



ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХ

# «ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ. КОРРОЗИЯ»

## ЛЕКЦИЯ № 2

Дисциплина «Химия 2.6»  
для студентов очного отделения

---

Лектор: К.Т.Н., Мачехина Ксения Игоревна

# ПЛАН ЛЕКЦИИ

- 
1. Коррозия
  2. Методы защиты металлов от коррозии

# 1. КОРРОЗИЯ



**Коррозия** – это самопроизвольный процесс разрушения металлов в результате химического или электрохимического взаимодействия их с окружающей средой.

# 1. КОРРОЗИЯ

**Химическая коррозия** – характерная для сред, не проводящих электрический ток. Происходит прямое гетерогенное взаимодействие металла с окислителем окружающей среды.

1) Газовая коррозия;

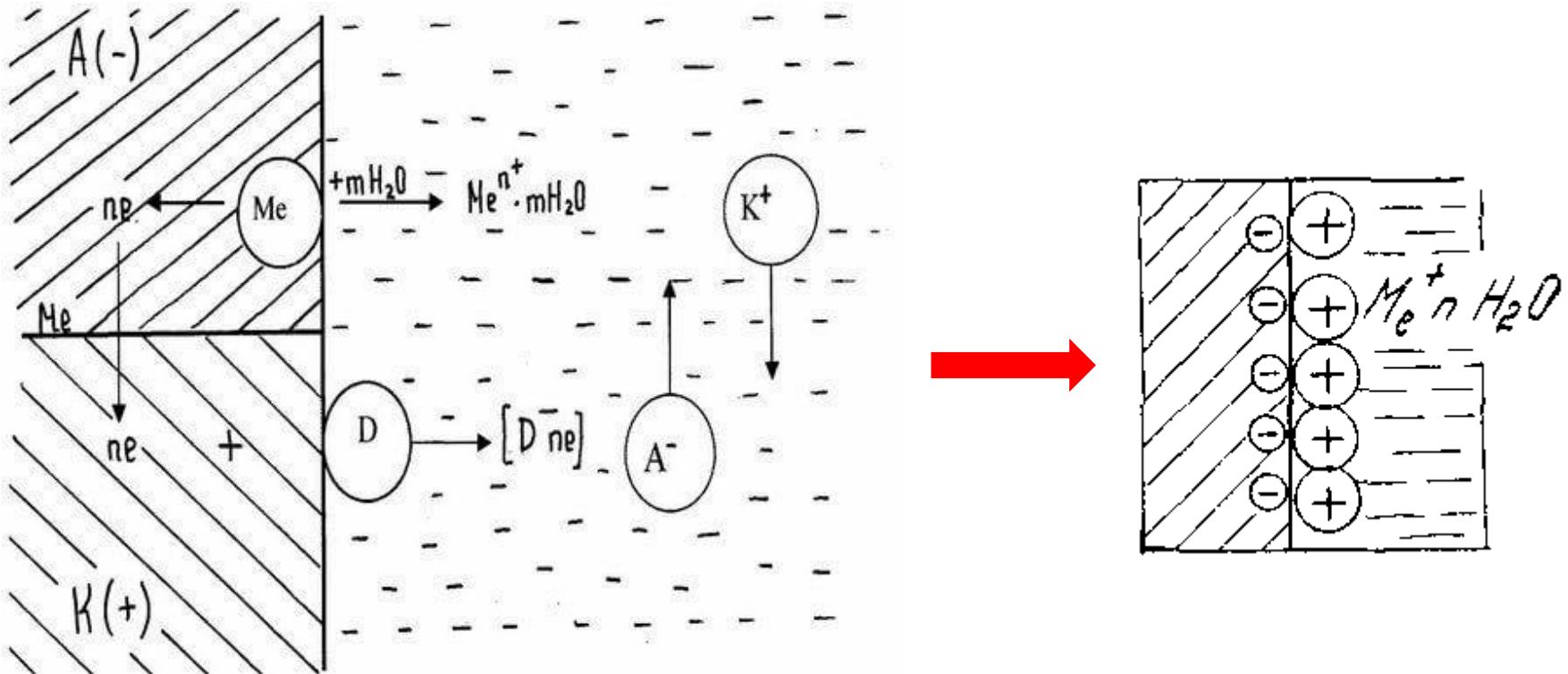
2) Коррозия в неэлектролитах (агрессивных органических жидкостях – сернистая нефть)

# 1. КОРРОЗИЯ

**Электрохимическая коррозия** – это разрушение металла в среде электролита с возникновением внутри системы электрического тока.

# 1. КОРРОЗИЯ

## Механизм



# 1. КОРРОЗИЯ

**Причиной** электрохимической коррозии - образование на поверхности металла микрогальванических пар.

## вследствие:

- ✓ наличие примесей,
- ✓ неоднородность поверхности Ме,
- ✓ неравномерность распределения деформаций в Ме.
- ✓ неоднородность жидкой фазы,
- ✓ различие внешних условий (Р, Т)

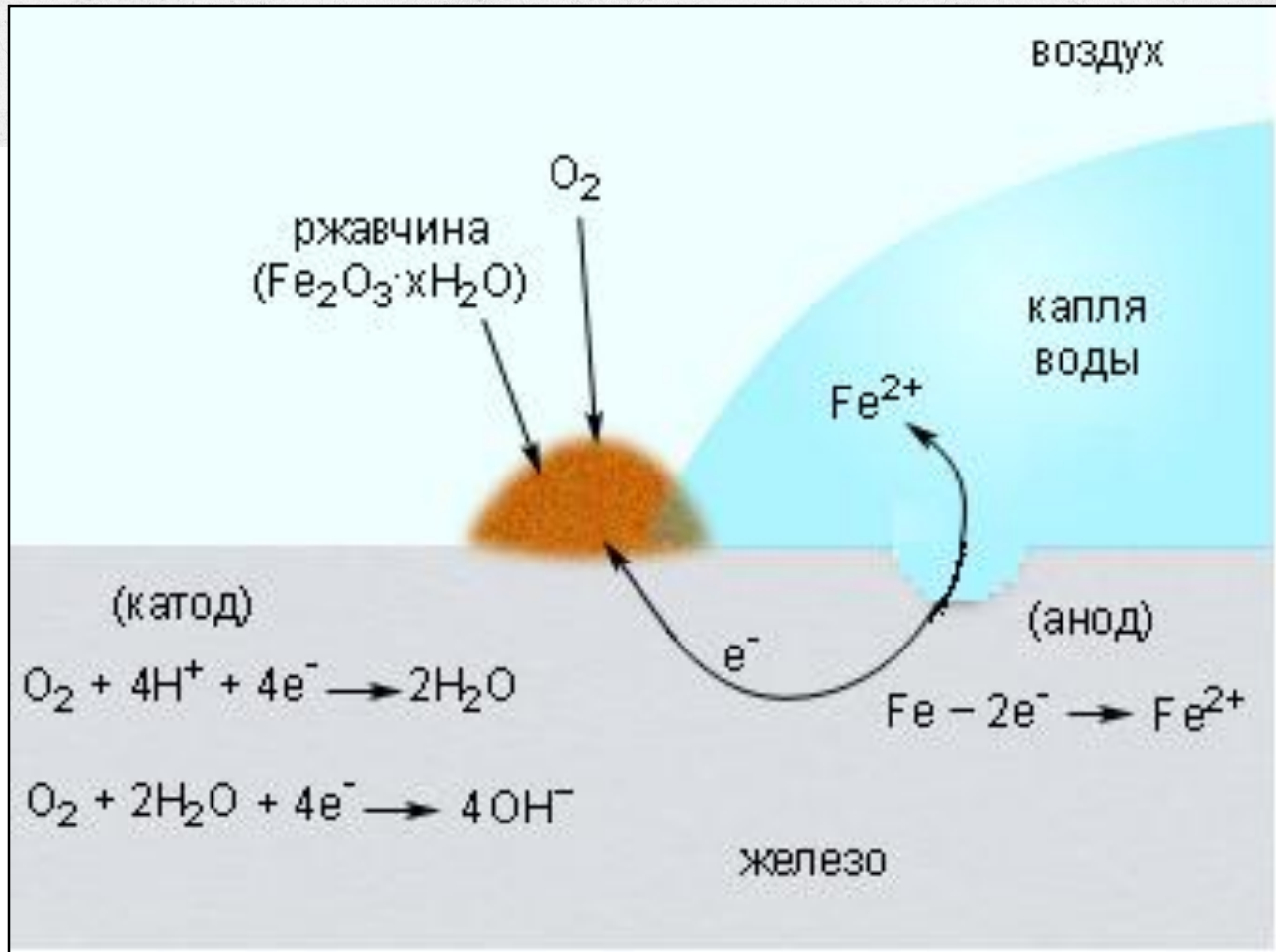
# 1. КОРРОЗИЯ

В зависимости от **среды**:

- **В растворах электролитов** (кислот, оснований, солей, природной воде).
- **Атмосферная коррозия** – в среде любого влажного газа.
- **Почвенная коррозия**
- **Морская коррозия** – (растворенные соли, газы и органические вещества).
- **Биокоррозия** – (жизнедеятельности организмов, вырабатывающих такие газы как  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ).
- **Электрокоррозия** – происходит под действием блуждающих токов на подземных сооружениях, в результате работ электрических железных дорог, 8 трамвайных линий.



# 1. КОРРОЗИЯ



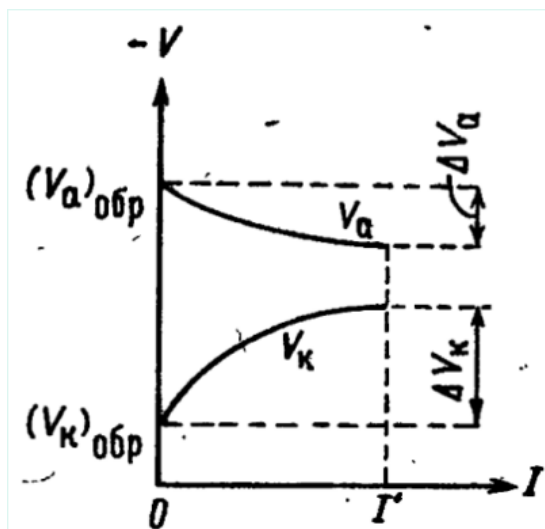
# 1. КОРРОЗИЯ

**Отличие** процесса электрохимической коррозии от процессов, протекающих в ГЭ, является **отсутствие внешней цепи.**

Электроны в процессе коррозии **не выходят** из корродирующего металла, а двигаются внутри него.

**Коррозионный элемент** является **короткозамкнутым микроэлементом.**

# 1. КОРРОЗИЯ

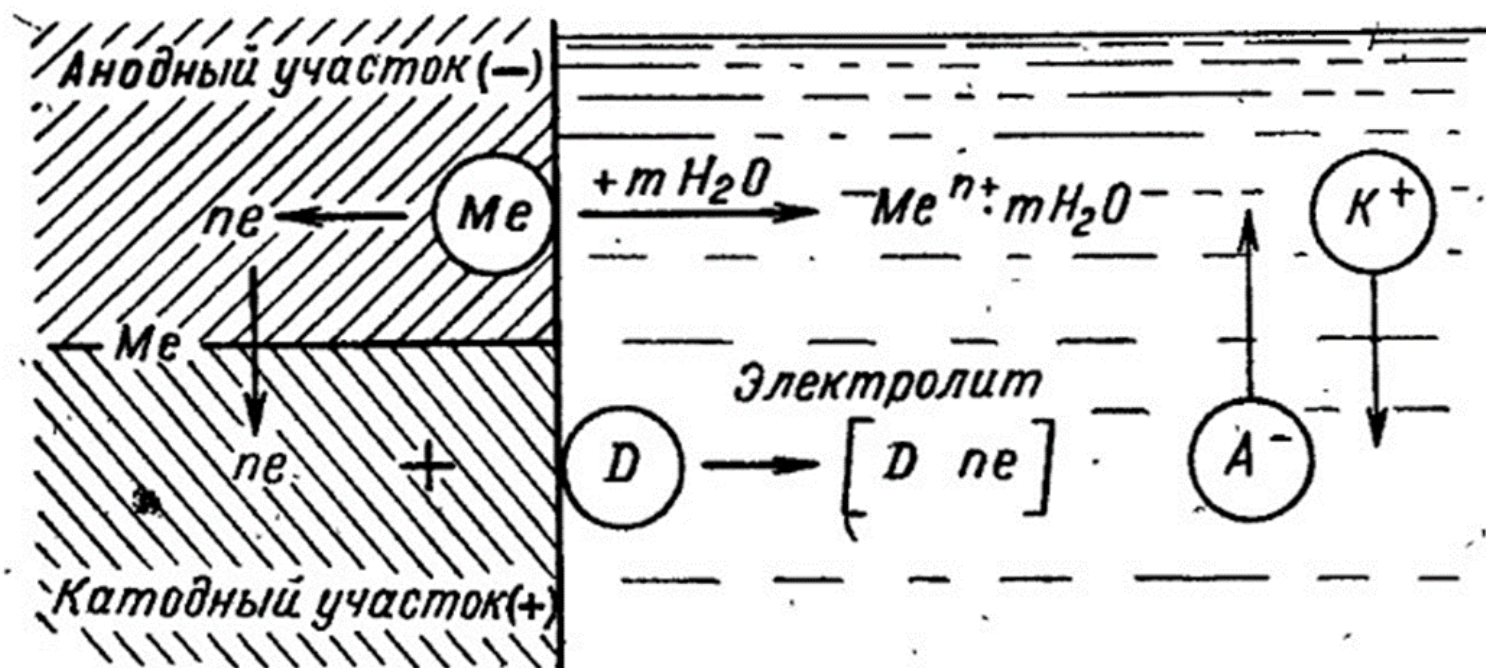


$V_a$  и  $V_k$  - эффективные потенциалы, установившиеся при данном значении тока.

$\Delta V_a$  и  $\Delta V_k$  - смещение потенциалов анода и катода

**Электрохимическая поляризация** – процесс отклонения (сближение) потенциала от равновесного под действием внешнего потенциала приводящие к уменьшению силы тока.

# 1. КОРРОЗИЯ



# 1. КОРРОЗИЯ

**Анодная поляризация (торможение анодного процесса)**

## **Причины:**

1. Ионы металла медленнее переходят в раствор, чем электроны отводятся в катодную часть.
2. Недостаточная скорость отвода перешедших в раствор ионов металла.
3. Возникновение анодной пассивности в связи с образованием пассивных пленок на поверхности металла.

# 1. КОРРОЗИЯ

**Катодная поляризация (торможение катодного процесса)**

## **Причины:**

1. Маленькая скорость окисления катионов или молекул раствора на поверхности металла.
2. Медленный подвод катионов или молекул раствора к поверхности катода и отводом продуктов восстановления от катода в раствор.

# 1. КОРРОЗИЯ



**Депольяризацией** называются явления, способствующие увеличению скорости коррозионных процессов и соответственно уменьшению поляризации электродов.

**Депольяризаторы** – ионы или молекулы, способствующие уменьшению поляризации.

# 1. КОРРОЗИЯ

## Катодная поляризация

Коррозию металлов, при которой катодная реакция осуществляется с выделением водорода, называют коррозией металлов с **водородной деполяризацией**.

**Условия:** в растворах кислот, например, кислотное растворение железа, цинка и других металлов.



# 1. КОРРОЗИЯ



## Водородная деполяризация

### Стадии:

1. Диффузия гидратированных ионов водорода  $H_3O^+$  (или  $H^+ \cdot H_2O$ ) к катоду.
2. Дегидратация:  $H_3O^+ = H^+ + H_2O$
3. Вхождение  $H^+$  в состав двойного слоя
4. Разряд иона водорода  $H^+ + e = H_{адс}$

# 1. КОРРОЗИЯ



## Водородная деполяризация

### Стадии:

5. Рекомбинация атомов водорода в молекулу:  $H_{\text{адс}} + H_{\text{адс}} = H_2$
6. Образование и отрыв пузырьков из молекулы водорода от поверхности катода.

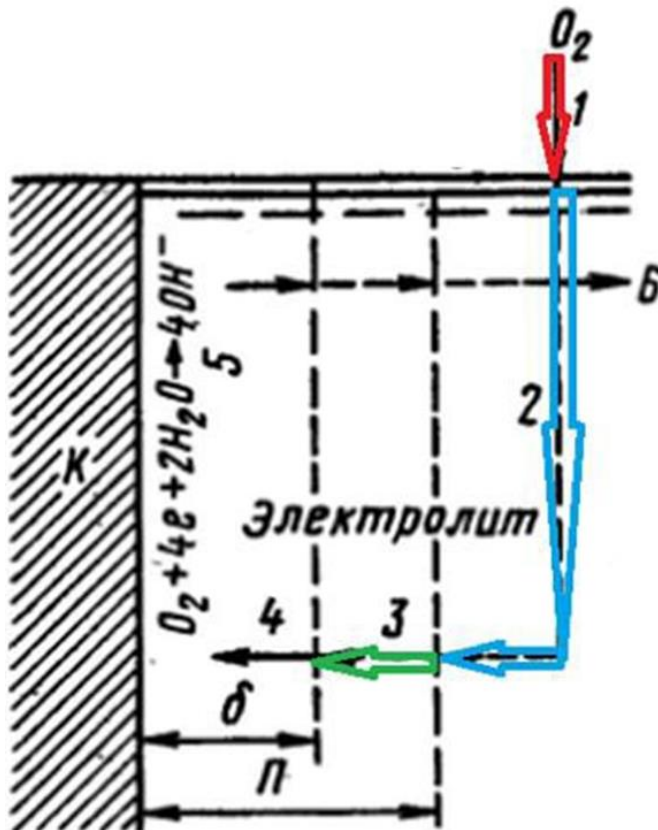
# 1. КОРРОЗИЯ

Коррозионные процессы, у которых катодная деполяризация осуществляется растворенным в электролите кислородом, называют процессами коррозии металлов с **кислородной деполяризацией**.

**Условия:** в воде, в нейтральных и даже в слабокислых солевых растворах, в морской воде, в земле, в атмосфере воздуха.

# 1. КОРРОЗИЯ

## Кислородная деполяризация

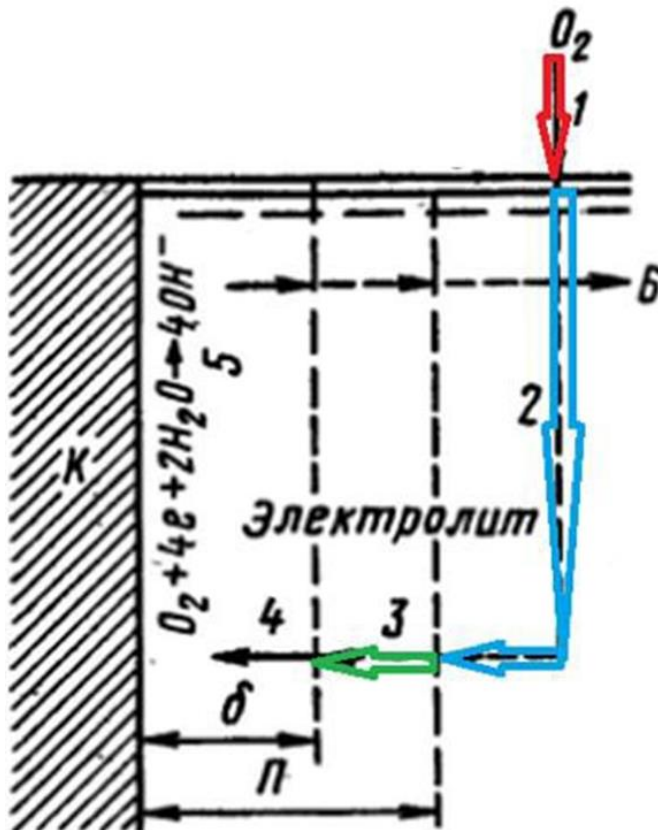


### Стадии:

1. Растворение кислорода воздуха в электролите (прохождение  $O_2$  через поверхность раздела воздух-электролит).
2. Перенос растворенного кислорода в объеме электролита в результате движения электролита (перемешивание).
3. Перенос кислорода в части граничного слоя Прандтля толщиной  $\Pi$  в результате движения электролита.

# 1. КОРРОЗИЯ

## Кислородная деполяризация

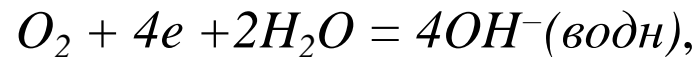


### Стадии:

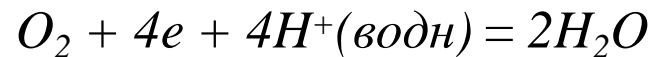
4. Перенос  $O_2$  в диффузионном слое электролита к катодным участкам поверхности корродирующего металла.

5. Ионизация  $O_2$ :

а) в нейтральных и щелочных растворах:



б) в кислых растворах



6. Диффузия и перенос ионов  $OH^-$  от катодных участков поверхности корродирующего металла в глубь электролита.

# 1. КОРРОЗИЯ

При электрохимической коррозии на поверхности металла одновременно протекают два процесса:

**анодный** – окисление металла:



**катодный** – восстановление.

# 1. КОРРОЗИЯ

**Водородная** деполяризация:

кислая среда ( $\varphi=0$  В):



нейтральная ( $\varphi = -0,41$  В):



$$\varphi_{\text{H}^+/\text{H}_2} = \varphi^0 + \frac{0,059}{n} \lg [\text{H}^+] = 0 + \frac{0,059}{1} \lg [10^{-7}] = -0,41 \text{ В}$$

щелочная ( $\varphi = -0,83$  В):

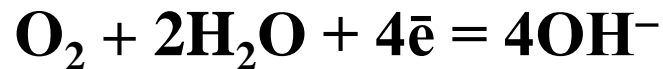
$$\varphi_{\text{H}^+/\text{H}_2} = \varphi^0 + \frac{0,059}{n} \lg [\text{H}^+] = 0 + \frac{0,059}{1} \lg [10^{-14}] = -0,83 \text{ В}$$

$$\varphi_{\text{H}^+/\text{H}_2} = 0,059 \lg [\text{H}^+] = -0,059 \text{ pH}$$

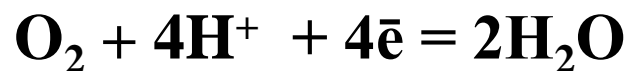
# 1. КОРРОЗИЯ

## Кислородная деполяризация:

в нейтральной ( $\varphi = 0,815 \text{ В}$ ) или щелочной среде ( $\varphi = 0,4 \text{ В}$ ):



в кислой среде ( $\varphi = 1,23 \text{ В}$ ):

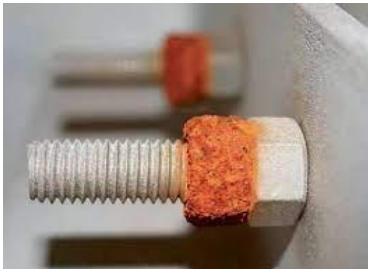
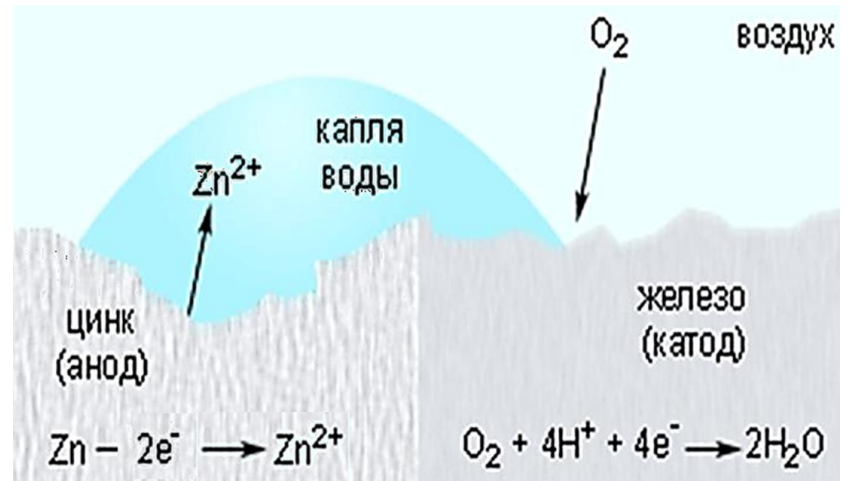


$$\varphi_{\text{O}_2/\text{OH}^-} = 1,23 - 0,059\text{pH}$$



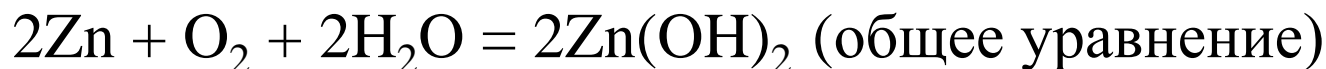
# 1. КОРРОЗИЯ

## Контактная коррозия



# 1. КОРРОЗИЯ

## Схема коррозионного элемента:



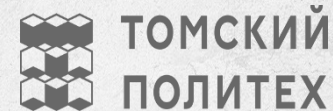
# ЗАДАЧА

ЭДС процесса, протекающего при контакте меди и кадмия в кислой среде без доступа кислорода (pH = 4) при стандартных условиях, равна \_\_\_\_\_ В.

$$(\varphi_{Cd^{2+}/Cd}^0 = -0,40В; \varphi_{Cu^{2+}/Cu}^0 = +0,34В)$$

*(Ответ запишите с точностью до тысячных)*

## Решение



Cd более активный металл, чем Cu, следовательно Cu – катод, Cd – анод.

Кислая среда (без  $\text{O}_2$ ), следовательно на катоде водородная деполяризация.

Для расчета ЭДС необходимо найти электродные потенциалы:

$$\varphi_{\text{анода}} = \varphi^0 + \frac{RT}{nF} \ln[\text{Cd}^{2+}] = -0,40 + \frac{2,3 \cdot 8,314 \cdot 298}{2 \cdot 96500} \lg[1] = -0,40 \text{ В}$$

$$\varphi_{\text{катода}} = \varphi_{\text{H}^+/\text{H}_2} = 0,059 \lg[\text{H}^+] = -0,059 \text{ рН} = -0,059 \cdot 4 = -0,236 \text{ В}$$

$$\text{ЭДС} = \varphi_{\text{катода}} - \varphi_{\text{анода}} = -0,236 - (-0,40) = 0,164 \text{ В}$$

**Ответ:** ЭДС = 0,164 В

# 2. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ

## Методы защиты от коррозии



### Неэлектрохимические

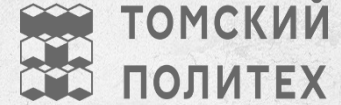
1. Легирование
2. Защитные покрытия
  - анодное
  - катодное
3. Изменение свойств коррозионной среды
4. Рациональное конструирование изделий



### Электрохимические

1. Метод протектора
2. Катодная защита
3. Анодная защита

# Легирование металлов



В маркировке легированных сплавов легирующие добавки обозначаются так:

А – азот, Б – ниобий, В – вольфрам, Г – марганец, Д – медь, Е – селен, К – кобальт, **М – молибден**, Н – никель, П – фосфор, Р – бор, С – кремний, Т – титан, Ф – ванадий, Х – хром, Ц – цирконий, Ю – алюминий.

Например, сталь марки **10Х17Н13М2Т**

содержит 0,1% углерода (первая цифра – содержание С в сотых долях %),

17% Cr,

13% Ni,

2% Mo

1,5% Ti (буква без цифры – содержание до 1,5%).

## 2. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ



Нанесение краски



Обрезинивание деталей из металла

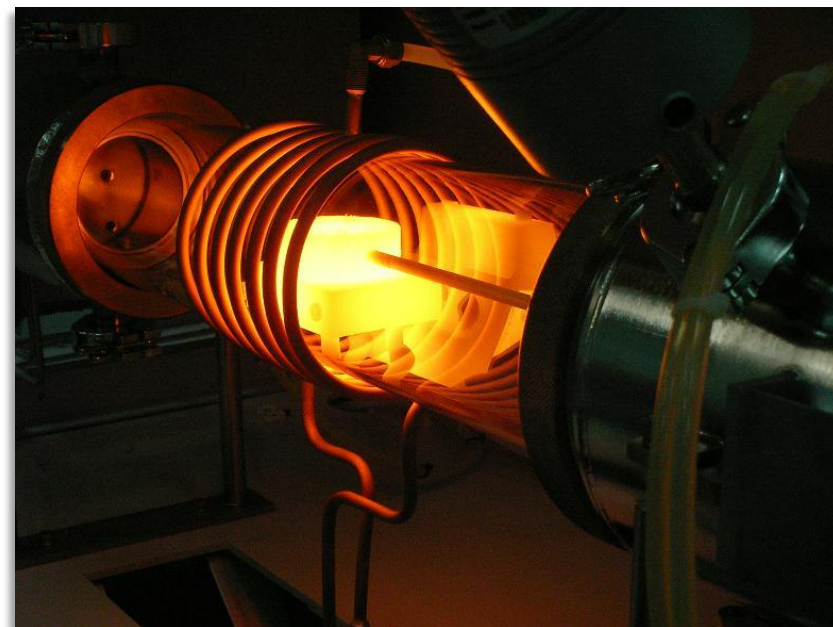


Защитные пленки

## 2. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ



Химическое пассивирование



Термическое пассивирование



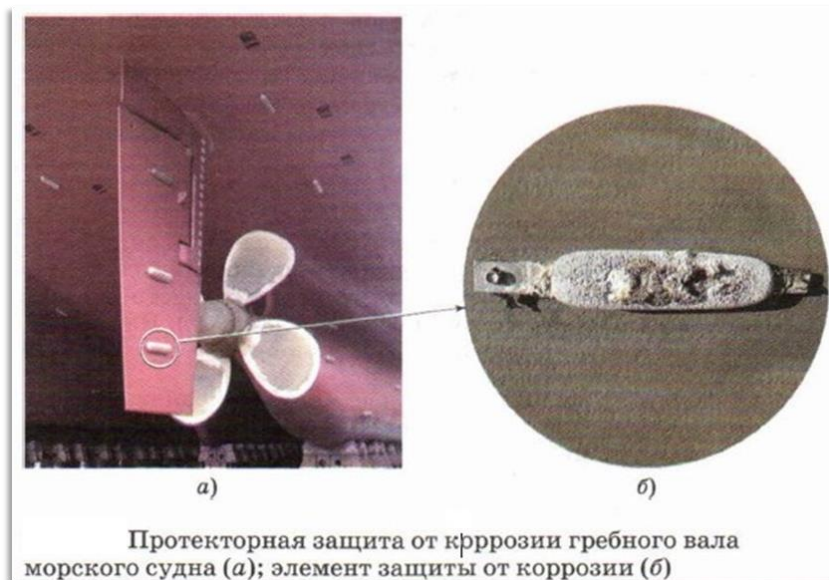
## 2. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ



ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХ

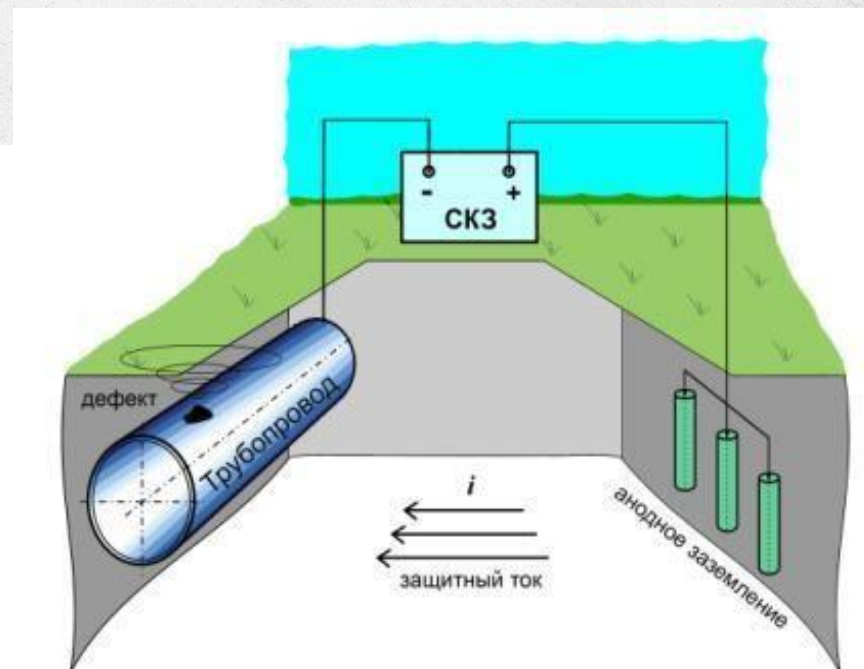
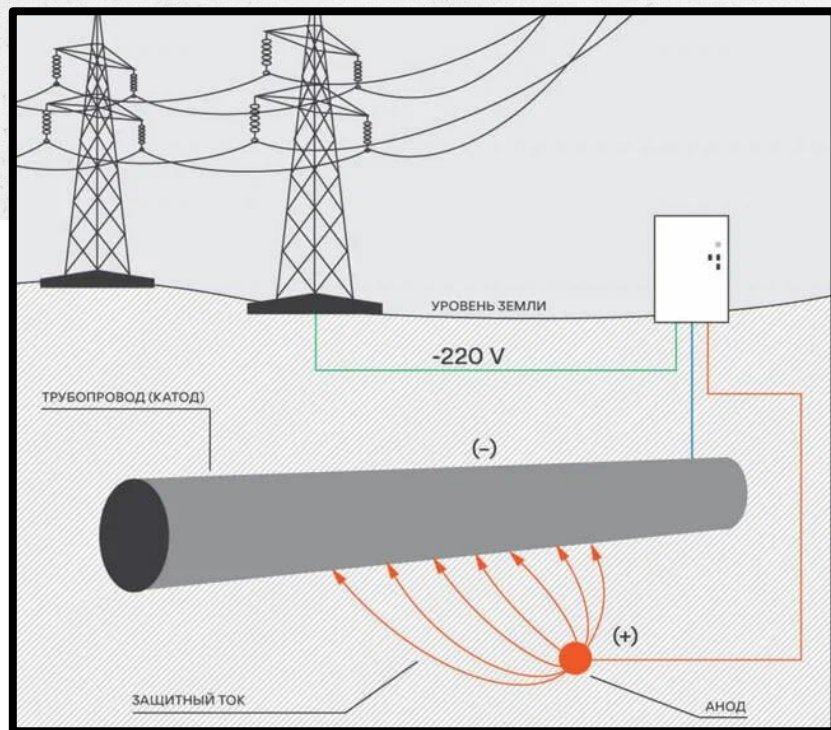
Электрохимическая защита - этот метод основан на торможении анодных или катодных реакций коррозионного процесса.

## 2. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ



**Метод протектора:** К защищаемой металлической конструкции присоединяют кусок более активного металла (протектор), который служит анодом и разрушается в присутствии электролита.

## 2. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ



**Катодная защита** состоит в приложении к изделию внешнего тока от отрицательного полюса, который поляризует катодные участки коррозионных элементов. Положительный полюс источника тока присоединяется к аноду. При этом коррозия защищаемой конструкции почти сводится к нулю. Анод же постепенно разрушается и его необходимо периодически менять.

## **Анодная защита**

При **анодной защите** потенциал защищаемого металла смещается в более положительную сторону до достижения пассивного устойчивого состояния системы.

**Анодная защита** является одним из методов борьбы с коррозией металлов в агрессивных химических средах. Она основана на переводе металла из активного состояния в пассивное и поддержании этого состояния при помощи внешнего анодного тока.



## Литература

И.Я. Клинов. Коррозия химической аппаратуры и коррозионностойкие материалы, 1967 год



ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХ

# «ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ. КОРРОЗИЯ»

Лектор: К.Т.Н., Мачехина Ксения Игоревна

<http://portal.tpu.ru/SHARED/m/MACHEKHINAKSU>

**Email:** [machekhinaKsu@tpu.ru](mailto:machekhinaKsu@tpu.ru)

2 корпус ТПУ 212 аудитория

**ВОПРОСЫ**

