



Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



**Кафедра биологии растений и химии**

# **ХИМИЯ**

**Лабораторный практикум**

**Лабораторная работа  
Коррозия металлов**





Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



## Лабораторная работа Коррозия металлов

**Цель работы:** исследование влияния природы металла, среды и внешних условий на процессы коррозии металлов и ознакомление со способами их защиты от коррозии.

**Оборудование и материалы:** растворы серной кислоты, гексацианоферрата (III) калия  $K_3[Fe(CN)_6]$ , уксусной кислоты, йодида калия, сульфата меди (II), концентрированный раствор азотной кислоты, гранулы цинка, олова, медная проволока, полоски железа, свинца, обычной стали, легированной (нержавеющей) стали, , стальные проволоочки, наждачная бумага, спиртовка

Коррозия - это разрушение твердых тел вызванное химическими и электрохимическими процессами, развивающимися на поверхности тела при его взаимодействии с внешней средой. Коррозия - это физико-химическое взаимодействие металла со средой, ведущее к разрушению металла. В результате коррозии металлы переходят в устойчивые соединения - оксиды или соли.

Согласно современным представлениям, все основные изменения в органическом и неорганическом мире связаны с окислительно-восстановительными процессами. Окислительно-восстановительные реакции лежат в основе и коррозионных процессов.

Основной причиной коррозии является термодинамическая неустойчивость металлов и сплавов в окружающей среде.

По механизму протекания коррозия подразделяется на два типа:

- **химическая** коррозия протекает при взаимодействии металлов с окислителями в средах, не проводящих электрический ток.
- **электрохимическая**, которая наблюдается при взаимодействии металлов с растворами электролитов.

К электролитам относится вода обычная и морская, растворы солей, кислот и щелочей, влажные газы. Во влажных газах и в воздухе содержатся пары воды, которые адсорбируются на поверхности металлов, образуя тонкую невидимую для глаз пленку жидкой воды, в которой растворяются кислород, углекислый газ, сернистые газы, оксиды азота и другие газы, присутствующие в атмосфере; при этом образуются кислоты. Таким образом, во влажном воздухе на металлы действуют растворы электролитов.





Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



## 1. Коррозионные гальванические микроэлементы

Электрохимическая коррозия является следствием возникновения коррозионных гальванических микроэлементов (коррозионных гальванических пар), состоящих из катодных и анодных участков. Появление катодных и анодных участков на поверхности металлов происходит по следующим причинам:

- неоднородность поверхности металла вследствие включений иной природы, ударов и изгибов, накопления примесей на границах зерен, участков с разной степенью обработки и т.д.;
- неоднородность жидкой фазы, в которой происходит коррозия из-за различия концентрации ионов, pH среды, неравномерного доступа кислорода или других окислителей;
- различие внешних условий: температуры, давления, действия электрического поля и т.д.

Коррозия, как любой химический процесс, обладает определенной скоростью. При контакте металла с электролитом на металле устанавливается равновесный потенциал, определяемый уравнением Нернста. Если подать внешнее напряжение, то потенциал электрода увеличится. Это изменение электродного потенциала называется **электродной поляризацией**. Поляризация способствует уменьшению коррозии. Если изменить ход процесса, увеличив скорость его протекания, то произойдет уменьшение электродного потенциала по сравнению с равновесным; процесс, обуславливающий его, называют депольризацией, и он способствует увеличению скорости коррозии.

При возникновении коррозионного гальванического микроэлемента процесс электрохимической коррозии можно представить состоящим из четырёх стадий.

1. Окисление той части металла, которая имеет меньшее значение электродного потенциала; эта часть в коррозионном гальваническом микроэлементе является анодом.
2. Перенос заряда электронами (или, говоря проще, переход электронов) по металлу от анодного к катодному участку.
3. Перенос заряда ионами в электролите.
4. Восстановление окислителя на катодном участке поверхности металла.

При электрохимической коррозии наиболее распространенными окислителями являются растворённый в щелочных растворах кислород и катионы водорода в кислой среде.





Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»

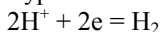


Растворенный в воде и щелочных растворах кислород восстанавливается на катодных участках металла по уравнению:



Таким образом, здесь деполяризация осуществляется за счет растворенного кислорода и ускорение разрушения металла осуществляется за счет коррозии с кислородной деполяризацией.

Катионы водорода в кислых растворах (кислород в кислой среде не растворяется) восстанавливаются по уравнению:

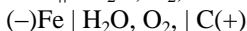
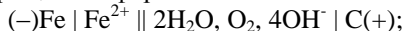


Здесь деполяризация происходит за счет ионов водорода и ускорение разрушения металла осуществляется за счет коррозии с водородной деполяризацией.

Катодные и анодные участки в металлах чередуются и имеют очень малые размеры, т.е. речь идет о микроанодах и микрокатадах и, как указывалось выше, о коррозионных гальванических микроэлементах. Таким образом, электрохимическая коррозия заключается в работе огромного числа гальванических микроэлементов, при которой происходит анодное окисление металла.

Коррозионный гальванический микроэлемент, в отличие от обычного гальванического элемента, является короткозамкнутым микроэлементом. Форма его записи не отличается от записи электрохимической схемы обычного гальванического элемента, но для сокращения в ней не указывают окисленную форму. Например, коррозия железа в контакте с углеродом (обычная углеродистая сталь) во влажной атмосфере происходит в результате возникновения гальванических микроэлементов, анодными участками которых является металл, а катодными – включения углерода.

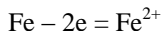
Полная и сокращенная форма записи такого элемента имеют вид:



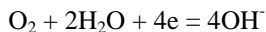
Коррозия железа является результатом работы этого элемента.

При коррозии железа идут следующие процессы:

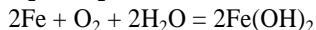
анодное окисление:



катодное восстановление:



общее уравнение коррозии:





Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



## 2. Контактная коррозия

Коррозия металла ускоряется или замедляется при его контакте с другими металлами.

Ускорение коррозии происходит при контакте металла с менее активным металлом, расположенном в ряду электрохимической активности металлов правее, так как в этом случае данный металл в коррозионной гальванической паре становится анодом

При контакте металла с более активным металлом коррозия основного металла наоборот замедляется, так как в коррозионной гальванической паре этот металл является катодом. Именно по этой причине кровельное железо покрывают более активным металлом цинком, а не оловом или медью.

## 3. Защита от коррозии

Все методы защиты металлов от коррозии условно делятся на следующие группы: легирование металлов, защитные покрытия, электрохимическая защита, изменение свойств коррозионной среды, рациональное конструирование изделий.

*Легирование металлов.* При легировании в состав сплава вводят компоненты, вызывающие пассивацию металла. В качестве таких компонентов применяют хром, никель, вольфрам и другие металлы.

*Металлические покрытия.* Материалами для металлических защитных покрытий могут быть как чистые металлы (цинк, кадмий, алюминий, никель, медь, олово, хром, серебро), так и их сплавы (бронза, латунь и др.). По характеру поведения металлических покрытий при коррозии их можно разделить на анодные и катодные.

К катодным покрытиям относятся покрытия, потенциал которых в данной среде имеют большее значение, чем потенциал основного (покрываемого) металла. В качестве примеров катодных покрытий для стали можно привести медь, никель, кадмий, олово, серебро. При повреждении покрытия возникает коррозионный элемент, в котором основной материал (сталь) служит анодом и растворяется, а материал покрытия – катодом, на котором выделяется водород или поглощается кислород. Следовательно, катодные покрытия могут защищать металл от коррозии лишь при отсутствии пор и повреждений покрытия.

Анодные покрытия имеют меньший потенциал, чем потенциал основного металла. Примером анодного покрытия может служить цинк на стали. В этом





Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



случае основной металл будет катодом коррозионного элемента, поэтому он не корродирует.

Для получения металлических защитных покрытий применяются различные способы: электрохимический (гальванические покрытия), погружение в расплавленный металл, термодиффузионный и химический.

*Неметаллические защитные покрытия.* Они могут быть как неорганическими, так и органическими. Защитное действие этих покрытий сводится в основном к изоляции металла от окружающей среды. В качестве неорганических покрытий применяют неорганические эмали, оксиды металлов, соединения хрома, фосфора и др. К органическим относятся лакокрасочные покрытия, покрытия смолами, полимерными плёнками, резиной.

*Химическое пассивирование.* Пассивированием металлов называется процесс образования на их поверхности устойчивых к коррозии оксидных плёнок. Такие защитные плёнки образуются, например, при обработке некоторых металлов (железа, алюминия, хрома, ванадия и др.) концентрированной азотной и концентрированной серной кислотами.

*Электрохимическую защиту* используют для предотвращения разрушения подземных трубопроводов, кабелей, корпусов судов, резервуаров, подводных лодок и т.д.

Электрохимическая защита основана на замедлении катодных и анодных реакций микрогальванических элементов. Она осуществляется присоединением к конструкции источника постоянного тока или дополнительного электрода.

Электрохимическую защиту подразделяют на *катодную и анодную*.

*Катодную защиту* можно осуществить путём присоединения защищаемой конструкции к отрицательному полюсу (катоду) внешнего источника тока или к металлу, имеющему меньший электродный потенциал. Положительный полюс подсоединяется к вспомогательному электроду, аноду. В процессе защиты анод активно разрушается и подлежит периодическому обновлению. В качестве материала анода применяют лом чугуна, стали, графита и т.п.

*Протекторная защита.* К защищаемой конструкции присоединяют более электроотрицательный металл – протектор, который, растворяясь в окружающей среде, посылает электроны и катодно поляризует конструкцию. В качестве протектора чаще всего используют сплавы магния и цинка. Алюминий применяется реже, так как он быстро покрывается очень плотной оксидной плёнкой, которая пассивирует его и ограничивает токоотдачу.





Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



**Анодная защита.** Скорость электрохимической коррозии металла может быть уменьшена и при его анодной поляризации, если она смещает потенциал защищаемого металла в пассивную область.

**Применение ингибиторов коррозии.** Ингибиторами называются вещества, добавление которых в коррозионную среду в незначительных количествах заметно снижает скорость коррозии. Ингибиторами являются различные неорганические соединения (нитрит натрия, хромат и дихромат калия, фосфат и гидрофосфаты натрия) и многие органические вещества. Защитное действие ингибиторов обусловлено тем, что их молекулы или ионы адсорбируются на поверхности металлов, замедляя или полностью прекращая процесс их анодного окисления.

**Опыт 1. Химическая и электрохимическая коррозия цинка** В пробирку с 8–10 каплями раствора серной кислоты опустить гра-нулу цинка. Отметить образование пузырьков газа на поверхности гра-нулы. Написать уравнение реакции взаимодействия цинка с кислотой. В ту же пробирку опустить медную проволоку и коснуться ею гранулы цинка. Что изменилось? Какую функцию выполняет медная проволока?

Написать схему коррозионного медно-цинкового гальванического микроэлемента и схемы анодного и катодного процессов при его работе.

**Опыт 2. Влияние концентрации окислителя на скорость коррозии.** В пробирку с 5 каплями серной кислоты добавить 5 капель воды, т.е. разбавить раствор в два раза. Прodelать опыт, аналогичный опыту 1.

Сделать вывод о влиянии концентрации  $H^+$ -ионов на скорость коррозии.

**Опыт 3. Влияние на коррозию природы защитного покрытия.** Две пробирки наполнить на  $1/2$  их объема дистиллированной водой. Добавить в каждую из них по 2–3 капли серной кислоты и по 2–3 капли раствора гексацианоферрата (III) калия  $K_3[Fe(CN)_6]$ . Он является качественным реактивом на ионы  $Fe^{2+}$ , с которыми образует синее окрашивание (турнбулева синь). В одну пробирку опустить железную полоску, в которой зажата гранула цинка, а в другую – железную полоску, в которой зажата гранула олова. Первая пробирка имитирует коррозию оцинкованного железа, а вторая – лужёного, т.е. покрытого оловом. Отметить, в какой пробирке появляется синее окрашивание.

В отчёте составить схемы коррозионных гальванических микроэлементов и написать уравнения анодных и катодных процессов. Объяснить, какое из покрытий является катодным, а какое – анодным. Какое из них и почему защищает железо от коррозии, а какое не защищает?





Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



**Опыт 4. Защита металла от коррозии с помощью протектора.** В две пробирки с разбавленным раствором уксусной кислоты прибавить несколько капель раствора йодида калия. В одну из них опустить полоску свинца, а в другую – полоску свинца с зажатой в ней гранулой цинка. Отметить, в какой пробирке раньше появляется малорастворимое соединение  $PbI_2$ , объяснить причину его появления в растворе.

Написать уравнение взаимодействия свинца с уксусной кислотой, нарисовать схему коррозионного гальванического микроэлемента. Написать схемы анодного и катодного процессов. Указать, какую роль выполняет прижатая к свинцу гранула цинка в процессе коррозии свинца.

**Опыт 5. Сравнение коррозии железа и легированной стали** В две пробирки с серной кислотой опустить: в одну – полоску обычной стали, в другую – легированной (нержавеющей) стали X18H9T. Сравнить скорость коррозии. В отчёте объяснить устойчивость к коррозии легированной стали.

**Опыт 6. Защита металла от коррозии химическим пассивированием.** Очистить наждачной бумагой две стальные проволоочки (разогнутые канцелярские скрепки). Одну из них опустить в пробирку с концентрированным раствором азотной кислоты. Записать наблюдения. Ополоснуть проволоку водой и вновь опустить в пробирку с азотной кислотой. Промыть пассивированную проволоку и опустить в пробирку с разбавленной серной кислотой. Для сравнения опустить вторую необработанную проволоку в тот же раствор серной кислоты. Сравнить скорость выделения водорода на проволоочках.

Описать опыт. В выводе отметить роль оксидной пленки, образовавшейся на поверхности железа при его обработке азотной кислотой.

**Опыт 7. Защита металла от коррозии пленкой оксида, полученной при термообработке.** Очистить наждачной бумагой две стальные проволоочки. Одну из них нагреть в пламени спиртовки до появления цветов побежалости, то есть до появления оксидной пленки цвета «воронова крыла». Эта операция в технике получила название «воронение». Опустить обе проволоки в пробирку с раствором сульфата меди (II). Описать наблюдения и составить уравнения реакции железа с раствором  $CuSO_4$ . По скорости появления меди на поверхности проволоки оценить защитные свойства оксидной пленки, полученной при воронении.





Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



## ЛИТЕРАТУРА

### *Основная*

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Н. С. Ахметов. – М.: Высш. шк., 2006. – 743. .
2. Гольбрайх, З. Е. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие/ З. Е. Гольбрайх.–М.:ООО «Издательство Астрель»,2004.–383с
3. Коровин, Н. В. Общая химия:учебник для технических направ. и спец. вузов / Н. В. Коровин. – М.: Высш. шк., 2005. – 557 с.:ил.
4. Руководство к изучению курса “Общая и неорганическая химия”: Пособие для студентов нехимических специальностей / И. Е. Шиманович [и др.]; под ред. И.Е. Шимановича. – 3-е изд. – Минск: РИВШ, 2008. – 112 с.
5. Химия. Лабораторный практикум: учеб. пособие/А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная, И. В. Ковалева.–Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
6. Угай Я. А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Я. А. Угай. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 440 с.
7. Химия: учебно-методический комплекс: учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная, И.В. Ковалева и др. – Горки: БГСХА, 2011. – 452 с.
8. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 236 с.

### *Дополнительная*

1. Введение в лабораторный практикум по неорганической химии: Учеб. пособие / В.В. Свиридов, Г.А.Попкович и др. – Мн : Выш. шк., 2003. – 96 с.
2. Жарский, И. М.Теоретические основы химии: сборник задач: Учеб. пособие. – Минск.: Аверсев, 2004. – 397 с.
- 3.Степин, Б. Д. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Б. Д. Степин, А.А. Цветков. – М.: Высш. шк., 1994. – 608 с.
- 4.Колотыркин, Я.М. Металл и коррозия / Я.М. Колотыркин. – М.: Металлургия, 2005. –388 с.
5. Общая химия в формулах, определениях, схемах / под ред. В. Ф. Тикавого. – Минск: Университетское, 1996. – 560 с.
6. Улиг, Г.Г., Ревя Р.У. Коррозия и борьба с ней / Г.Г. Улиг, Р.У.Ревя. –Л.: Химия, 1989. –456 с.

### *Справочники:*

1. Краткий химический справочник. – М.: Химия,1977.
2. Лидин, Р.А. Химические свойства неорганических веществ/ Под ред. Р.А. Лидина. – 5-е изд., стер. – М.: КолосС, 2008, – 480 с.





Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



Составители

**Поддубная** Ольга Владимировна  
**Ковалева** Ирина Владимировна  
**Мохова** Елена Владимировна  
**Шагитова** Марина Николаевна

