержащий небольшой избыток свободного оксида железа Fe_2O_3 .

В последние годы для очистки воды применяют также и другие оксидные аноды. Основой для таких электродов служит титан, на поверхность которого наносят слой высших оксидов рутения или кобальта. Для получения таких электродов на поверхность титана наносят легкоразлагающиеся соли металлов (карбонаты, нитраты), а затем изделие подвергают термической обработке при $350\text{—}400\text{ }^\circ\text{C}$. Слой оксидов, нанесенный таким образом, имеет толщину несколько микрометров. Основное преимущество этих электродов заключается в том, что они практически неразрушаемы, а после износа могут быть регенерированы. Материалом катода для нас должно служить серебро и чем выше его степень чистоты тем лучше.

Для контейнера было решено использовать стекло, так как стекло обладает уникальными физическими свойствами и находится на особом положении среди твёрдых неорганических соединений, таких как метал. По некоторым своим качествам стекло очень похоже на жидкость. Вещества обычно проявляют разные свойства находясь в жидком или твёрдом состоянии. Совсем иначе дело обстоит со стеклом. В составе стекла отсутствуют кристаллы и не наблюдается критическая температура при котором стекло становится жидким или наоборот твёрдым. Более того стекло имеет низкий коэффициент смачивания что особо важно для данного прибора.

2.2. Разработка конструкции прибора

Конструкционная система обеспечивает необходимую конструктивную совместимость функциональной системы и включает конструкции, являющиеся базовыми, так как они предназначены для образования необходимого типа конструкции различных уровней. Конструкционная система - иерархическая совокупность базовых конструкций, организованных в определенной соподчиненности на основе размерной совместимости с учетом функциональных, механических и тепловых факторов, а также требований технической эстетики и эргономики, предназначенная для построения вариантных компоновок функциональных изделий. Для создания данного прибора были выбраны возможные для данных условий самые современные материалы и устройства.



Рис. 2.1. Светодиод.

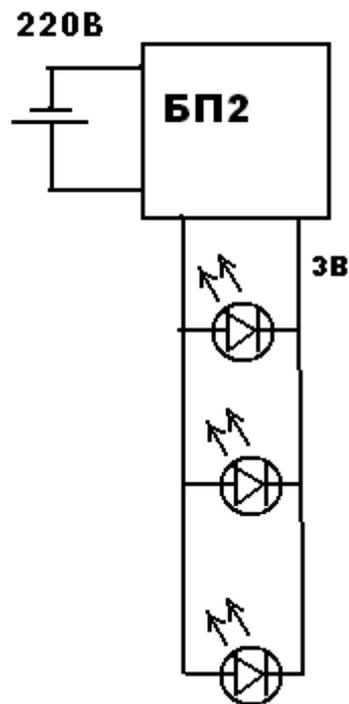


Рис. 2.2. Принципиальная схема светодиодной подсветки.

Конструкция разрабатывалась с таким учётом чтобы на ней было удобно работать и она отвечала всем потребностям и технике безопасности. Трёхмерная модель прибора показана на рис. 2.3. Для основного несущего элемента была выбрана конструкция переносного ящика от оптического микроскопа по тому как по своим параметрам она идеально подходит для данной работы [28 – 30].

В результате долгого упорного труда было решено что сам процесс получения раствора должен происходить внутри установки и была выработана стратегия по которой было решено сделать выдвижной элемент на котором и будет помещаться ячейка для проведения реакции. Более того было решено встроить систему вентиляции прибора дабы устранить аккумуляцию выделяющихся газов в корпусе прибора.

Выдвижным элементом нам хорошо подошёл несущий механизм привода дисководов марки LG (рис. 2.4). Для вентиляции был взят кулер от стандартного компьютерного блока питания марки P4-300W, работающий от напряжений 3-12В. Панель управления приводом выдвижного элемента было решено сделать в виде части корпуса с отверстиями для вывода кнопок марки МИЗВ параметрами 2А 220В. Также в ходе работы было решено сделать окно камеры из пластика, а внутри прибора установить светодиодную подсветку. Наилучшим выбором оказались светодиоды излучающие мягкое синее свечение.

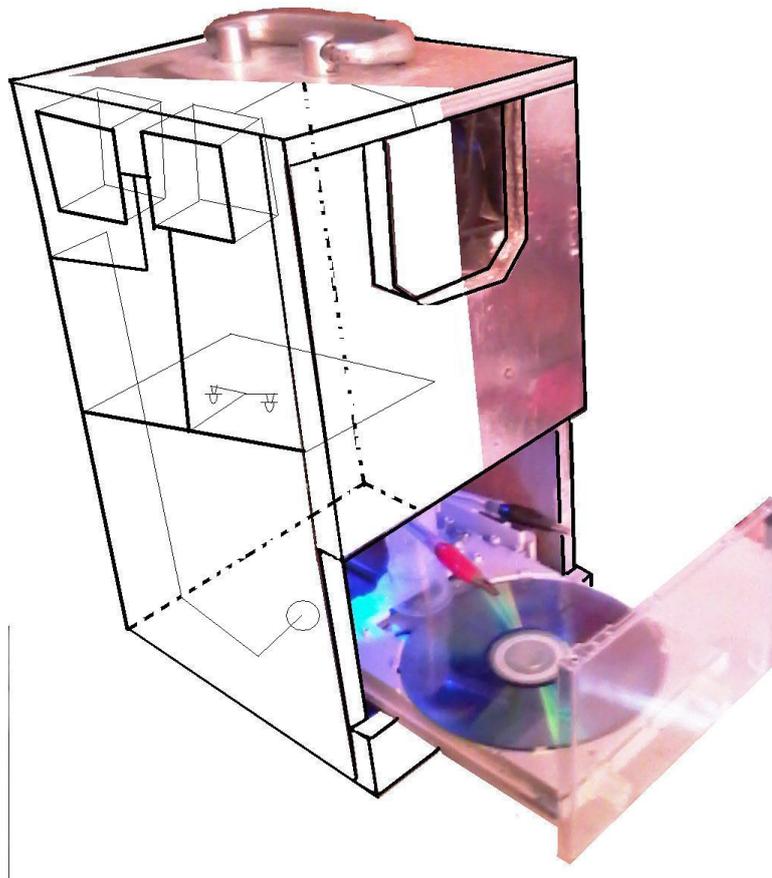


Рис. 2.3. Трёхмерное виртуальное изображение узлов прибора.

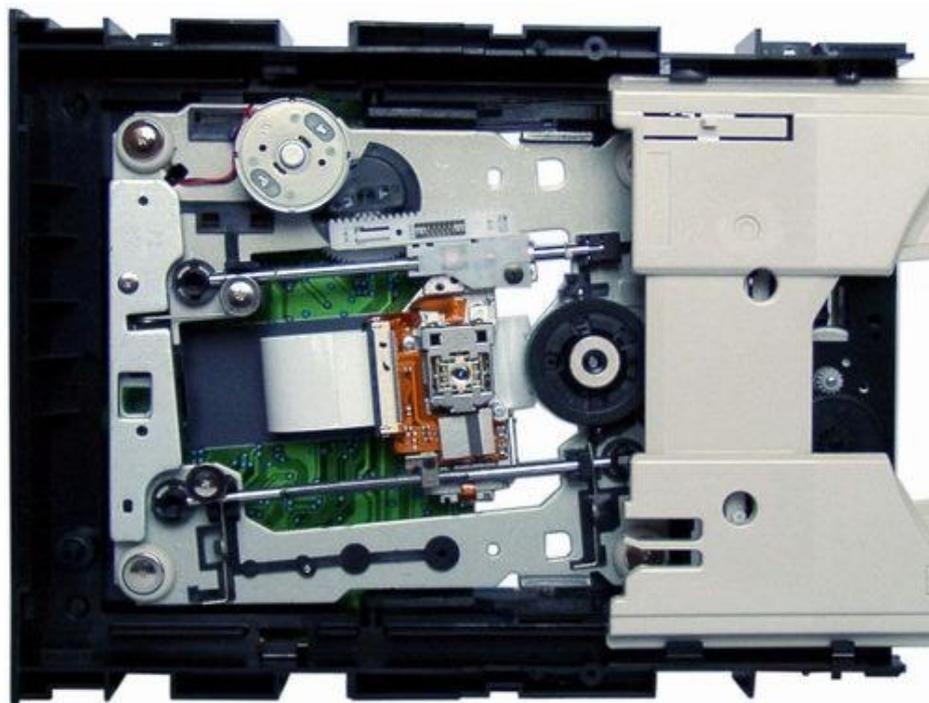


Рис. 2.4. Привод дисковод.

ГЛАВА 3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ И НАСТРОЙКА ПРИБОРА

3.1. Изготовление элементов корпуса

Сравнение напряженно-деформированных состояний модели корпуса при различных граничных условиях и нагрузках позволяет заключить, что данные варианты модели отражают предельные состояния конструкции. Введение по опорным поверхностям граничных условий, накладывающих ограничения на вертикальные перемещения точек данных поверхностей, существенно ужесточает модель, тогда как в реальной конструкции указанные поверхности деформируются. Приложение к опорным поверхностям равномерно распределенных нагрузок является другим предельным случаем. Так, в реальной конструкции стойка препятствует изгибу проушины, в результате чего происходит перераспределение усилий по опорной поверхности, результирующая контактных сил смещается в сторону центральной части. На нижней поверхности проушины также могут действовать силы со стороны буртика стойки, результирующая которых, наоборот, смещена к наружной стороне корпуса. Возникает эффект частичного защемления. Изготовление корпуса было сделано в несколько этапов. На первом этапе все поверхности подвергались механической обработке, шлифовке, полировке, также устранялись все дефекты. Следующие этапы включали в себя доработку корпуса, изменение его параметров, добавление элементов, покраску. Шлифовка производилась с помощью шлифовочной шкурки различного размера зерна и напильника по дереву для обрамления и выравнивания. Технологическое решение проблемы

окна выдвижного элемента было решено с помощью изменения размеров лицевой панели корпуса. Для встраиваемой системы вентиляции было сделано необходимое отверстие сверху лицевой стороны корпуса по форме кулера. Также были проделаны отверстия для кнопок манипулирования выдвижным элементом. Дизайн корпуса был выбран с использованием всех возможных технических новинок, решение цветовой гаммы было реализовано с помощью краски фирмы LINAO марки L-0005 цвета «эффект хрома», данный цвет оказался предпочтительнее и технологичнее. Выбор рукоятки для корпуса пал на стальную покрытую чёрной нитрокраской стандартную ручку от кейса, которая также была обработана и покрашена в цвет прибора.

3.2. Монтаж и наладка электрической части

Процесс монтажа состоит из заготовки монтажных проводов, их прокладки и выполнения электрических соединений внутри аппаратов. При заготовке монтажных проводов их нарезают на отрезки заданных размеров (мерная резка), изготавливают жгуты из одиночных проводов и оконцовывают их. При прокладке провода укладывают, выполняя необходимые изгибы, закрепляют и разводят их концы к местам присоединений. Основными особенностями монтажа электрической части аппаратов являются: минимальный объем, занимаемый монтажными элементами и деталями, и надежность электрических соединений, выполняемых пайкой, сваркой или по специальной технологии — накруткой,

а также широкое применение электрокомпонентов. Для подсветки прибора было решено использовать стандартные светодиоды мягкого синего свечения 3В. Для реализации питания светодиодов было решено использовать блок питания постоянного тока марки BESTEK модель ВРА-201S-12СЕ (рис. 3.1.) который должен был крепиться к боковой стенке корпуса посредством термокля. Питание кулера, привода выдвижного элемента и контактов электролизера реализовано с помощью блока питания постоянного тока марки SONY модель CPA009-004А выходные параметры которого составляют 4.5В 1А. Установка кулера была проведена с помощью термокля, после чего была установлена несущая панель для светодиодов и выдвижной элемент. Принципиальная схема прибора изображена на рис. 3.2. Прежде чем стать выдвижным элементов для прибора дисковод подвергся капитальным изменениям, были удалены все излишние части, проведена обрезка по размеру корпуса прибора и соответственно установка на него зажимов для катода и анода. Было решено сделать катод и анод вращающимися и выдвигающимися для более удобной работы. На заднюю стенку привода был установлен механизм подачи тока на электроды, дабы повысить удобное управление процессом получения раствора. Далее оба блока питания были присоединены к проводу подачи питания марки BSI APP.D со встроенным предохранителем для защиты от короткого замыкания, следом за этим были присоединены кнопки управления приводом выдвижной панели и светодиоды, которые также были приклеены с помощью термокля.



Рис. 3.1. Блок питания с возможностью изменения напряжения и полярности.

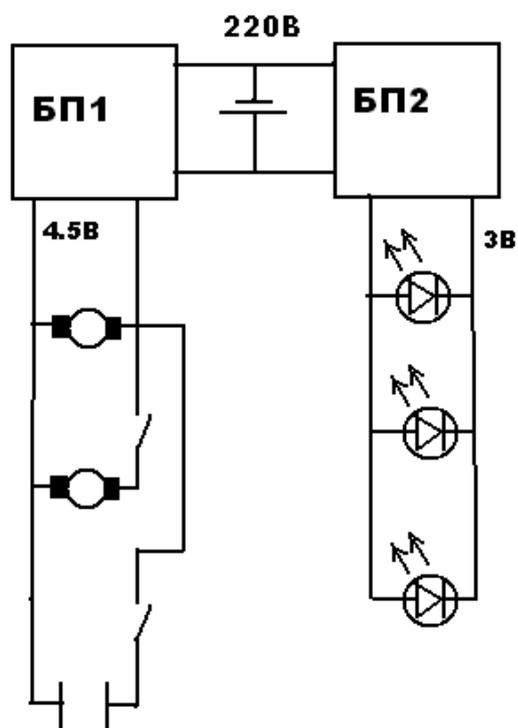


Рис. 3.2. Принципиальная схема прибор.

3.3. Проверка работоспособности прибора

После завершения монтажа электрооборудования, его испытаний, настройки отдельных элементов, налаживания электрических связей между взаимосвязанными устройствами, проводится комплексное опробование работоспособности, прежде всего цепей управления, защиты, блокировки, цепей сигнализации, цепей, связанных с обеспечением питания вторичных схем электроустановки, схем учета и контроля с выходом на первичное оборудование. Для этого в первую очередь подается напряжение питания. Если невозможно обеспечить подачу напряжения от штатного (проектного источника питания), то подается напряжение от временного источника необходимой мощности. Элементы схем, как реле, контакторы, пускатели, системы управления, предварительно проверены на надежную работу при пониженном напряжении, поэтому напряжение должно быть номинальным. Вторичные цепи проверяются предварительно методом имитации (нажатием того или иного реле, чтобы проверить целостность и работоспособность схемы) с выходом на силовые элементы, но без подачи на них первичного напряжения, т.е. выключатели выключены или от них отсоединены шины, от двигателей отключены кабели или рассоединены полумуфты. Сложные токовые цепи проверяются предварительно методом прогрузки от постороннего симметричного источника питания. Сравниваются величины и векторные диаграммы, полученные в процессе прогрузки с расчетными. Простые наглядные токовые цепи можно прогружать от однофазного источника питания, собирая первичную схему определенным образом, чтобы обтекались током трансформаторы тока всех

фаз. В ходе проведения проверки было выявлено, что все узлы и детали прибора полностью работоспособны и выдерживают критерии стандартные для подобных приборов. Проверка проводилась в течении 20 дней в режиме полной нагрузки с различными материалами, было выявлено качественное обеспечение работы установки и всех её частей, проведена оценка сборки корпуса и остальных элементов, показатель сборки и качества достигает отличной оценки, дефектов и других неисправностей не выявлено.

Элементы электрической части также полностью работоспособны и не имеют каких либо видимых дефектов и неисправностей, работа прибора происходит качественно и без задержек, сбои в работе не наблюдаются. Проверка также проводилась при получении раствора наночастиц серебра и при проведении электролиза с различными материалами [31 – 32].

ГЛАВА 4. ПОЛУЧЕНИЕ РАСТВОРА НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА

Электролиз — это окислительно-восстановительный процесс, протекающий на электродах при прохождении постоянного электрического тока через раствор или расплав электролитов.

Для осуществления электролиза к отрицательному полюсу внешнего источника постоянного тока присоединяют катод, а к положительному полюсу — анод, после чего погружают их в электролизер с раствором или расплавом электролита.

Электроды, как правило, бывают металлические, но применяются и неметаллические, например графитовые (проводящие ток).

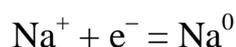
На поверхности электрода, подключенного к отрицательному полюсу источника постоянного тока (катоде), ионы, молекулы или атомы присоединяют электроны, т. е. протекает реакция электрохимического восстановления. На положительном электроде (аноде) происходит отдача электронов, т. е. реакция окисления. Таким образом, сущность электролиза состоит в том, что на катоде происходит процесс восстановления, а на аноде — процесс окисления.

В результате электролиза на электродах (катоде и аноде) выделяются соответствующие продукты восстановления и окисления, которые в зависимости от условий могут вступать в реакции с растворителем, материалом электрода и т. п., — так называемые вторичные процессы.

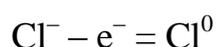
Металлические аноды могут быть: а) нерастворимыми или инертными (Pt, Au, Ir, графит или уголь и др.), при электролизе они служат лишь

передатчиками электронов; б) растворимыми (активными); при электролизе они окисляются.

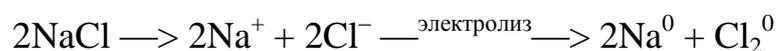
В растворах и расплавах различных электролитов имеются разноименные по знаку ионы, т. е. катионы и анионы, которые находятся в хаотическом движении. Но если в такой расплав электролита, например расплав хлорида натрия NaCl, опустить электроды и пропускать постоянный электрический ток, то катионы Na⁺ будут двигаться к катоду, а анионы Cl⁻ — к аноду. На катоде электролизера происходит процесс восстановления катионов Na⁺ электронами внешнего источника тока:



На аноде идет процесс окисления анионов хлора, причем отрыв избыточных электронов от Cl⁻ осуществляется за счет энергии внешнего источника тока:



Выделяющиеся электронейтральные атомы хлора соединяются между собой, образуя молекулярный хлор: Cl + Cl = Cl₂, который и выделяется на аноде. Отсюда зависимость выхода хлора от плотности тока рис. 4.1. Суммарное уравнение электролиза расплава хлорида натрия:



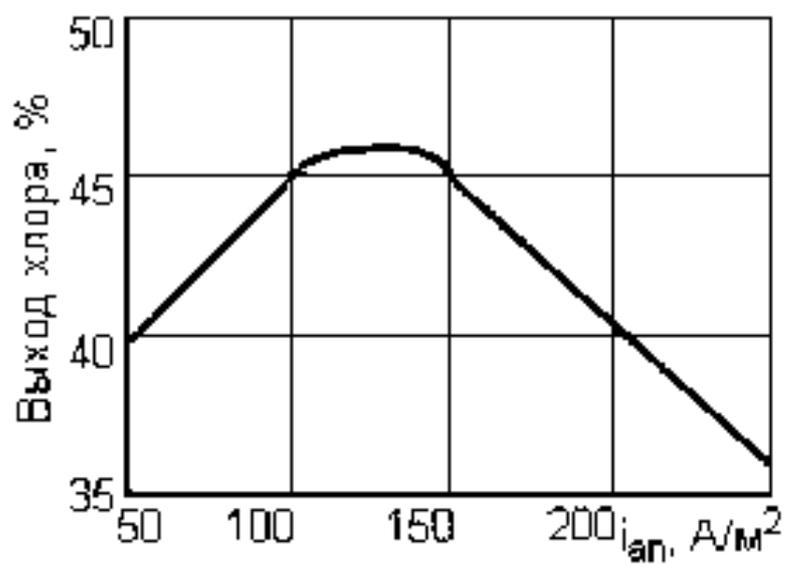
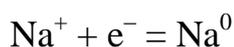


Рис. 4.1. Зависимость выхода хлора от плотности тока.

Если электролизу подвергается расплав, который содержит несколько различных катионов металлов, то в этом случае последовательность восстановления определяется электродными потенциалами металлов в данных условиях. При этом в первую очередь восстанавливаются катионы металлов, обладающих большим значением электродного потенциала.

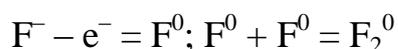
Окислительно-восстановительное действие электрического тока может быть во много раз сильнее действия химических окислителей и восстановителей. Меняя напряжение на электродах, можно создать почти любой силы окислители и восстановители, которыми являются электроды электролитической ванны или электролизера. Известно, что ни один самый сильный химический окислитель не может отнять у фторид-иона F^- его электрон. Но это осуществимо при электролизе, например, расплава соли NaF или CaF_2 . В этом случае на катоде (восстановитель) выделяется из ионного состояния металлический натрий или кальций:



или



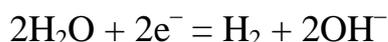
на аноде (окислитель) выделяется ион фтора F^- , переходя из отрицательного иона в свободное состояние:



или



Более сложные процессы электролиза протекают в водных растворах электролитов. В качестве примера рассмотрим электролиз водного раствора хлорида натрия. При прохождении тока через раствор протекающие на электродах процессы существенно отличаются от реакций, идущих в расплаве. На катоде вместо ионов Na^+ будут восстанавливаться молекулы воды:



В данном случае два электрона, поступающие с катода, реагируют с двумя молекулами воды, образуя молекулу ВОДОРОДА и два иона гидроксила. На аноде протекает реакция окисления хлорид-ионов:



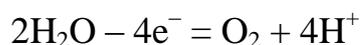
Следовательно, при электролизе водного раствора NaCl на катоде выделится водород, а на аноде хлор, в растворе (в катодной зоне) будет накапливаться NaOH . Общее уравнение электролиза водного раствора хлорида натрия в ионной и молекулярной форме можно выразить так:



или



В случае если раствор очень разбавленный и концентрация NaCl мала, на аноде вместе с ионами Cl⁻ могут окисляться молекулы воды:



Процесс образования кислорода играет большую роль во многих анодных процессах при электролизе водных растворов.

Рассмотрим, как будет протекать восстановительный процесс на катоде в водных растворах. Руководствуясь таблицей стандартных электродных потенциалов металлов, можно указать следующие случаи:

1. Катионы металлов со стандартным электродным потенциалом, большим, чем у водорода, расположены в ряду напряжений после него: Cu²⁺, Hg₂²⁺, Ag⁺, Pt²⁺, ..., до Pt⁴⁺. При электролизе они почти полностью восстанавливаются на катоде и выделяются в виде металла.

2. Катионы металлов с малой величиной стандартного электродного потенциала (металлы начала ряда напряжений Li⁺, Na⁺, K⁺, Rb⁺, ..., до Al³⁺ включительно). При электролизе на катоде они не восстанавливаются, вместо них восстанавливаются молекулы воды.

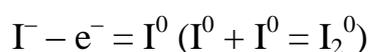
3. Катионы металлов со стандартным электродным потенциалом меньшим, чем у водорода, но большим, чем у алюминия (Mn²⁺, Zn²⁺, Cr³⁺, Fe²⁺, ..., до H). При электролизе эти катионы, характеризующиеся средними величинами электроноакцепторной способности, на катоде восстанавливаются одновременно с молекулами воды.

На катоде легче всего разряжаются катионы того металла, которому отвечает наиболее положительный потенциал. Так, например, из смеси

катионов Cu^{2+} , Ag^+ и Zn^{2+} при достаточном напряжении на клеммах электролизера вначале восстанавливаются ионы серебра ($E^0=+0,79 \text{ В}$), затем меди ($E^0=+0,337 \text{ В}$) и, наконец, цинка ($E^0=-0,76 \text{ В}$).

Процессы, протекающие на аноде, зависят как от электролита, так и от материала (вещества), из которого сделан анод. Нерастворимые аноды не претерпевают окисления в ходе электролиза. В определенных условиях роль нерастворимых анодов могут выполнять Fe, Ni, Pb, Sn и др. Растворимые аноды в процессе электролиза могут окисляться (разрушаться) и переходить в раствор в виде ионов. Они изготавливаются из меди, серебра, цинка, кадмия, никеля и других металлов.

На нерастворимом аноде в процессе электролиза происходит окисление анионов или молекул воды. При электролизе водных растворов бескислородных кислот и их солей (кроме HF и фторидов) у анода будут окисляться (разряжаться) анионы. Так, например, при электролизе растворов кислот и их солей (HI, HBr, HCl и т. п.) на аноде будет окисляться соответствующий ион галогена и передавать свои электроны во внешнюю цепь электролизера, в случае HI реакция на аноде:

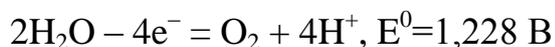


При электролизе кислородсодержащих кислот и их солей (SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} и т. п.) с максимальной степенью окисления неметалла на аноде окисляются не анионы, а молекулы воды с выделением кислорода, так как потенциал окисления воды значительно меньше, чем для таких анионов.

Например:



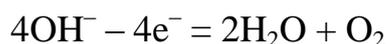
что на много превышает стандартный потенциал окисления воды



Анионы, содержащие неметалл в промежуточной степени окисления (SO_3^{2-} , NO_2^- и др.), сами окисляются на аноде, например:



При электролизе расплавленного гидроксида натрия NaOH процесс электролиза может быть выражен следующими уравнениями:



Продукты, выделяющиеся на электродах, могут вступать между собой в химическое взаимодействие, поэтому анодное и катодное пространство разделяют диафрагмой.

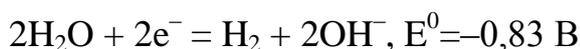
Ниже рассмотрим наиболее характерные случаи электролиза с химической точки зрения.

Электролиз водного раствора соли, образованной малоактивным металлом и бескислородной кислотой с инертным анодом.

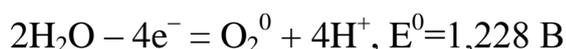
Рассмотрим электролиз водного раствора бромида меди (II) с угольными электродами. В водных растворах электролитов кроме их катионов и анионов имеются также ионы H^+ и OH^- , получающиеся при диссоциации воды. Поэтому при электролизе на катоде могут восстанавливаться катионы электролита и катионы водорода (воды), а на аноде могут окисляться не только анионы электролита, но и гидроксильные ионы воды. В случае если концентрация H^+ и OH^- мала, в окислительно-восстановительных реакциях принимают участие молекулы воды.

При электролизе CuBr_2 на электродах произойдут следующие процессы:

на катоде:



на аноде:



Так как потенциал перехода Cu/Cu^{2+} значительно больше, на катоде будет происходить восстановление ионов меди.

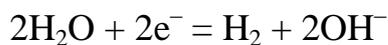
Потенциал перехода $2\text{Br}^-/\text{Br}_2^0$ меньше, следовательно, на аноде будут окисляться преимущественно ионы брома до свободного брома.

Электролиз водного раствора соли, образованной активным металлом и кислородсодержащей кислотой.

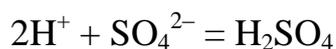
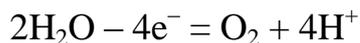
Рассмотрим электролиз водного раствора сульфата натрия с нерастворимыми платиновыми электродами. Реакции, происходящие при

электролизе водного раствора Na_2SO_4 на катоде и аноде могут быть выражены следующим образом:

на катоде:



на аноде:



Таким образом на катоде выделяется водород, а на аноде — кислород; в катодном пространстве получается гидроксид натрия, в анодном пространстве серная кислота. При смещении растворов (католита и анолита) получится Na_2SO_4 и H_2O . Следовательно, количества ионов натрия и SO_4^{2-} остаются неизменными (соль не расходуется), т. е. в данном случае при электролизе водного раствора Na_2SO_4 происходит разложение воды.

Электролиз водного раствора соли, образованной активным металлом и бескислородной кислотой.

В качестве примера рассмотрим электролиз водного раствора йодида калия KI с угольными электродами. Йодид калия в водном растворе содержит ионы K^+ и I^- . Катодный процесс аналогичен катодному процессу при электролизе Na_2SO_4 . На аноде отрицательно заряженные ионы йода притягиваются к нему и, отдавая свои электроны, превращаются в молекулярный йод. Следовательно, на катоде выделяется водород, а на аноде йод.

Электролиз раствора соли малоактивного металла с анодом из того же металла.

Рассмотрим электролиз водного раствора сульфата меди CuSO_4 с анодом из неочищенной меди. Стандартный потенциал меди Cu/Cu^{2+} $E^0=+0,337$ В, т. е. значительно больше, чем потенциал процесса восстановления молекул воды $E^0=-0,83$ В. Поэтому при электролизе нейтрального раствора CuSO_4 на катоде происходит разряд ионов Cu^{2+} и выделение меди. На аноде протекает противоположный процесс — окисление металла меди, так как потенциал меди много меньше потенциала окисления воды, а тем более — потенциала окисления иона SO_4^{2-} . Таким образом, при электролизе CuSO_4 на катоде осаждается чистая медь — происходит восстановление катионов меди из раствора, а примеси остаются в растворе, и одновременно — растворение (окисление) металла анода. Этот случай электролиза применяется для очистки металлов (рис. 4.2). Зависимость выхода Ag в раствор от времени рассчитанная по закону Фарадея.

Законы электролиза

Количественные соотношения при электролизе между выделившимся веществом и прошедшим через электролит электричеством выражаются двумя законами Фарадея.

I закон Фарадея. Количества веществ, выделяющихся на электродах при электролизе, прямо пропорциональны количеству электричества, прошедшего через электролит. Количество вещества, выделяющегося при

прохождении через электролит 1 кулона электричества, называется электрохимическим эквивалентом.

II закон Фарадея. Количества веществ, выделившихся на электродах при прохождении одинакового количества электричества, прямо пропорциональны их химическим эквивалентам. Следовательно, для восстановления на катоде и окисления на аноде одного грамм-эквивалента любого вещества необходимо затратить одно и то же количество электричества, а именно 96487 кулонов. Эта константа называется числом Фарадея и обозначается буквой F. Из законов Фарадея вытекает

$$g = \frac{\mathcal{E}It}{F} = \frac{\mathcal{E}It}{96487}$$

где g – масса вещества; \mathcal{E} – грамм-эквивалент; I – сила тока, А; t – продолжительность электролиза, с.

Электрохимическая поляризация при электролизе

На практике при электролизе нередко сила рабочего тока, пропускаемого через электролитическую ванну за счет внешней электродвижущей силы, постепенно падает, несмотря на то, что напряжение на клеммах электрованны поддерживается постоянным. Вследствие этого процесс электролиза затормаживается, а иногда и совсем может приостановиться. Это обусловлено поляризацией (или электрохимической поляризацией) электродов, т. е. отклонением потенциала электрода от его равновесного значения. Важнейшими видами поляризации являются химическая и концентрационная.

Химическая поляризация – связана с процессами, изменяющими химический состав поверхности электродов. Так, например, благодаря адсорбции или осаждению на них продуктов электролиза химическая природа поверхности электродов в той или иной степени изменяется. В электролизере возникает гальваническая цепь так называемой поляризационной э. д. с., направленной противоположно рабочему току, вследствие чего сила последнего уменьшается, а следовательно, затрудняется и работа электролизера. Иногда продукты электролиза образуют на поверхности электрода пленку труднорастворимого вещества (пленочная поляризация).

Концентрационная поляризация – возникает за счет неодинакового изменения концентраций электрохимически активных веществ в тонком слое раствора, прилежащего к поверхности электродов. Например, при электролизе раствора AgNO_3 с серебряными электродами концентрация электролита в катодном пространстве уменьшается, а в анодном увеличивается, что приводит к возникновению концентрационного элемента, э. д. с. которого направлена против рабочей разности потенциалов.

В связи с поляризацией необходимо дополнительное повышение напряжения на клеммах электролизера, чтобы он работал бесперебойно. Вот почему на практике всегда принимают меры для деполяризации, т. е. уменьшения или почти полного устранения поляризации.

Для устранения химической поляризации в качестве деполяризаторов используют соединения, взаимодействующие с веществами, адсорбируемыми электродами и, следовательно, вызывающими поляризацию. В случае концентрационной поляризации используют по возможности невысокую плотность тока, что обуславливает не слишком

интенсивное протекание процесса электролиза, а это уменьшает опасность возникновения концентрационной поляризации. Концентрационную поляризацию можно также снизить энергичным перемешиванием электролита.

Потенциал разложения. Перенапряжени.

Для того чтобы протекал процесс электролиза, разность потенциалов, приложенная к электродам, должна быть не меньше некоторой определенной величины, характерной для этого процесса.

Наименьшая разность потенциалов, необходимая для проведения данного процесса электролиза, называется потенциалом разложения или напряжением разложения. Эта величина обычно выражается в вольтах и равна э. д. с. элемента, построенного на продуктах электролиза.

Потенциалы разложения находят опытным путем. Потенциалы разложения простых веществ (HI, HBr, HCl) почти совпадают с их стандартными потенциалами. Менее отчетливо это совпадение наблюдается в более сложных случаях.

Как указано выше, процессы, протекающие в гальванических элементах и при электролизе, являются окислительно-восстановительными. Но их направленность в обоих сопоставляемых случаях взаимно обратная. Следовательно, для проведения электролиза теоретически напряжение должно быть равно э. д. с. гальванического элемента, но иметь противоположное направление. Так, например, э. д. с. гальванического элемента $(-)\text{Ni}/\text{Ni}^{2+} // 2\text{Cl}^-/\text{Cl}_2(+)$ равна 1,59 В. Данной величине теоретически равен и потенциал разложения. Однако фактически величина потенциала

разложения соли NiCl_2 равна несколько большей величине, а именно 1,85 В. Разность между опытным (экспериментальным) и теоретическим значением потенциала разложения называют перенапряжением. Иначе, перенапряжением называют разность между потенциалом разложения, действительно необходимым для протекания электролиза в данной электрохимической системе, и э. д. с. гальванического элемента, отвечающего этой системе. В приведенном нами примере оно равняется $1,85 - 1,59 = 0,26$ В.

Катодное перенапряжение можно рассматривать как дополнительное напряжение, прикладываемое к катоду (при этом происходит смещение потенциала катода далее в отрицательную сторону), а анодное – к аноду (при этом потенциал анода также смещается далее в положительную сторону). Так, перенапряжение на катоде обусловлено тем, что переход гидратированного иона из водного раствора на катод связан с затратами энергии на перенос ионов металла из раствора к поверхности катода, на разряд катионов с образованием тех или иных химических процессов и т. д.

Величина перенапряжения зависит от ряда факторов: материала электродов (положения металла в ряду напряжений), состояния их поверхности, состава электролита, концентрации раствора, плотности тока и т. д.

Практическое применение электролиза для проведения процессов окисления и восстановления.

Электрохимические процессы широко применяются в различных областях современной техники, в аналитической химии, биохимии и т. д. В химической промышленности электролизом получают хлор и фтор, щелочи, хлораты и перхлораты, надсерную кислоту и персульфаты, химически

чистые водород и кислород и т. д. При этом одни вещества получают путем восстановления на катоде (альдегиды, парааминофенол и др.), другие электроокислением на аноде (хлораты, перхлораты, перманганат калия и др.).

В цветной металлургии электролиз используется для извлечения металлов из руд и их очистки. Электролизом расплавленных сред получают алюминий, магний, титан, цирконий, уран, бериллий и др.

При катодном осаждении металлов на структуру и свойства образующегося слоя металла влияет ряд факторов: 1) состав и природа электролита; 2) плотность тока; 3) температура электролита; 4) природа металла, служащего электродом, и др.

Для рафинирования (очистки) металла электролизом из него отливают пластины и помещают их в качестве анодов в электролизер. При пропускании тока металл, подлежащий очистке, подвергается анодному растворению, т. е. переходит в раствор в виде катионов. Затем эти катионы металла разряжаются на катоде, благодаря чему образуется компактный осадок уже чистого металла. Примеси, находящиеся в аноде, либо остаются нерастворимыми (анодный шлам), либо переходят в электролит и удаляются.

Гальванотехника – область прикладной электрохимии, занимающаяся процессами нанесения металлических покрытий на поверхность как металлических, так и неметаллических изделий при прохождении постоянного электрического тока через растворы их солей. Гальванотехника подразделяется на гальваностегию и гальванопластику.

Гальваностегия (от греч. покрывать) – это электроосаждение на поверхность металла другого металла, который прочно связывается (сцепляется) с покрываемым металлом (предметом), служащим катодом электролизера.

Перед покрытием изделия необходимо его поверхность тщательно очистить (обезжирить и протравить), в противном случае металл будет осаждаться неравномерно, а кроме того, сцепление (связь) металла покрытия с поверхностью изделия будет непрочной.

Гальванопластика – получение путем электролиза точных, легко отделяемых металлических копий относительно значительной толщины с различных как неметаллических, так и металлических предметов, называемых матрицами.

С помощью гальванопластики изготавливают бюсты, статуи и т. д. Гальванопластика используется для нанесения сравнительно толстых металлических покрытий на другие металлы (например, образование "накладного" слоя никеля, серебра, золота и т. д.).

В стеклянной камере электролизера размещают плоские серебряные электроды с содержанием серебра 99,99. Расстояние между электродами устанавливается в пределах 2-10 см. рис. 4.2. Зависимость выхода Ag в раствор от времени рассчитанная по закону Фарадея

Камера электролизера заполняется электролитом в виде водного раствора NaCl.

От стабилизированного источника тока с помощью электродов через электролит пропускается постоянный ток с плотностью 0,15-5,0 мА/см² и напряжением 4.5 В.

Под действием тока с анода выделяются ионы серебра, насыщающие электролит. Выход свободных ионов серебра в раствор тестировали с помощью раствора соли и кислоты. Полученные данные сравнивали с теоретически возможным выходом ионов серебра при электролизе,

рассчитанным по формуле Фарадея, по которой установлено, что электролиз в режиме 1А/ч растворяет 4,023 г Ag.

В последующих примерах убедительно показано, что использование раствора соли в качестве жидкой фазы при получении электролитического серебра приводит к получению высокоактивных растворов, содержащих Ag⁺. В системе водного раствора не происходит комплексообразование с серебром, поэтому в растворе присутствуют практически в расчетных количествах и длительно сохраняются практически все выделенные ионы серебра.

Опыт 1

Исходный раствор – водный раствор соли.

Условия электролиза: Объем раствора - 100 мл, сила тока – 1А напряжением 4.5 В, электродами с содержанием серебра 99,99, установленными на расстоянии 5 см, время электролиза - 120 мин.

В электролизере наблюдается образование бело-серого осадка.

Опыт 2

Исходный раствор – водный раствор соли.

Условия электролиза: Объем раствора - 100 мл, сила тока - 1А напряжением 4.5 В, электродами с содержанием серебра 99,99, установленными на расстоянии 5 см, время электролиза - 240 мин.

В электролизере наблюдается незначительное образование серо-черного осадка.

Опыт 3

Исходный раствор – водный раствор соли.

Условия электролиза: Объем раствора - 100 мл, сила тока - 1А напряжением 4.5 В, электродами с содержанием серебра 99,99, установленными на расстоянии 5 см, время электролиза – 6ч.

В электролизере наблюдается образование черного осадка.

Опыт 4

Исходный раствор – водный раствор соли.

Условия электролиза: Объем раствора - 100 мл, сила тока - 1А напряжением 4.5 В, электроды с содержанием серебра 99,99, установлены на расстоянии 5 см, время электролиза – 24ч.

Электролит с осадком.

Значение нормальных потенциалов зависит от концентрации ионов и температуры. Принято считать нормальный потенциал водорода за нуль. В табл. 4.1. даны нормальные электродные потенциалы некоторых водных растворов веществ при +25° С. График изменения концентрации хлора в растворе от времени проведения процесса показан на рис. 4.3.

Таблица 4.1.

Нормальные электродные потенциалы при +25° С

Вещество	Нормальный потенциал, В	Вещество	Нормальный потенциал, В
Калий	-2,92	Олово	-0,14
Кальций	-2,87	Никель	-0,25
Натрий	-2,71	Свинец	-0,13
Магний	-2,34	Водород	0,00
Алюминий	-1,67	Медь	+0,34
Цинк	-0,76	Ртуть	+0,86
Хром	-0,71	Серебро	+0,80
Кобальт	-0,277		

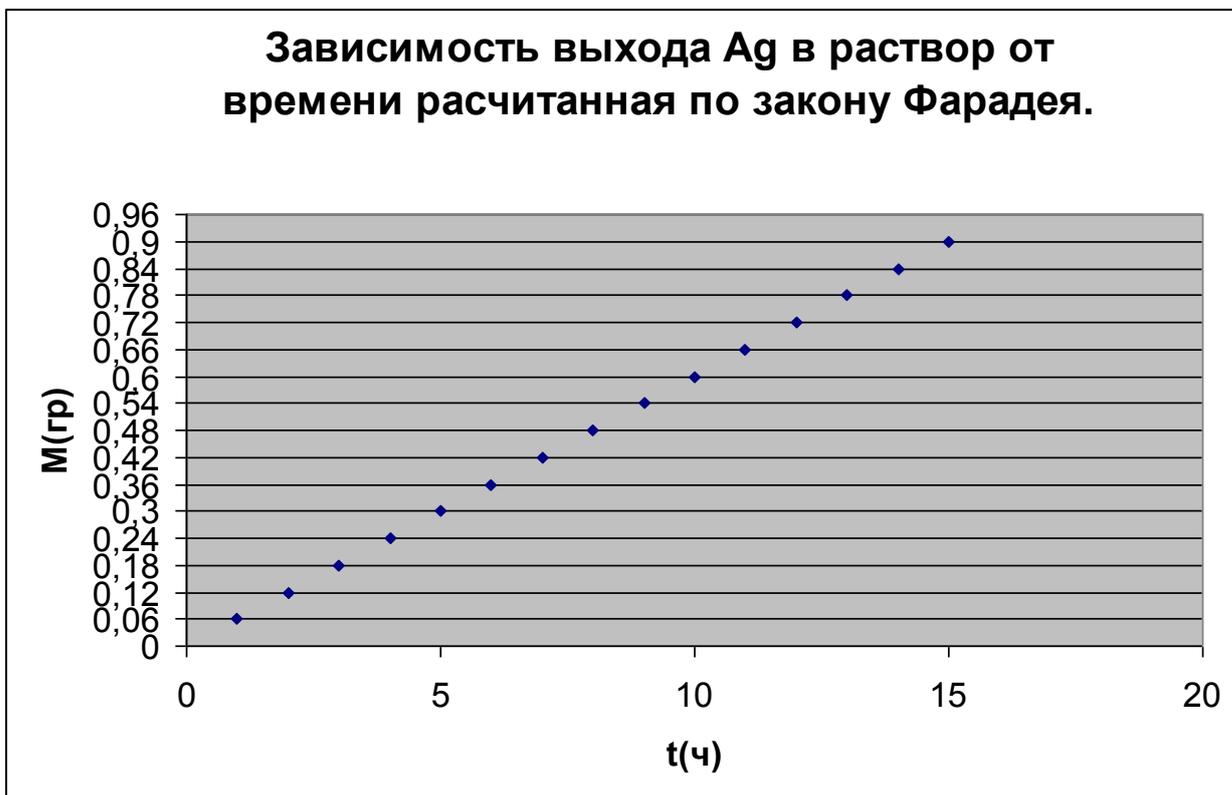


Рис. 4.2. Зависимость выхода Ag в раствор от времени рассчитанная по закону Фарадея.

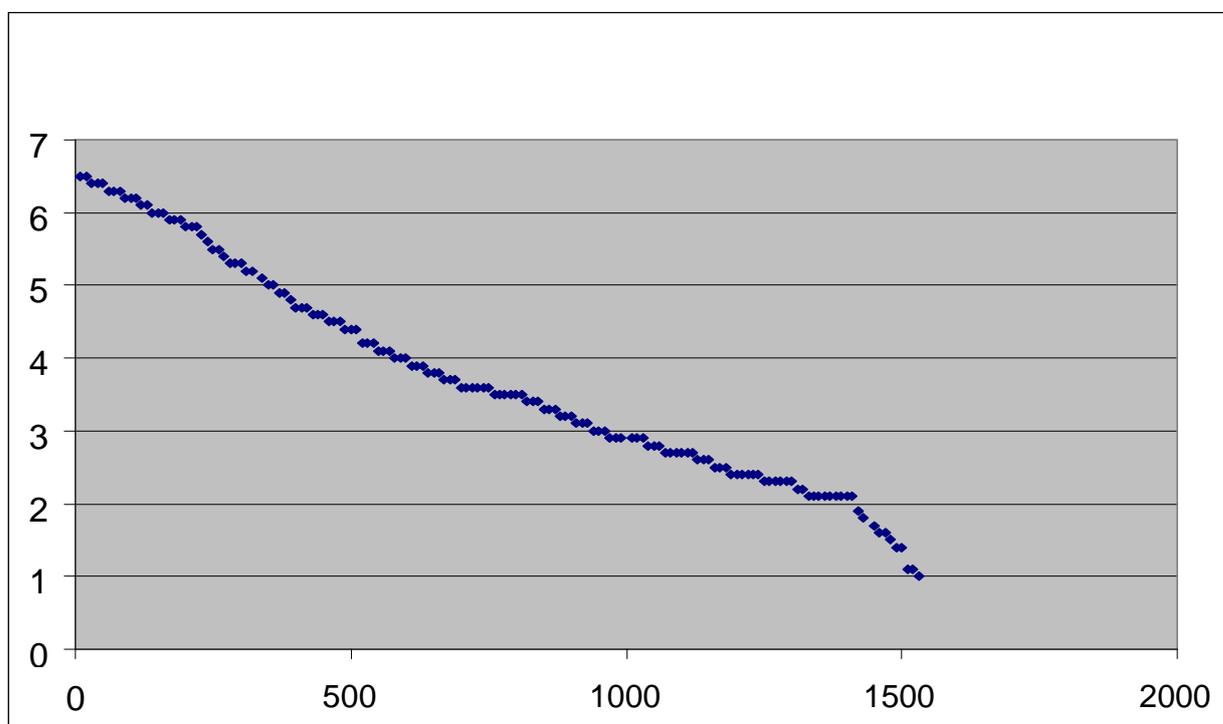


Рис. 4.3. График изменения концентрации хлора в растворе от времени проведения процесса. Ось X- время(мин), ось Y- %.

ГЛАВА 5. ОБРАБОТКА ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

Для того чтобы протекал процесс электролиза, разность потенциалов, приложенная к электродам, должна быть не меньше некоторой определенной величины, характерной для этого процесса.

Наименьшая разность потенциалов, необходимая для проведения данного процесса электролиза, называется потенциалом разложения или напряжением разложения. Эта величина обычно выражается в вольтах и равна э. д. с. элемента, построенного на продуктах электролиза.

Потенциалы разложения находят опытным путем. Потенциалы разложения простых веществ (HI, HBr, HCl) почти совпадают с их стандартными потенциалами. Менее отчетливо это совпадение наблюдается в более сложных случаях.

Как указано выше, процессы, протекающие в гальванических элементах и при электролизе, являются окислительно-восстановительными. Но их направленность в обоих сопоставляемых случаях взаимно обратная. Следовательно, для проведения электролиза теоретически напряжение должно быть равно э. д. с. гальванического элемента, но иметь противоположное направление. Так, например, э. д. с. гальванического элемента $(-)\text{Ni}/\text{Ni}^{2+} // 2\text{Cl}^-/\text{Cl}_2(+)$ равна 1,59 В. Данной величине теоретически равен и потенциал разложения. Однако фактически величина потенциала разложения соли NiCl_2 равна несколько большей величине, а именно 1,85 В. Разность между опытным (экспериментальным) и теоретическим значением потенциала разложения называют перенапряжением. Иначе, перенапряжением называют разность между потенциалом разложения,

действительно необходимым для протекания электролиза в данной электрохимической системе, и э. д. с. гальванического элемента, отвечающего этой системе. В приведенном нами примере оно равняется $1,85 - 1,59 = 0,26$ В.

Катодное перенапряжение можно рассматривать как дополнительное напряжение, прикладываемое к катоду (при этом происходит смещение потенциала катода далее в отрицательную сторону), а анодное – к аноду (при этом потенциал анода также смещается далее в положительную сторону). Так, перенапряжение на катоде обусловлено тем, что переход гидратированного иона из водного раствора на катод связан с затратами энергии на перенос ионов металла из раствора к поверхности катода, на разряд катионов с образованием тех или иных химических процессов и т. д.

Величина перенапряжения зависит от ряда факторов: материала электродов (положения металла в ряду напряжений), состояния их поверхности, состава электролита, концентрации раствора, плотности тока и т. д.

Практическое применение электролиза для проведения процессов окисления и восстановления.

Электрохимические процессы широко применяются в различных областях современной техники, в аналитической химии, биохимии и т. д. В химической промышленности электролизом получают хлор и фтор, щелочи, хлораты и перхлораты, надсерную кислоту и персульфаты, химически чистые водород и кислород и т. д. При этом одни вещества получают путем восстановления на катоде (альдегиды, парааминофенол и др.), другие электроокислением на аноде (хлораты, перхлораты, перманганат калия и др.).

В цветной металлургии электролиз используется для извлечения металлов из руд и их очистки. Электролизом расплавленных сред получают алюминий, магний, титан, цирконий, уран, бериллий и др.

При катодном осаждении металлов на структуру и свойства образующегося слоя металла влияет ряд факторов: 1) состав и природа электролита; 2) плотность тока; 3) температура электролита; 4) природа металла, служащего электродом, и др.

Для рафинирования (очистки) металла электролизом из него отливают пластины и помещают их в качестве анодов в электролизер. При пропускании тока металл, подлежащий очистке, подвергается анодному растворению, т. е. переходит в раствор в виде катионов. Затем эти катионы металла разряжаются на катоде, благодаря чему образуется компактный осадок уже чистого металла. Примеси, находящиеся в аноде, либо остаются нерастворимыми (анодный шлам), либо переходят в электролит и удаляются.

Гальванотехника – область прикладной электрохимии, занимающаяся процессами нанесения металлических покрытий на поверхность как металлических, так и неметаллических изделий при прохождении постоянного электрического тока через растворы их солей. Гальванотехника подразделяется на гальваностегию и гальванопластику.

Перед покрытием изделия необходимо его поверхность тщательно очистить (обезжирить и протравить), в противном случае металл будет осаждаться неравномерно, а кроме того, сцепление (связь) металла покрытия с поверхностью изделия будет непрочной.

В ходе работы установлена прямая зависимость концентрации ионов серебра от времени проведения процесса. В проведённых опытах было

предельно, что на начальных стадиях процесса в растворе присутствуют атомы хлора которые активно реагируют с уксусной кислотой образуя при этом хлороводород, который выделяется в виде видимых пузырьков газа. При длительности проведения процесса атомы хлора постепенно исчезают из раствора, а концентрация ионов серебра заметно увеличивается что могут подтвердить многочисленные опыты добавления в раствор поваренной соли, при этом ионы серебра активно реагируют с хлором содержащимся в соли и в итоге выпадает белый творожистый осадок в виде хлорида серебра.

Таким образом, опытным путем подтверждено, что при получении раствора электролитического серебра заявленным способом обеспечивается максимально возможная концентрация свободных ионов серебра в растворе, и, следовательно, максимальные биологическая активность и бактерицидные свойства этого раствора, увеличивающиеся, в частности, и срок хранения этого раствора.

В результате работы создан эффективный способ получения стабильных растворов электролитического серебра, а также расширен арсенал способов получения растворов электролитического серебра.

При этом увеличено количество свободных ионов серебра в растворе до уровня теоретически значимых величин, обеспечена значимая биологическая активность и тем самым улучшены бактерицидные и регенеративные свойства, а также увеличен срок хранения полученных растворов. На рис. 5.1 показан полученный раствор серебра. Реакция на NaCl показана на рис. 5.2. Взаимодействие с CH_3COOH показано на рис. 5.3.



Рис. 5.1. Раствор серебра.



Рис. 5.2. Реакция на NaCl.



Рис. 5.3. Реакция с CH_3COOH .

ГЛАВА 6. РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ К ПРИБОРУ

При эксплуатации прибора следует знать, что хотя все элементы прибора рассчитаны на рабочее напряжение не превышающее 12В, на блоки питания однако подаётся напряжение 220В и силой тока в 6А. Из этого следует что при использовании данного прибора следует бережно обращаться с элементами находящимися под высоким напряжением. При включении прибора в розетку питание автоматически подаётся на устройство вентиляции, привод выдвижного устройства и подсветку, напряжение на контакты электролизера подаётся лишь в том случае если выдвижной механизм находится в замкнутом состоянии, т.е. находится внутри прибора и смотровое окно прибора закрыто. Следует также учитывать что для идеального проведения процесса получения коллоидного раствора наночастиц серебра нужно устанавливать прибор на ровную поверхность при нормальной атмосферной влажности и температуре. Также нужно помнить что скорость проведения процесса сильно зависит от температуры электролита и для равного проведения процесса получения раствора следует поддерживать одинаковую температуру при каждой новой работе. При эксплуатации прибора не должно возникать сбоя в режиме работы и получении результатов, в случае короткого замыкания какого либо компонента прибора возникает соответственная реакция, при замыкании на БП1 возникают видимые сбои в работе куллера или полная его остановка, в случае замыкания на цепи питающейся от БП2 об этом сразу же сигнализирует подсветка прибора. При проведении работ с прибором рекомендуется тщательно осматривать и смазывать движущиеся части

выдвижного элемента, а при плохой работе прочистить их. Не следует насильно открывать выдвижной элемент во избежание порчи смотрового окна, также рекомендуется не совать различного рода предметы в рабочую зону куллера, не следует затормаживать его, препятствовать его работе и покрывать различными жидкостями или мелкодисперсными частицами. В случае неудовлетворительной работы куллера его следует хорошенько прочистить а затем смазать машинным маслом. При замене светодиодов подвески возможно регулирование подаваемого напряжения, т.е. при замене светодиодов на более мощные на блоке питания изменяется выходное напряжение. Также не следует перегружать выдвижной элемент установки, не рекомендуется помещать на него груз свыше 50гр, а при помещении большего груза следует помогать ему в проведения закрытия смотрового окна. При западании кнопок управления привода нужно сразу же отключить прибор от сети и провести профилактические работы. Во избежание порчи прибора категорически запрещается ударять, ронять, встряхивать и поливать прибор различными жидкостями. В случае неправильной работы прибора следует провести профилактические работы. Обнаружив какие либо дефекты в корпусе прибора нужно немедленно исправить их, в случае трещин- замазать термоклеем, в случае искривления корпуса- провести реставрацию. Категорически запрещено пользоваться установкой в случае неправильной работы системы вентиляции во избежание скапливания атомарного кислорода и водорода в корпусе установки. Практически все элементы корпуса являются горючими материалами, поэтому при возгорании какого либо элемента установки нужно пользоваться специальными приборами огнетушения так как прибор находящийся под напряжением очень опасен.

Процесс электролиза следует проводить в присутствии опытного инструктора и обязательно с выполнением всех правил безопасности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Характер процесса электролизного растворения серебра зависит не только от условий электролиза, но и от примесей, содержащихся в водном растворе.
2. Примеси, содержащиеся в водном растворе при электролизном методе растворения серебра образуют плотную пленку на электродах, что делает их менее растворимыми, или же изменяют химические реакции на электродах.
3. При наличии хлоридов в водном растворе происходит образование на серебряном электроде пленки хлорида серебра, которая затрудняет растворение серебра, что приводит к снижению выхода активных ионов серебра по току.
4. Большое содержание сульфатов в водном растворе также мешает электролизному растворению серебра. Сульфаты способствуют образованию кислорода на аноде.
5. Электрохимическая очистка имеет ряд преимуществ по сравнению с альтернативными механическими, химическими и биологическими методами. Эти преимущества заключаются в интенсивности, устойчивости, контролируемости и удобном регулировании процессов, а также простоте конструкции аппаратуры. Поэтому установки для электрохимической очистки компактны, имеют высокий уровень безотказности, требуют простой эксплуатации и могут быть полностью автоматизированы.
6. При электрохимической очистке возрастает энергопотребление, а в случае применения растворимых анодов расходуется тонколистовая сталь.
7. Электрохимическая очистка обычно оказывается более выгодной для установок малой производительности (до нескольких десятков кубических метров час). В многоступенчатых схемах улучшения качества воды электрохимические и другие методы могут удобно сочетаться.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Производственная санитария

В данной выпускной квалификационной работе разработан прибор для получения коллоидного раствора наночастиц серебра. Причем в научной практике процесс управления размерами полученных наночастиц возможно осуществлять облучением рентгеновского излучения. В связи с этим в качестве опасных и вредных производственных факторов рассмотрим ионизирующие излучения и их влияние на человека.

При взаимодействии ионизирующих излучений с веществом происходит ионизация атомов среды. Обладая относительно большой массой и зарядом, α - частицы имеют незначительную ионизирующую способность: длина их пробега в воздухе составляет 2,5 см, в биологической ткани – 31 мкм, в алюминии – 16 мкм. Вместе с тем, для α - частиц характерна высокая ионизация биологической ткани. Для β - частиц длина пробега в воздухе составляет 17.8 м, в воде – 2,6 см, а в алюминии – 9,8 мм. Удельная плотность ионизации, создаваемая β - частицами примерно в 1000 раз меньше, чем для α - частиц той же энергии. Рентгеновское и γ - излучения обладают высокой проникающей способностью, и длина пробега их в воздухе достигает сотен метров.

Степень, глубина и форма лучевых поражений, развивающихся среди биологических объектов при воздействии на них ионизирующего излучения, в первую очередь, зависят от величины поглощенной энергии излучения. Для характеристики этого показателя используется понятие поглощенной дозы, т.е. энергии излучения, поглощенной в единице массы облучаемого вещества. Для характеристики дозы по эффекту ионизации, вызываемого в воздухе, используется так называемая экспозиционная доза рентгеновского и γ - излучений, выраженная суммарным электрическим зарядом ионов одного знака, образованных в единице объема воздуха в условиях электронного равновесия.

Для оценки биологического действия ионизирующего излучения наряду с поглощенной дозой используют также понятие биологической эквивалентной дозы.

Процессы взаимодействия ионизирующих излучений с веществом клетки, в результате которых образуются ионизированные и возбужденные атомы и молекулы, являются первым этапом развития лучевого поражения. Ионизированные и возбужденные атомы и молекулы в течение 10^{-6} с взаимодействуют между собой, давая начало химически активным центрам. Затем происходят реакции химически активных веществ с различными биологическими структурами, при которых отмечается как деструкция, так и образование новых, несвойственных для облучаемого организма соединений.

На следующих этапах развития лучевого поражения проявляются нарушения обмена веществ в биологических системах с изменением соответствующих функций. Конечный эффект облучения является результатом не только первичного облучения клеток, но и последующих процессов восстановления. Такое восстановление, как предполагается, связано с ферментативными реакциями и обусловлено энергетическим обменом. В основе этого явления лежит деятельность систем, которые в обычных условиях регулируют естественный мутационный процесс.

Если принять в качестве критерия чувствительности к ионизирующему излучению морфологические изменения, то клетки и ткани организма человека по степени возрастания чувствительности можно расположить в следующем порядке: нервная ткань; хрящевая и костная ткань; мышечная ткань; соединительная ткань; щитовидная железа; пищеварительные железы; легкие; кожа; слизистые оболочки; половые железы; лимфоидная ткань, костный мозг.

Эффект воздействия источников ионизирующих излучений на организм зависит от ряда причин, главными из которых принято считать уровень поглощенных доз, время облучения и мощность дозы, объем тканей и органов, вид излучения. Фактор времени в прогнозе возможных

последствий облучения занимает важное место в связи с развивающимися после лучевого повреждения в тканях и органах процессами восстановления.

Заболевания, вызываемые действием ионизирующих излучений

Острые поражения. В случае одномоментного тотального облучения человека значительной дозой или распределения ее на короткий срок эффект от облучения наблюдается уже в первые сутки, а степень поражения зависит от величины поглощенной дозы. При облучении человека дозой менее 100 бэр, как правило, отмечаются лишь легкие реакции организма, проявляющиеся в формуле крови, изменении некоторых вегетативных функций.

При дозах облучения более 100 бэр развивается *острая лучевая болезнь*, тяжесть течения которой зависит от дозы облучения. Первая степень лучевой болезни (легкая) возникает при дозах 100-200 бэр, вторая (средней тяжести) - при дозах 200-300 бэр, третья (тяжелая) - при дозах 300-500 бэр и четвертая (крайне тяжелая) - при дозах более 500 бэр. Дозы однократного облучения 500-600 бэр при отсутствии медицинской помощи считаются *абсолютно смертельными*.

Другая форма острого лучевого поражения проявляется в виде *лучевых ожогов*. В зависимости от поглощенной дозы ионизирующей радиации имеют место реакции I степени (при дозе до 500 бэр), II (до 800 бэр), III (до 1200 бэр) и IV степени (при дозе выше 1200 бэр), проявляющиеся в разных формах: от выпадения волос, шелушения и легкой пигментации кожи (I степень ожога) до язвенно-некротических поражений и образования длительно незаживающих трофических язв (IV степень лучевого поражения).

При длительном повторяющемся внешнем или внутреннем облучении человека в малых, но превышающих допустимые величины дозах возможно развитие *хронической лучевой болезни*.

Отдаленные последствия. К отдаленным последствиям *соматического характера* относятся разнообразные биологические эффекты, среди которых наиболее существенными являются лейкемия,

злокачественные новообразования, катаракта хрусталика глаз и сокращение продолжительности жизни.

Злокачественные новообразования. Сведения о возможности развития злокачественных новообразований у человека пока носят описательный характер, несмотря на то, что в ряде экспериментальных исследований на животных были получены некоторые количественные характеристики. Поэтому точно указать минимальные дозы, которые обладают бластомогенным эффектом, не представляется возможным. Одномоментальная катарактогенная доза ионизирующей радиации, по мнению большинства исследователей, составляет около 200 бэр. Скрытый период до появления первых признаков развития поражения обычно составляет от 2 до 7 лет.

По мнению большинства радиобиологов, сокращение продолжительности жизни человека при тотальном облучении находится в пределах 1-15 дней на 1 бэр.

Защита от действия ионизирующих излучений

Основные принципы радиационной безопасности заключаются в: неперевышении установленного основного дозового предела, исключении всякого необоснованного облучения и снижении дозы излучения до возможно низкого уровня. С целью реализации этих принципов на практике обязательно контролируются дозы облучения, полученные персоналом при работе с источниками ионизирующих излучений, работа проводится в специально оборудованных помещениях, используется защита расстоянием и временем, применяются различные средства коллективной и индивидуальной защиты.

Для определения индивидуальных доз облучения персонала систематически проводят дозиметрический контроль, объем которого зависит от характера работы с радиоактивными веществами.

Требования к помещениям

В помещениях, где проводится работа с радиоактивными веществами, необходимо обеспечить и общий контроль за интенсивностью различных видов излучений. Эти помещения изолированы от прочих помещений, оснащены системой приточно-вытяжной вентиляции с кратностью воздухообмена не менее пяти. Окраска стен, потолка и дверей в этих помещениях, а также устройство пола выполняются так, чтобы исключить накопление радиоактивной пыли и избежать поглощения радиоактивных аэрозолей, паров и жидкостей отделочными материалами (окраска стен, дверей и в некоторых случаях потолков производится масляными красками, полы покрываются материалами, не впитывающими жидкости, – линолеумом, полихлорвиниловым пластиком и др.). Все строительные конструкции в помещениях, где проводится работа с радиоактивными веществами, не должны иметь трещин и несплошностей; углы закругляют, чтобы не допустить скопления в них радиоактивной пыли.

Для уменьшения облучения персонала все работы с этими источниками проводят с использованием длинных захватов или держателей. Защита временем заключается в том, что работу с радиоактивными источниками проводят за такой период времени, чтобы доза облучения, полученная персоналом, не превышала предельно допустимого уровня.

Коллективные средства защиты от ионизирующих излучений регламентируются ГОСТом 12.4.120-83 «Средства коллективной защиты от ионизирующих излучений. Общие требования». В соответствии с ним основными средствами защиты являются стационарные и передвижные защитные экраны, контейнеры для транспортирования и хранения источников ионизирующих излучений, а также для сбора и транспортировки радиоактивных отходов, защитные сейфы и боксы и др.

Стационарные и передвижные защитные экраны предназначены для снижения уровня излучения на рабочем месте до допустимой величины. Если работу с источниками ионизирующих излучений проводят в специальном

помещении – рабочей камере, то экранами служат ее стены, пол и потолок, изготовленные из защитных материалов (стационарные экраны). Для устройства передвижных экранов используют различные щиты, поглощающие или ослабляющие излучение.

Экраны изготавливают из различных материалов. Их толщина зависит от вида ионизирующего излучения, свойств защитного материала и необходимой кратности ослабления излучения k . Для случая поглощенной дозы k выражается следующим образом:

$$k = \frac{D}{D_0} \quad (1)$$

где D – мощность поглощенной дозы; D_0 – допустимый уровень поглощенной дозы.

Для сооружения стационарных средств защиты стен, перекрытий, потолков и т. д. используют кирпич, бетон, баритобетон и баритовую штукатурку (в их состав входит сульфат бария – BaSO_4). Эти материалы надежно защищают персонал от воздействия гамма- и рентгеновского излучения.

Для создания передвижных экранов используют различные материалы. Защита от альфа-излучения достигается применением экранов из обычного или органического стекла толщиной несколько миллиметров. Достаточной защитой от этого вида излучения является слой воздуха в несколько сантиметров. Для защиты от бета-излучения экраны изготавливают из алюминия или пластмассы (органическое стекло). От гамма- и рентгеновского излучения эффективно защищают свинец, сталь, вольфрамовые сплавы. Смотровые системы изготавливают из специальных прозрачных материалов, например, свинцового стекла. От нейтронного излучения защищают материалы, содержащие в составе водород (вода, парафин), а также бериллий, графит, соединения бора и т.д. Бетон также можно использовать для защиты от нейтронов.

Защитные сейфы применяются для хранения источников гамма-излучения. Они изготавливаются из свинца и стали. Защитные контейнеры и сборники для радиоактивных отходов изготавливаются из тех же материалов, что и экраны – органического стекла, стали, свинца и др.

Рентгеновское излучение может быть получено в специальных рентгеновских трубах, в ускорителях электронов, в среде, окружающей источник бета-излучения, и др. Рентгеновские лучи представляют собой один из видов электромагнитного излучения. Энергия его обычно не превышает 1 МэВ.

Определим длину волны γ -излучения с энергией 0,048 МэВ.

Используя известное соотношение $1 \text{ эВ} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$, выразим энергию γ -излучения в джоулях:

$$E = 0,048 \cdot 10^{-6} (\text{эВ}) \frac{1,602 \cdot 10^{-19} (\text{Дж})}{1(\text{эВ})} = 0,077 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}. \quad (2)$$

Энергия γ -излучения определяется следующей формулой:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}, \quad (3)$$

где h – постоянная планка ($h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$);

ν – частота кванта электромагнитной энергии, Гц;

c – скорость света ($c \approx 3,00 \cdot 10^8 \text{ м/с}$);

λ – длина волны, м.

$$\lambda = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с} \cdot 3,00 \cdot 10^8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}}{0,077 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}} = 0,26 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 2,6 \text{ нм}.$$

Рентгеновское излучение, как и гамма-излучение, обладает малой ионизирующей способностью и большой глубиной проникновения [33].

Анализ условий рабочего пространства

К числу вредных факторов также относится и внешнее воздействие на человека, образующееся при неблагоприятных параметрах микроклимата на рабочих местах, плохом освещении и несоблюдении противопожарных норм и норм по электробезопасности.

Микроклимат в помещении должен благоприятствовать работе персонала. Рекомендуется температура воздуха 18-24 °С, влажность от 30 до 80 %, скорость движения воздуха - не более одного метра в секунду.

Микроклимат на рабочем месте обеспечивается отоплением и системой вентиляции, а так же проведением влажной уборки помещения. Температура в помещении поддерживается в пределах 18-25 °С; относительная влажность воздуха не превышает норм; концентрация пыли в воздухе достаточно низка.

Большое влияние на психофизиологическое состояние человека на производстве оказывает цвет. Правильно подобранное цветовое оформление рабочих мест, инструментов улучшает настроение, повышает работоспособность человека. Установлено, что красные и оранжевые тона вызывают возбуждение нервной системы, при этом у человека появляется ощущение усиления шума, учащается пульс, расширяются зрачки, повышается кровяное давление. Синий, голубой и зеленый тона оказывают успокаивающее воздействие, уменьшают зрительную утомляемость, способствуют замедлению пульса и понижению кровяного давления. Неяркие желтые тона вызывают ощущение теплоты, голубые - прохлады, фиолетовый цвет оказывает раздражающее и угнетающее воздействие.

Существуют таблицы цветовых тонов, по которым можно выбрать цветовую гамму окраски интерьеров и оборудования в зависимости от характера производства и тех операций, которые приходится выполнять человеку. Так, при монотонной работе, требующей постоянного напряжения, рекомендуется зеленая и сине - зеленая гамма цветов. Если выполняемая работа требует периодической умственной или физической нагрузки, предпочтительнее использовать оттенки теплых тонов - желтые, бежевые.

Цвет используется не только для создания определенного настроения у человека, но и для предупреждения о грозящей ему опасности, а также травматизма. Согласно ССБТ в красный цвет окрашиваются аварийные кнопки «Стоп», ручки, краны, с помощью которых выключаются агрегаты или машины, в оранжевый цвет - движущиеся части машины и т.д.

Пожарная безопасность

Оповещение людей о пожаре осуществляется во все помещения здания с постоянным или временным пребыванием людей путем подачи звуковых либо световых сигналов, трансляцией речевой информации о необходимости эвакуации, путях эвакуации и других действиях, направленных на обеспечение безопасности. Количество оповещателей, их расстановка и мощность обеспечивают необходимую слышимость во всех местах постоянного или временного пребывания людей. Оповещатели не имеют регуляторов громкости. Подключение к сети следует осуществлять без разъемных устройств. Сигналы оповещения отличаются от сигналов другого назначения.

Для правильной и слаженной эвакуации людей в случае пожара имеется заранее утвержденный руководителем организации план эвакуации. Для обеспечения быстрого и своевременного тушения очага пожара, внутри здания имеются огнетушители. Выбор типа огнетушителей, их размещение, порядок технического обслуживания и ведение учета, а так же требования безопасности при эксплуатации огнетушителей регламентируются. В данном случае ввиду присутствия в зоне возможного возникновения пожара электроустановок (например, персональных компьютеров, оргтехники, измерительной аппаратуры), наиболее оправдано использование углекислотных огнетушителей марок ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8, ОУ-25 и др. Данные огнетушители применяются для тушения возгораний и небольших очагов пожаров, в том числе и электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Применяемые средства пожаротушения определены в соответствии с

ГОСТ 12.1.044-84 «Пожарная безопасность»: виды средств пожаротушения, допустимые и недопустимые для применения на пожаре; виды, количество, размещение и содержание первичных средств пожаротушения (огнетушители, асбестовые полотна, ящики с флюсом или песком, емкости с огнетушащими порошками и т. п.); источники и средства подачи воды при пожаротушении; максимально допустимый запас специальных средств пожаротушения и т.п. [34].

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

I. Техничко-экономические обоснование проекта

II. Определить объемы инвестиции

- Стоимость основных фондов
- Объем инвестиции на покупку материально –производственных запасов
- Объем инвестиции на покупку малоценного инвентаря и контрольно-измерительных приборов
- Расчет заработной платы производственных рабочих

III. Определить экономическую эффективность, годовой доход

IV. Определить срок окупаемости инвестиции

1. Техничко-экономические обоснование проекта

Цель, сущность и задача проекта и его актуальность

Экономическая эффективность проекта

2. Определить объем инвестиции

Нижеследующим таблице дано приведенных затраты на ВКР

Таблица 1.

Объем инвестиции на покупку материально-производственных запасов

№	Наименование материалов	Количество	Цена материала	НДС	Стоимость материала с учетом НДС
1	Пластик	-	3000	600	3600
2	Термоклей	-	2000	400	2400
3	Акриловый клей	-	1200	240	1440
4	Клей момент	-	1200	240	1440
5	Провода	1	600	120	720
6	Кнопки	2	2000	800	2800
7	Светодиоды	3	120	72	192
8	Зажимы	1	600	240	840
9	Дисковод	-	30000	6000	36000
10	Кулер	-	3000	600	3600
11	Кейс	-	10000	2000	12000
	Итого				65032

Таблица 2.

Объем инвестиции на покупку малоценного инвентаря и контрольно-измерительных приборов

№	Наименование	Количество	Цена за единицы	НДС	Общая стоимость с учетом НДС
1	Мультиметр	-	2500	5000	30000
2	Потенциометр	-	7000	1400	8400
3	Краска	2	8500	3400	11900
	Итого				50300

Таблица 3.

Стоимость основных фондов

№	Наименование основных фондов	Количество	Стоимость основных фондов
1	Лаборатория	-	125000
2	Оборудование	-	50300
	Итого		175300

Амортизационные отчисления составляет 20 % от стоимости ОФ

$$A_{отч} = 20\% * ОФ$$

$$A_{отч} = 0,2 * 175300 / 12$$

$$A_{отч} = 2921,6 \text{ сум}$$

Затраты на текущий ремонт и технические обслуживание 12% от стоимости ОФ

$$Pm = 0,12 * 175300 / 12$$

$$Pm = 17530 \text{ сум}$$

Таблица 4.

Расчет заработной платы производственных рабочих

Наименование операции	Звание	Число дней	Средняя ежедневная заработная плата	Оплата за проделанную работы
Выбор темы на разработку	СНС	1	15000	15000
Изучение и анализ литератур по теме	МНС	2	7050	14100
Разработка интерфейса программы	МНС	2	7050	14100
Занесения плана лекции	МНС	3	7050	21150
Отладка программы	МНС	1	7050	7050
Тестирования комплекс программы	МНС	2	7050	14100
Выявления ошибок	МНС	2	7050	14100
Исправления ошибок	МНС	2	7050	14100
Экономическая часть	МНС	2	7050	14100
	СНС	1	15000	15000
Охрана труда	МНС	2	7050	14100
	СНС	1	15000	15000
Разработка	МНС	1	7050	7050

пояснительной записки				
Рецензирование	СНС	1	15000	15000
Оформление и защита дипломного проекта	МНС	1	7050	7050
Итого		24		201000

Основная заработанная плата определяется как сумма оплаты труда всех рабочих и премии в размере 40%

$$Z_{осн} = COT * 0,4 + COT$$

$$Z_{осн} = 201000 * 1,4$$

$$Z_{осн} = 281400$$

Дополнительной заработной платы производственных рабочих берется 10% от основного з/п.

$$Z_{д} = K_{д} * Z_{осн}$$

$$Z_{д} = 0,1 * 281400$$

$$Z_{д} = 28140$$

Фонд оплаты труда определяется как сумма основной и дополнительной заработной платы.

$$\Phi OT = Z_{осн} + Z_{д}$$

$$\Phi OT = 281400 + 28140$$

$$\Phi OT = 309540 \text{ сум}$$

Затраты на социальной страхование рассчитывается 25% от ФОТ.

$$Ofcc = 25\% * \Phi OT$$

$$Ofcc = 0,25 * 309540$$

$$Ofcc = 77385$$

Транспортные расходы рассчитывается 20% от Зосн.

$$Ptp = 0,2 * 281400$$

$$Ptp = 56280 \text{ сум}$$

Расход пара на производственные нужды.

Длина - 3 Ширина - 4

$$V = 12 * 663,05$$

$$V = 7956,6 \text{ сум}$$

$V = \text{длина} * \text{ширина}$.

Расходы на электроэнергии определяется по формуле:

$$W = N * T * S$$

$$W = 2 * 100 * 112,20$$

$$W = 22440$$

N – установленная мощность

T - время работы

S – стоимость электроэнергии за кВт

Объем инвестиции определяется по формуле:

$$K = MP3 + \Phi OT + Ao\phi + \sum P$$

$$K = 65035 + 309540 + 2921,6 + 165814,6 = 543308,2 \text{ сум}$$

Таблица 5.

Смета затрат на проведение разработки

№	Наименование статей затрат	Сумма
1	Стоимость выполненных работ	567852,4
2	Затраты на производство	436809,6
3	Производственная себестоимость	405855,6
4	Расходы периода	30954
5	Материальные затраты	95428,6
6	Сырьё	65032
7	Электроэнергия + отопления	30396,6
8	ФОТ	309540
9	Социальное страхование	77385
10	Амортизация	2921,6
11	Прочие затраты	16009
12	Основная заработная плата	201000

Таблица 6.

Расчет экономической эффективности выполненных работ

№	Наименование показателей	Ед. измерения	Сумма	Примечание
1	Стоимость выполненных работ	Сум	567852,6	Таблица
2	Затраты на производства	Сум	436809,6	Таблица
3	Инвестиции	Сум	543308,2	Формула
4	Экономическая эффективность	Сум	131042,8	Формула
5	Срок окупаемости	Месяц	4	Формула
6	Рентабельность	%	24%	Формула

Экономическую эффективность определим по формуле:

$$\mathcal{E} = (C1 - C2) * Q$$

$$\mathcal{E} = 131042,8 \text{ сум}$$

$C1$ и $C2$ – себестоимость до и после

Q – объем производство

Рентабельность определим по формуле

$$R = \mathcal{E} * 100\% / K$$

$$R = 131042,8 / 543308,2 * 100\%$$

$$R = 24\%$$

Определяем срок окупаемости:

$$T_{ок} = K / \mathcal{E}$$

$$T = 543308,2 / 131042,8$$

$$T = 4$$

\mathcal{E} = экономическая эффективность капитала

K = капитал

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киреев В.А., Краткий курс физической химии. М.: Химия, 1970-638с.
2. Лукьянов А.Б. Физическая и коллоидная химия. М.: Химия, 1988-285с.
3. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1970-574с.
4. Евстратова К.И., Курин А.А., Малахова Е. Е. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1990.
5. Зимон А.Д., Лещенко Н.Ф. Физическая химия. М.: Химия-2000-315с.
6. Зимон А.Д., Лещенко А.Ф. Коллоидная химия. М.:Атар, 2001-317с.
7. Практикум по физической и коллоидной химии. Под ред. Евстратовой К.М., М.: Высшая школа, 1990.-254с.
8. Писаренко А.П., Поспелова С.А., Яковлев А.Г. Курс коллоидной химии.-М.: Высшая школа, 1964-241с.
9. Николаев П.А. Физическая химия. М.: Высшая школа.-1975-295с.
- 10.Хмельницкий Р.А. Физическая и коллоидная химия.-М.: Высшая школа.-1988-397с.
- 11.Киселева Е.В., Каретников Г.С., Кудряшов И.В. сборник примеров и задач по физической химии.- М.: Высшая школа.-1970-495с.
- 12.Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии: Поверхностные явления и дисперсные системы. М.: Альянс, 2004. – 463 с.
- 13.Ребиндер П.А. Избранные труды. Т. 1,2. М.: Наука, 1978-79.
- 14.Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. Л.: Химия, 1984. – 352 с.
- 15.Ефремов И.Ф. Периодические коллоидные структуры. Л.: Химия, 1971. – 192 с.
- 16.Петрянов-Соколов И.В. Коллоидная химия и научно-технический прогресс. М.: Наука, 1988. – 180 с
- 17.Дегтярева Е.Э. Интенсификация электрохимических процессов синтеза органических и неорганических соединений на симметричном и несимметричном переменном токе / Е.Э. Дегтярева, А.Б. Килимник // Тезисы докладов X Научной конференции. Тамбов. – 2005. – 48 с.

18. Килимник, А.Б. Электрохимические процессы на переменном токе / А.Б. Килимник, Е. Э. Дегтярева // Вестник ТГТУ. –Т. 12, № 1. – Тамбов, 2006 –
19. Дегтярева, Е.Э. Анодное окисление 2-меркаптобензтиазола в присутствии 5-метил-2-гексанола / Е.Э. Дегтярева, А.Б. Килимник, И.А. Анкудинова // XVI Всероссийское совещание по электрохимии органических соединений "ЭХОС-2006", Новочеркасск. – 2006. – 70 с.
20. Дегтярева, А.Б. Килимник, И.А. Анкудинова // Электрохимия. – 2007. – Т. 43. – № 10. – С. 1268 – 1271.
21. Дегтярева, Е.Э., Установка для изучения механизма электродных процессов методом осциллографической вольтамперометрии / Е.Э. Дегтярева, А.Б. Килимник // Вестник ТГТУ. – 2007. – Т. 13. – № 4. – С. 886.
22. ru.wikipedia.org/wiki/Электролиз.
23. www.xumuk.ru/encyklopedia/2/5304.html
24. www.alhimik.ru/teleclass/konspekt/konsp6-04.shtml
25. chemyfly.ru/?p=466
26. sterka.com/node/11126
27. www.nanonewsnet.ru
28. www.nanotech.ru/pages/about/ag_part.htm
29. tokem.narod.ru/INNOVA/nano/serebro.htm
30. www.findpatent.ru/patent/247/2474471.html
31. nanosvit.ucoz.ru/index/0-2
32. www.bios-nano.appee.com/product.php?prodid=134
33. Носов В.Б. Безопасность труда/Под ред. В.В. Амбарцумяна. – М.: Машиностроение, 2004. – 144с.

34.Безопасность жизнедеятельности: Учебн. /Под ред. С. В. Белова. – М.:
Высшая школа, 2009. – 448 с.