



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Основы коррозии и защиты металлов

Лихачев Владислав Александрович, к.х.н.,  
доцент



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Виды коррозии

- I. По характеру коррозионной среды или условий коррозии
- II. По характеру поражения



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Виды коррозии первой группы

- 1) Газовая;
- 2) В неэлектролитах;
- 3) Атмосферная;
- 4) Подводная;
- 5) Подземная;
- 6) Биокоррозия;
- 7) Электрокоррозия (коррозия под действием блуждающего тока)
- 8) Контактная коррозия
- 9) Щелевая и т.д.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Виды коррозии по характеру разрушения

- 1) Общая;
- 2) Равномерная;
- 3) Неравномерная;
- 4) Язвенная;
- 5) Межкристаллитная;
- 6) Питтинговая (в виде точек);
- 7) Коррозионная усталость;
- 8) Коррозионное растрескивание;
- 9) Коррозия пятнами и т.д.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Атмосферная коррозия металлов

Атмосферная коррозия-это коррозия под действием окружающего нас воздуха.

80% всего металла корродирует в условиях атмосферной коррозии.

1. Закрытая атмосфера (внутри помещений)
2. Открытая атмосфера (вне помещений)



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Атмосферная коррозия автомобилей







ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Атмосферная коррозия





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ





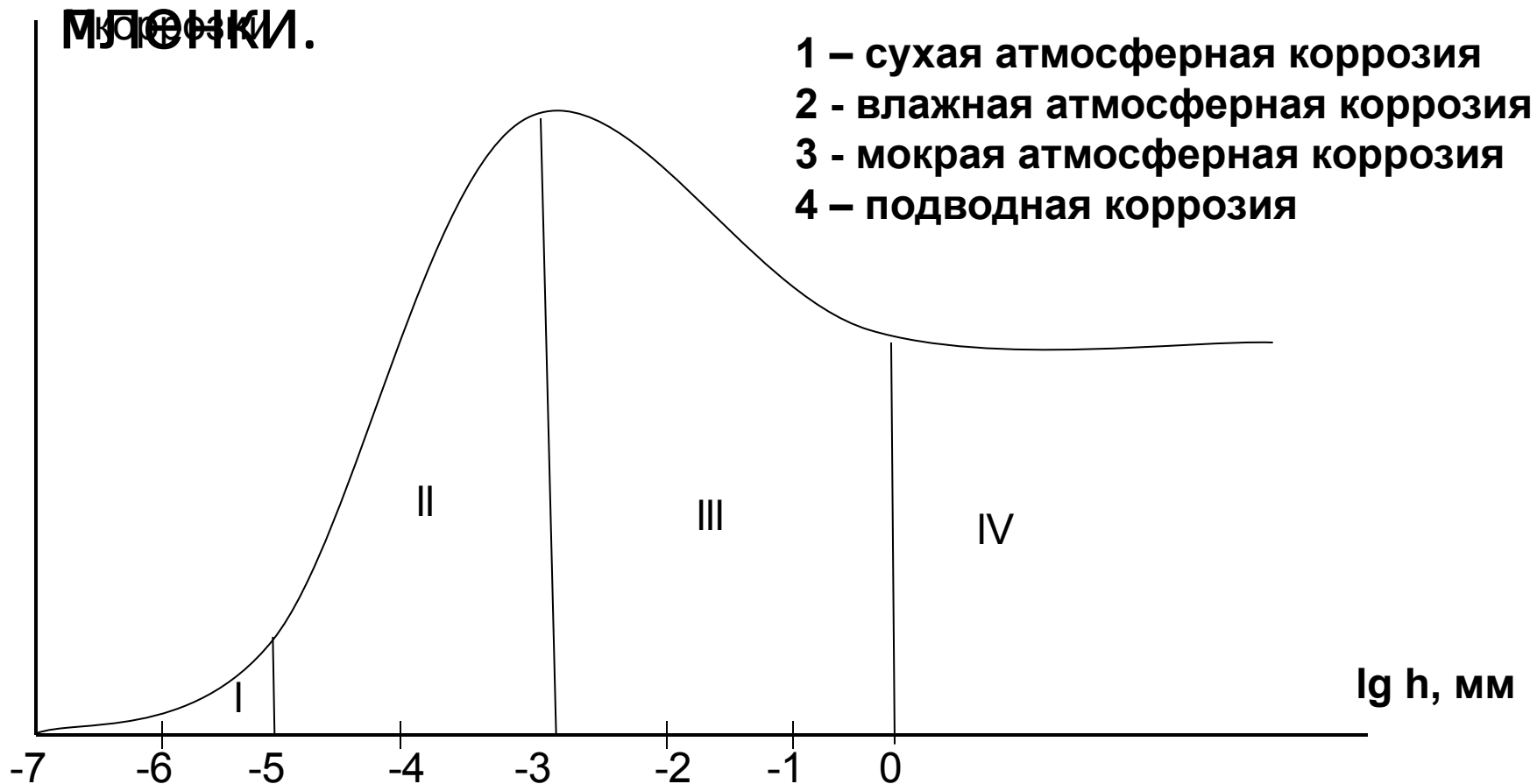




ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Зависимость скорости атмосферной коррозии от толщины пленки влаги

### Скорость коррозии зависит от толщины пленки.





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Сухая атмосферная коррозия

1) Зона **сухой коррозии**, толщина  $h < 10^{-5}$  мм. Вода на металле не обнаруживается даже высокоточными приборами.

Металл сухой, сухая атмосферная коррозия по типу **газовая химическая коррозия**.

При обычных температурах не опасна.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Атмосферная коррозия

**2) Влажная атмосферная коррозия.**

Толщина пленки влаги  $10^{-5} < h < 10^{-3}$  мм.

Такая пленка влаги фиксируется приборными методами и называется адсорбционная пленка влаги.

Коррозия по типу – электрохимическая и опасна, скорость коррозии резко возрастает.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Атмосферная коррозия

3) **Мокрая** атмосферная коррозия.

Толщина пленки влаги  $10^{-3} < h < 1$  мм.

Такую пленку влаги можно увидеть невооруженным глазом, и она называется **фазовая** пленка влаги.

Коррозия по типу: электрохимическая, опасна и, в основном, встречается в условиях открытой атмосферы.

4)  $h > 1$  мм. **Подводная** коррозия.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Коррозионная агрессивность атмосферы ГОСТ 9.039 - 74

Коррозионная агрессивность атмосферы  
оценивается с помощью параметров:

$t_{\text{адс}}$  – время увлажнения адсорбционной  
пленкой влаги.

$t_{\text{фаз}}$  – время увлажнения фазовой пленкой  
влаги.

$t_{\text{общ}} = t_{\text{адс}} + t_{\text{фаз}}$  – общее время увлажнения

$C_i$  – концентрация коррозионноактивных  
компонентов.





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Атмосферная коррозия

**Для оценки величины  $t_{адс}$  проведены специальные опыты по определению условий появления адсорбционной пленки влаги. Менялось состояние поверхности металла и чистота воздуха**

Состояние поверхности Me,	Состав атмосферы	R% влажность воздуха
1. Чистая сталь, Fe	Чистый воздух	~100%
2. Чистое сталь, Fe	+0,01% SO <sub>2</sub>	≥70%
3. Сталь слегка прокорродировавшая в H <sub>2</sub> O	Чистый воздух	≥65%
4. Сталь слегка прокорродировавшая в NaCl	Чистый воздух	≥55%



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Время увлажнения адсорбционной пленкой влаги

- Таким образом  $\tau_{\text{адс}}$  определяется средним количеством часов в году, когда относительная влажность воздуха  $\geq 70\%$ ,
- $\tau_{\text{адс}}$  характерно как для **открытой**, так и **закрытой** атмосферы.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Время увлажнения фазовой пленкой влаги

$T_{\text{фаз}}$  определяется суммой пяти времен и характерно для **открытой** атмосферы.

$$T_{\text{фаз}} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5$$

$T_1$  - среднее время дождя в течение года

$T_2$  - роса

$T_3$  - туман

$T_4$  - оттепель

$T_5$  – время высыхания после каждого увлажнения.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Шкала коррозионной агрессивности атмосферы ГОСТ 9.039-74

По значению общего времени увлажнения  $T_{\text{общ}} = T_{\text{фаз}} + T_{\text{адс}}$  определяется коррозионная агрессивность атмосферы в баллах

$T_{\text{общ}}$ , час	БАЛЛ
500-1000	1
1000-1500	2
.....	.....
.....	.....
2000-2500	4
2500-3000	5
.....	.....
.....	.....
>4500	9



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Виды атмосфер по ГОСТ 9.039-74

По виду коррозионных агрессивных компонентов все атмосферы делятся:

- **сельская.** (Наименее опасная)
- **городская;** ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ )
- **промышленная;** (самые  
разнообразные **компоненты**)
- **морская;** ( $\text{Cl}^-$ )
- **тропическая;** ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ )



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## ГОСТ 9.040-74

- Потери от атмосферной коррозии можно рассчитать по ГОСТ 9.040-74 «Расчетно-экспериментальный метод определения коррозионных потерь от атмосферной коррозии»
- $M = (K_{адс}^0 + \alpha C) t_{адс} + (K_{фаз}^0 + \beta C) t_{фаз}$  ; г/м<sup>2</sup>  
за 1 год коррозии;





## ГОСТ 9.040-74

где,  $K^0_{\text{адс}}$  ;  $K^0_{\text{фаз}}$  – скорость коррозии под адсорбционной и фазовой пленками соответственно;

$\alpha$ ,  $\beta$  – коэффициенты, учитывающие увеличения скорости коррозии под адсорбционной и фазовой пленками влаги за счет коррозионного активного компонента с концентрацией  $C$ ;

$T_{\text{адс}}$ ,  $T_{\text{фаз}}$  – время увлажнения адсорбционной и фазовой пленкой влаги, соответственно.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## ГОСТ 9.040-74

Величины  $K^0_{\text{адс}}$  ;  $K^0_{\text{фаз}}$  ;  $\alpha$ ,  $\beta$  определяются экспериментально по ГОСТ 9.040-74

При необходимости определения потерь от атмосферной коррозии за несколько лет, они определяются по формуле:

$$M_T = M_T^n$$

где,  $n$  – коэффициент, учитывающий влияние продуктов коррозии на скорость коррозии, также определяется экспериментально.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Методы защиты от атмосферной коррозии

Так как атмосферная коррозия не относится к очень опасным видам коррозии, поэтому применяются самые распространенные и **дешевые** методы защиты :

- 1) **осушка атмосферы.** Назначение: перевод опасной электрохимической коррозии в неопасную химическую (вентиляция, навесы, применение силикагеля в замкнутом объеме).
- 2) **Защитные консервационные масла;**
- 3) **Лакокрасочные покрытия (ЛКП).**
- 4) **Ингибиторы атмосферной коррозии**



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Атмосферная коррозия





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# ПОДВОДНАЯ КОРРОЗИЯ



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Распространенность подводной коррозии

Самый главный объект подводной коррозии в практике - это **сантехническое оборудование, и системы теплоснабжения.**

Коррозионной средой является **сточная вода, природная вода, оборотная вода.**

По типу коррозии – подводная коррозия всегда **электрохимическая.**

4% всего эксплуатируемого металла корродирует в условиях подводной





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Коррозионная диаграмма подводной коррозии



Обычно коррозия с кислородной деполяризацией, но в сточных кислых водах коррозия под действием двух окислителей



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Подводная коррозия элементов сантехнического оборудования





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Факторы, влияющие на подводную коррозию

### Решающий фактор pH воды.

1. pH **сточных** вод может быть любой и при  $\text{pH} \leq 3$  коррозионная активность резко повышается за счет действия второго окислителя  $\text{H}^+$ , наряду с растворенным  $\text{O}_2$
2. pH **природных** вод обычно близко к нейтральному 5,5-8,5.
3. pH **канализационных хозфекальных** вод всегда больше 9 за счет моющих средств.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Факторы, влияющие на подводную коррозию

Коммунальные службы постоянно сталкиваются с коррозией сантехнического оборудования в **природных водах** (речная вода, из скважин, из озер, колодцев и т.д.)

В природных водах всегда присутствует целый ряд компонентов:

Растворенные газы и соли:  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ .

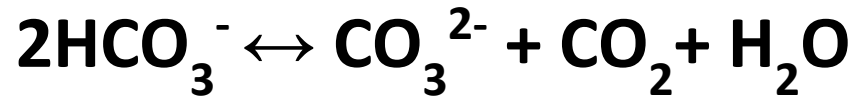
Взвеси: продукты коррозии  $Fe_2O_3$ ,  $Fe(OH)_3$ , песок, глина.

Все они влияют на скорость подводной коррозии.



## Влияние $\text{CO}_2$

При растворении  $\text{CO}_2$  в  $\text{H}_2\text{O}$  возникает равновесие.



Если равновесие сдвинуто влево, в воде больше ионов  $\text{HCO}_3^-$ , тогда одним из продуктов коррозии является **растворимая соль  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$** . Коррозионная активность воды **высокая**.

Если равновесие сдвинуто вправо, больше ионов  $\text{CO}_3^{2-}$ , тогда один из продуктов **нерастворимая соль  $\text{FeCO}_3$** , которая уплотняет ржавчину и поэтому коррозионная



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Индекс Ланжелье

Куда сдвинуто равновесие позволяет определить индекс Ланжелье.

$$I = \text{pH}_0 - \text{pH}_s$$

где,  $\text{pH}_0$  –  $\text{pH}$  природной воды;

$\text{pH}_s$  – равновесное  $\text{pH}$ , при котором концентрация ионов  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{CO}_3^{2-}$  одинакова.





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Индекс Ланжелье

$pH_s$  определяется по номограмме, которая представлена в **СНиП 2.04.02-84** («Водоснабжение наружные сети и сооружения»). Для определения  $pH_s$  нужны характеристики воды: **P** – общее солесодержание, **Щ**- щелочность, **[Ca<sup>+2</sup>]** жесткость воды, - все 3 параметра +  $pH_0$  - это параметры которые определяются службами санэпиднадзора для любого эксплуатирующегося источника.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Индекс Ланжелье

Если индекс Ланжелье  $< 0$ , то равновесие сдвинуто **влево**, коррозионная агрессивность среды **высокая**. Если  $\geq 0$ , то равновесие сдвинуто **вправо** – коррозионная активность в норме.

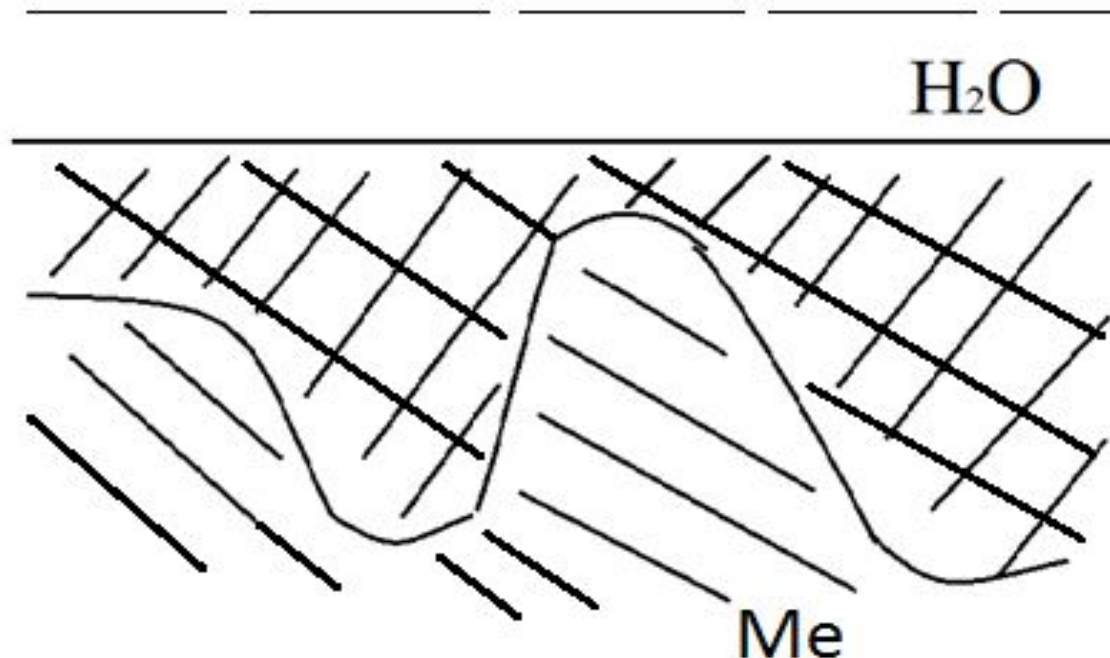
Для повышения индекса Ланжелье нужно повышать  $pH_0$ . Это производится фильтрацией воды через известковый фильтр, чем всегда пользуются на станциях водоподготовки.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Локальный характер подводной коррозии

Подводная коррозия всегда протекает очень **не равномерно**. На фоне сравнительно небольшой общей коррозии всегда наблюдается **интенсивная локальная** в виде язв и раковин. Именно она приводит к выходу из строя сантехнического оборудования.





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Язвенная коррозия



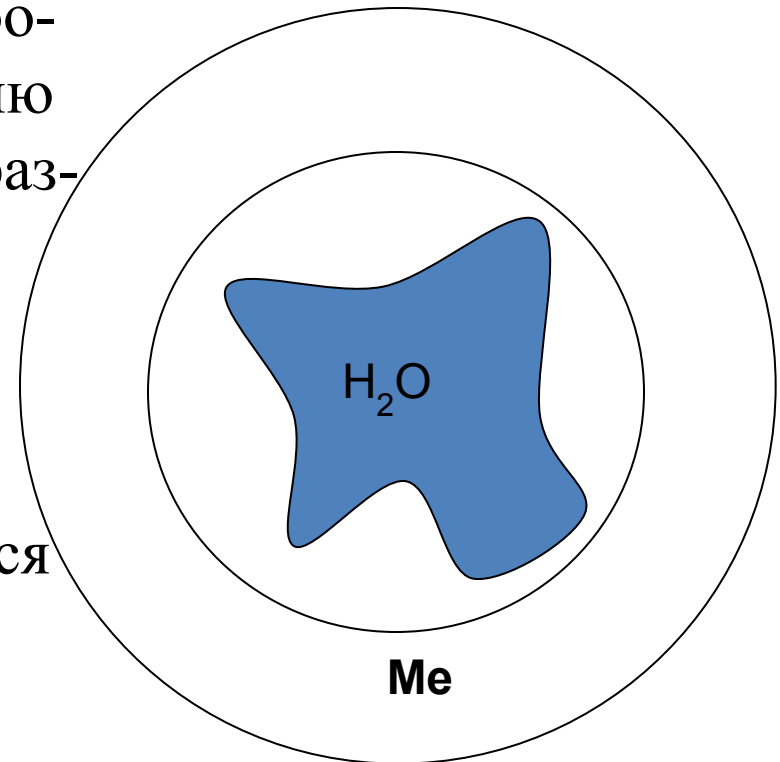


ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Возникновение аэрационных пар внутри трубопровода

Продукты коррозии имеют свойство откладываться на стенках трубопровода, неравномерно. Не одинаковые по толщине **отложения** внутри трубопровода приводят к возникновению **аэрационных пар**, (участков с разной диффузией  $O_2$ ,) аэрационные пары приводят к усилению локальной коррозии.

Для снижения отрицательного действия отложений рекомендуется периодически очищать от них трубопроводы.





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Влияние на подводную коррозию $\text{Cl}^-$ и $\text{SO}_4^{2-}$ ионов

По ГОСТу в питьевой воде допускается определенное количество ионов  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ . Наличие в воде этих ионов существенно повышает ее коррозионную активность.

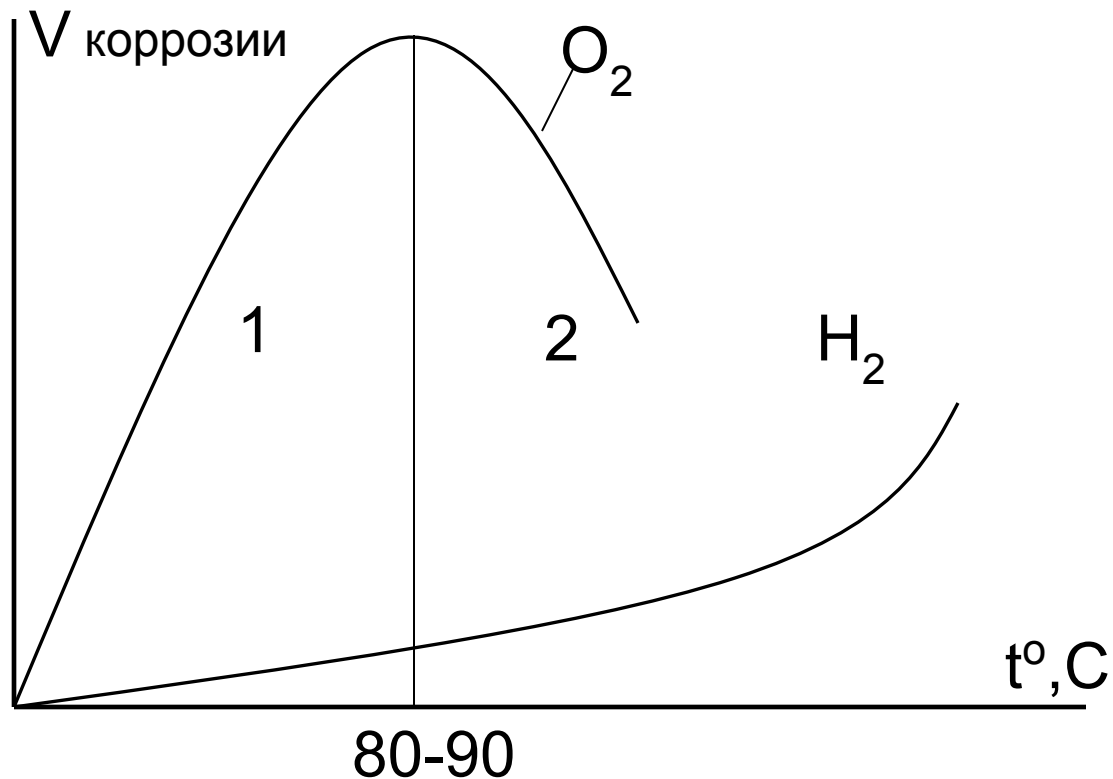
Изменение концентрации  $\text{Cl}^-$  от 0 до 150 мг/л повышает скорость локальной коррозии в 2-4 раза. При такой же концентрации  $\text{SO}_4^{2-}$  увеличивает общую и локальную коррозию в 2-4 раза. Если



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Влияние температуры на скорость подводной коррозии

Повышение скорости коррозии с ростом  $t^{\circ}\text{C}$  связано с повышением диффузии  $\text{O}_2$ , далее снижается растворимость  $\text{O}_2$



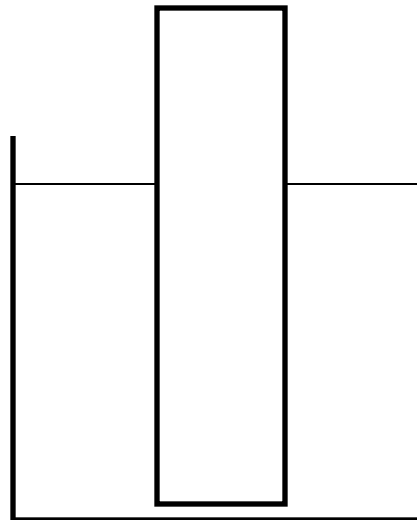
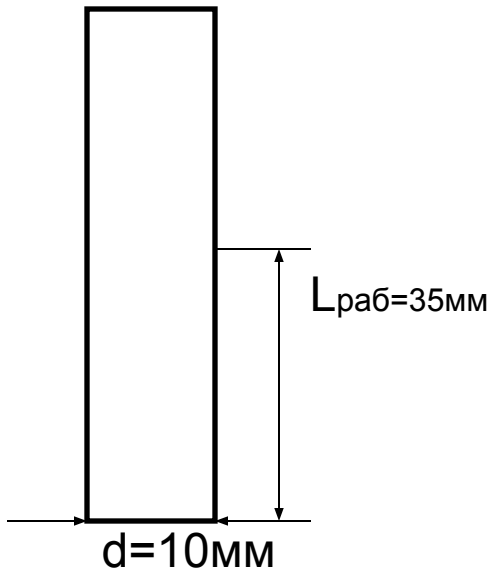




ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Экспериментальная оценка коррозионной агрессивности природной воды

Существует экспериментальный способ оценки коррозионной агрессивности природной воды. Цилиндрический образец из стали Ст3пс диаметром 10 мм и длиной рабочей части 35 мм (конструкционная обычного качества №3 полуспокойная) вращается со скоростью 1500 об/мин в испытуемой воде в течение 3 часов.







ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Экспериментальная оценка коррозионной агрессивности природной воды

- Далее определяется количество продуктов коррозии образовавшихся и на электроде и в коррозионной среде.
- $m < 0,1 \text{ мг/см}^2$  - низкая коррозионная АКТИВНОСТЬ
- $m = 0,1-0,2 \text{ мг/см}^2$  - средняя;
- $m > 0,2 \text{ мг/см}^2$  - высокая



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Защита от подводной коррозии

- Выбор конструкционного материала;
- Удаление кислорода;
- Ингибирование;
- Применение защитных покрытий;
- Очистка трубопроводов от отложений.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Морская коррозия

- Разновидность подводной. Ей подвергаются стали, легкие сплавы, сплавы Cu.
- Электролит высокоаэрированный (до 80 мг/л  $O_2$ ), раствор солей в воде, количество солей от 1-4%. 78% солей- это NaCl, 11% -  $MgCl_2$  остальное сульфаты.
- Высокая электропроводность, pH=7,2-8,6.
- Коррозия электрохимическая с кислородной деполяризацией.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Морская коррозия

- Высокая интенсивность коррозии за счет интенсивного перемешивания;
- Часто возникает контактная коррозия;
- Высокое содержание  $\text{Cl}^-$  приводит к депассивации сталей и локальной коррозии. (до 1мм/год в язве)
- Сильное влияние биологической коррозии;
- Увеличение скорости коррозии за счет прокатной окалины.
- Повышенная коррозия по ватерлинии.
- Возможность электрокоррозии при сварке



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Защита от морской коррозии

- Лакокрасочные покрытия ( иногда комбинация покрытий: фосфат + ЛКП; Zn + ЛКП), необрастающие краски.
- Цинковые покрытия;
- Алюминий защищается анодированием;
- Электрохимическая защита;
- Дренаж при электрокоррозии.
- Удаление прокатной окалины.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# ПОДЗЕМНАЯ КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛА



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Подземная коррозия

Основные объекты: сантехническое оборудование, емкости для хранения горючесмазочных веществ, опоры.

200 млн. тон стали корродирует в условиях подземной коррозии.

Коррозионной средой является грунт (земля).

Грунт бывает трёх видов: сухой, нормальный и влажный.

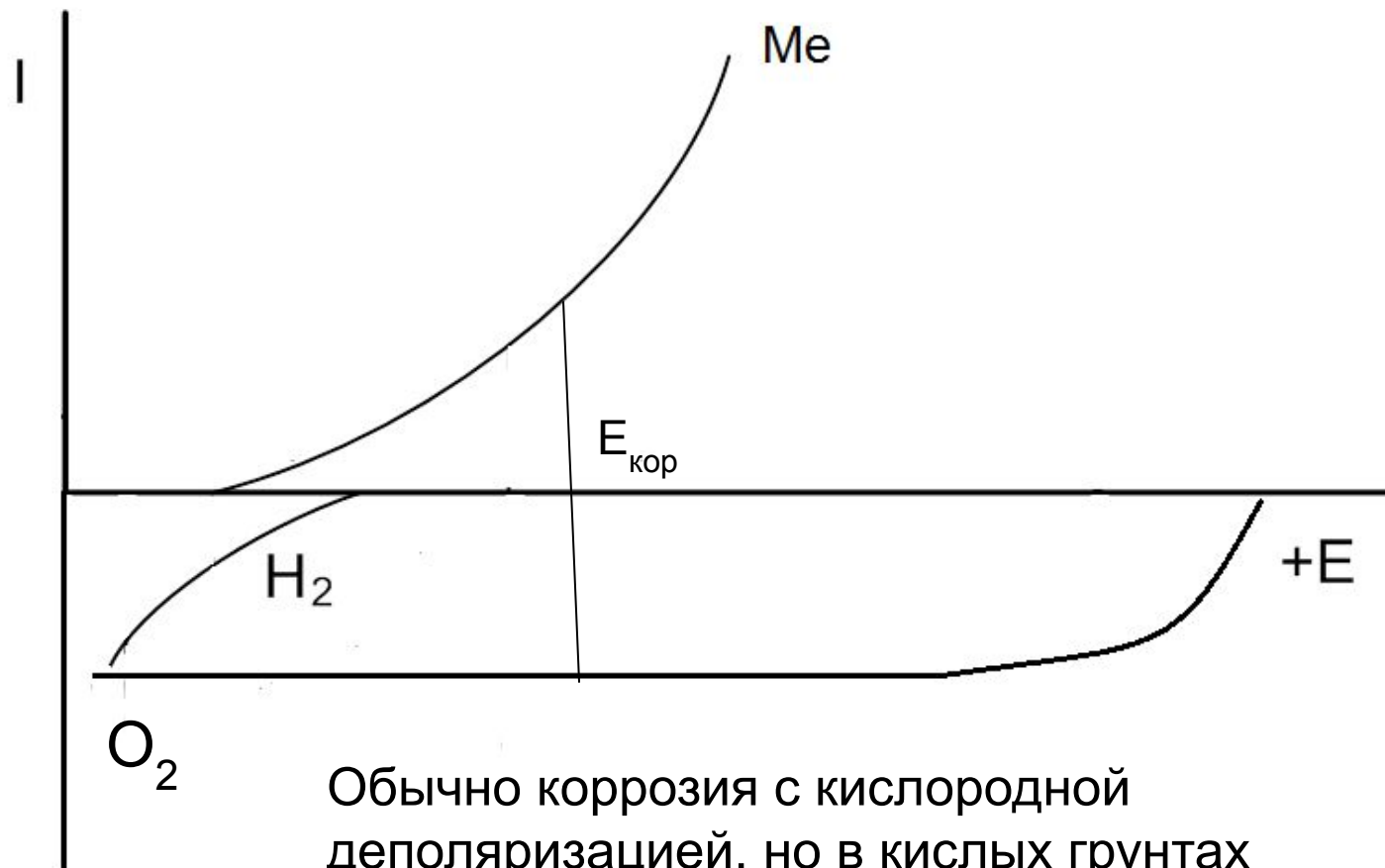
При нормальном и влажном грунте коррозия электрохимическая, рН колеблется от **3 до 10**.

При  $\text{pH} \leq 3-4$  кислый грунт, высокая опасность.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Коррозионная диаграмма подземной коррозии



Обычно коррозия с кислородной деполяризацией, но в кислых грунтах коррозия под действием двух окислителей

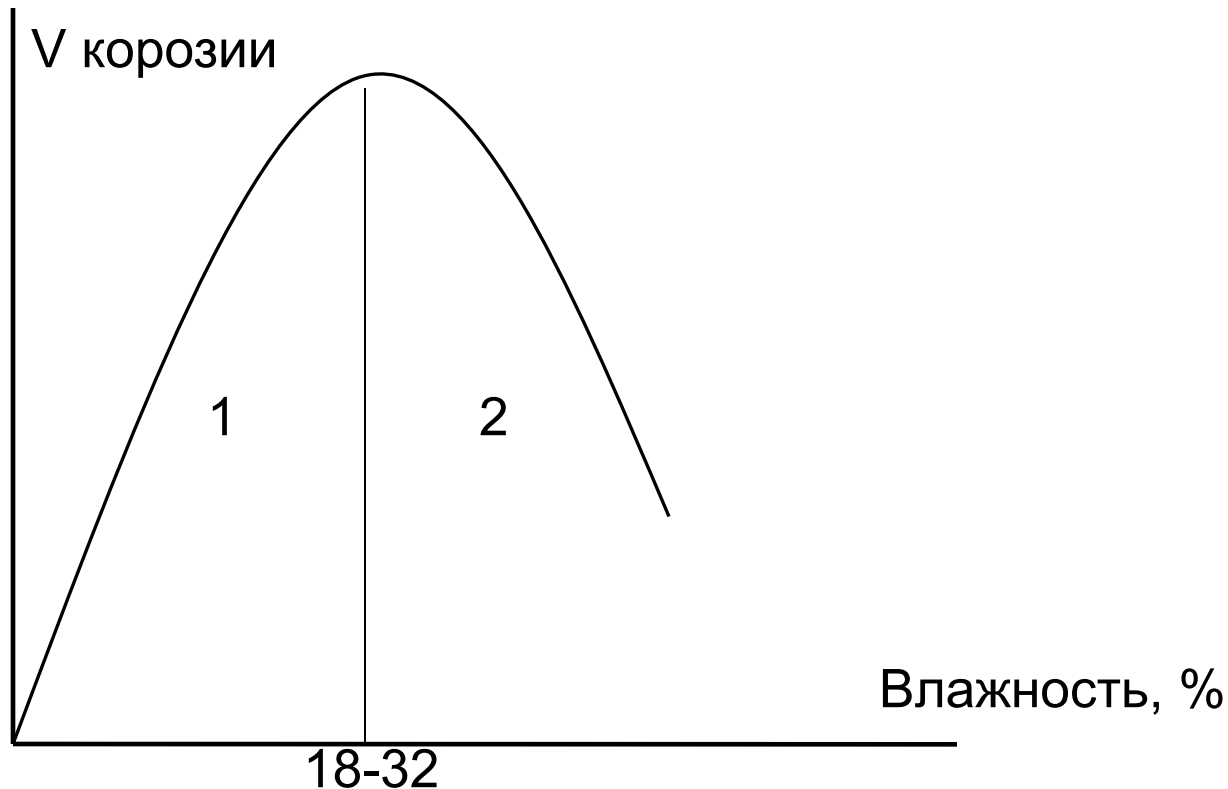




ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Влияние влажности грунта на скорость подземной коррозии

1. Увеличивается электропроводность
2. Затрудняется диффузия кислорода

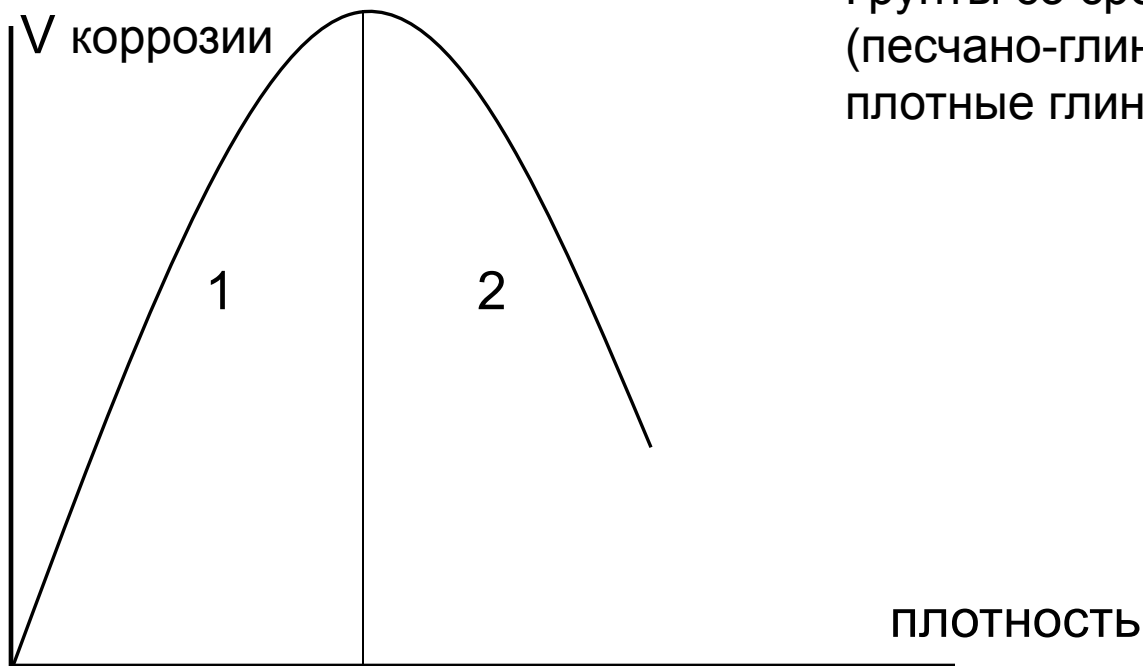




ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Влияние плотности грунта на скорость поземной коррозии

1. Повышается электропроводность
2. Затрудняется диффузия кислорода



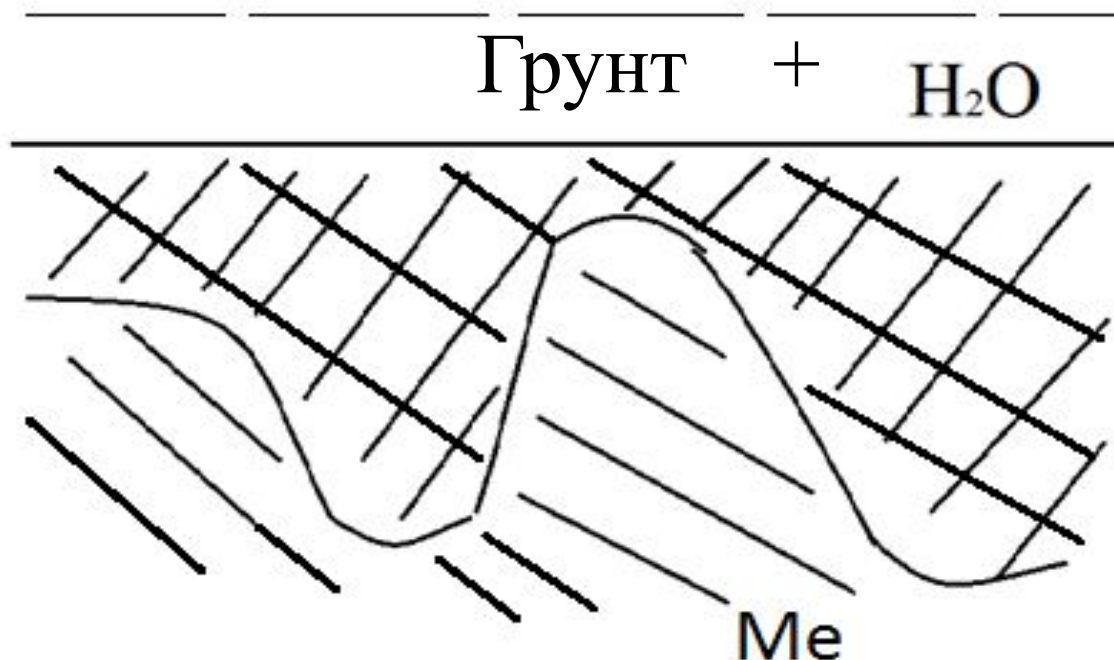
Грунты со средней плотностью  
(песчано-глинистые) опаснее, чем  
плотные глинистые.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Локальный характер подземной коррозии

- Характер подземной коррозии сходен с характером подводной коррозии: на фоне небольшой общей коррозии, наблюдается интенсивная локальная в виде язв и раковин.





## Влияние ионного состава грунта

- Солевой состав грунта в условиях подземной коррозии влияет точно также, как при подводной:
- $\text{Cl}^-$  ион увеличивает скорость локальной коррозии;
- $\text{SO}_4^{2-}$  ион увеличивает скорость и общей и локальной коррозии.
- Солончаковые грунты в связи с высоким солесодержанием коррозионно активны.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Гост 9.602-2005

# ГОСТ 9.602-2005 «Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии».

Коррозионная агрессивность грунта по отношению к углеродистым и низколегированным сталям определяется по величине удельного сопротивления.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Коррозионная агрессивность грунта ГОСТ

Коррозионная агрессивность	Удельное сопротивление грунта Ом·м
Низкая	>50
Средняя	20-50
Высокая	<20

ГОСТ даёт методику определения электропроводности грунта.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Особенности подземной коррозии

Подземная коррозия имеет некоторые особенности:

- 1) Часто усугубляется возникновением аэрационных пар.
- 2) Часто сопровождается биокоррозией.
- 3) Осложняется электрокоррозией (коррозией под действием блуждающих токов)



## Биокоррозия

Под землей (в грунте) могут присутствовать 2 вида бактерий:

- ❖ **Анаэробные:** в процессе своей жизнедеятельности выделяют кислород и сероводород ( $H_2S$ ), которые являются дополнительными окислителями и увеличивают скорость коррозии.
- ❖ **Аэробные:** выделяют серную кислоту, подкисляя грунт (дополнительный окислитель  $H^+$ ).
- ❖ В плане биологической коррозии опасны **болотные, торфяные, черноземные** грунты.





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Электрокоррозия

Коррозия под действием блуждающих  
ТОКОВ

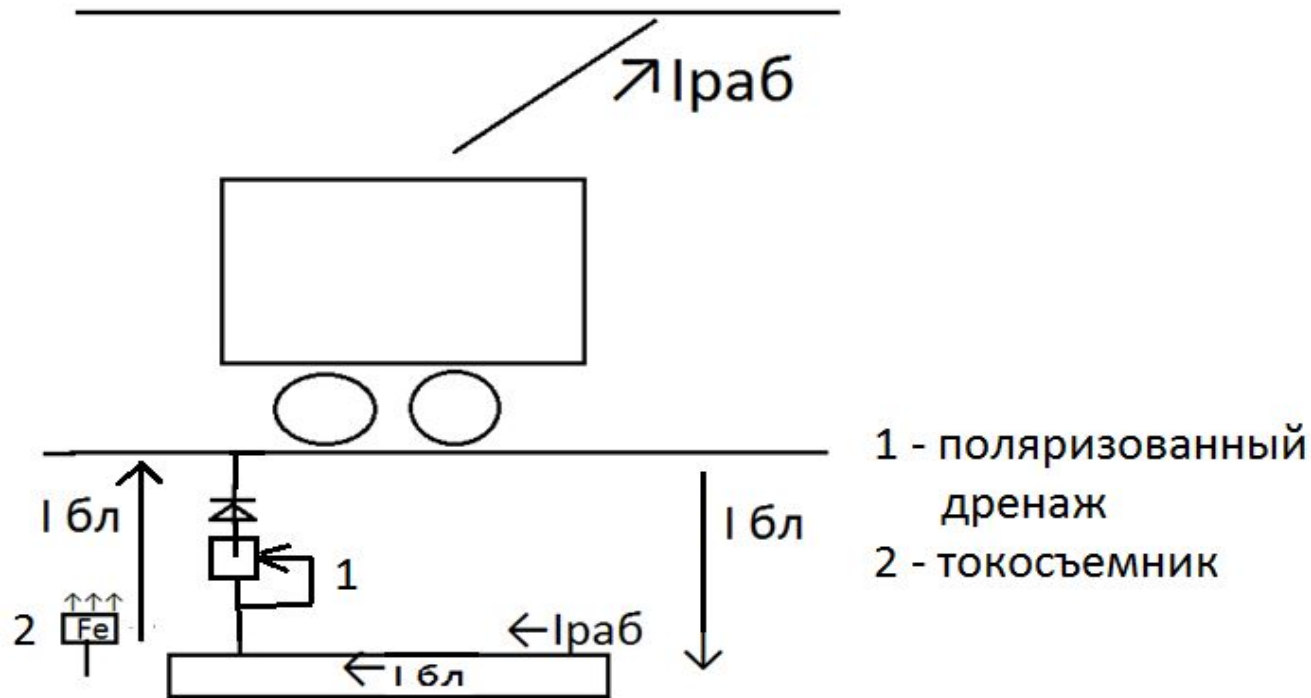
Причины появления блуждающих токов:  
утечки с линий электрофицированного  
транспорта, сварочные работы, утечки с  
цехов потребителей постоянного тока.

Ток может быть постоянного и  
переменного направления. Ток  
постоянного направления более опасен.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Электрокоррозия и защита от нее



Методы защиты от электрокоррозии:

повышение сопротивления цепи блуждающего тока (изоляционные покрытия, секционирование трубопровода).

Специальные приемы: дренаж, токосъемник



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Защита от подземной коррозии

- ❖ Выбор рациональной трассы прокладки трубопровода;
- ❖ Уменьшение агрессивности грунта (кислые грунты – известкование, кислые грунты и грунты с высоким содержанием солей -замена грунта);
- ❖ Защитные покрытия: мастичные (битумные), полимерные, комбинированные, прокладка в железобетонных коробах;
- ❖ Электрохимическая защита: катодная и протекторная.