

Минобрнауки России  
федеральное государственное бюджетное учреждение  
высшего образования  
«Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского»

# **Сравнение относительной эффективности предполагаемых ингибиторов коррозии методом гальванопары.**

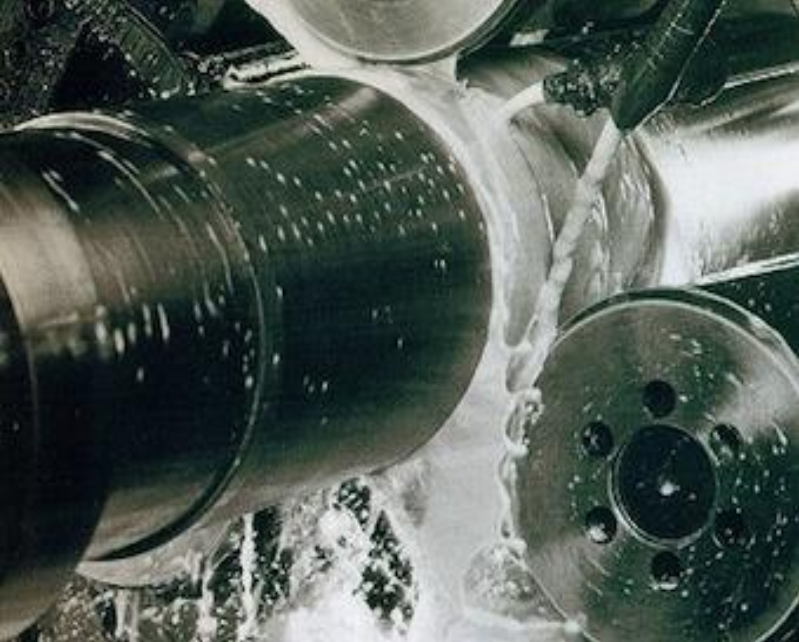
Выполнила: ст. гр. ХХБ-301-О Килина Н.С.  
Научный руководитель: к.т.н., проф. Мухин В.А



Металлы, сплавы являются основными современными конструкционными материалами.







Применение ингибиторов не требует принципиального изменения технологических схем, позволяет защищать изделия, находящиеся в эксплуатации длительное время.



# Цель:

С применением электрохимического датчика оценить эффективность композиций различных веществ в качестве ингибиторов для смазочно-охлаждающих жидкостей по отношению к разным электродам

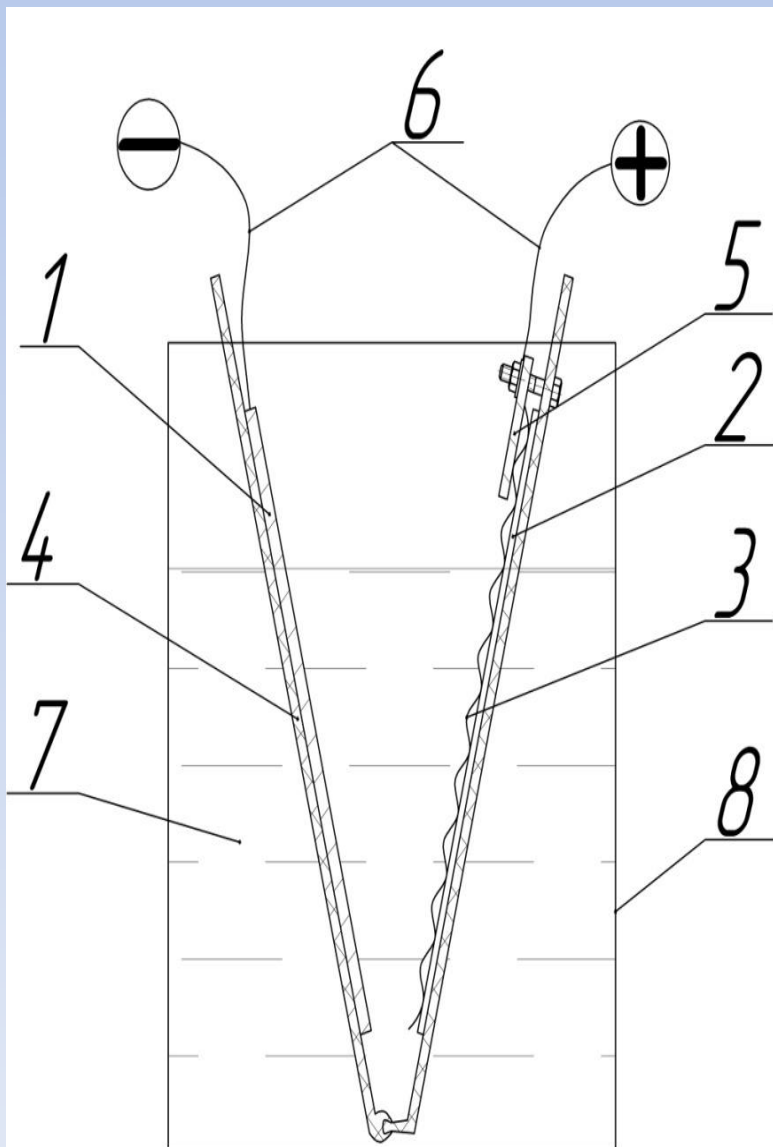


# Задачи:

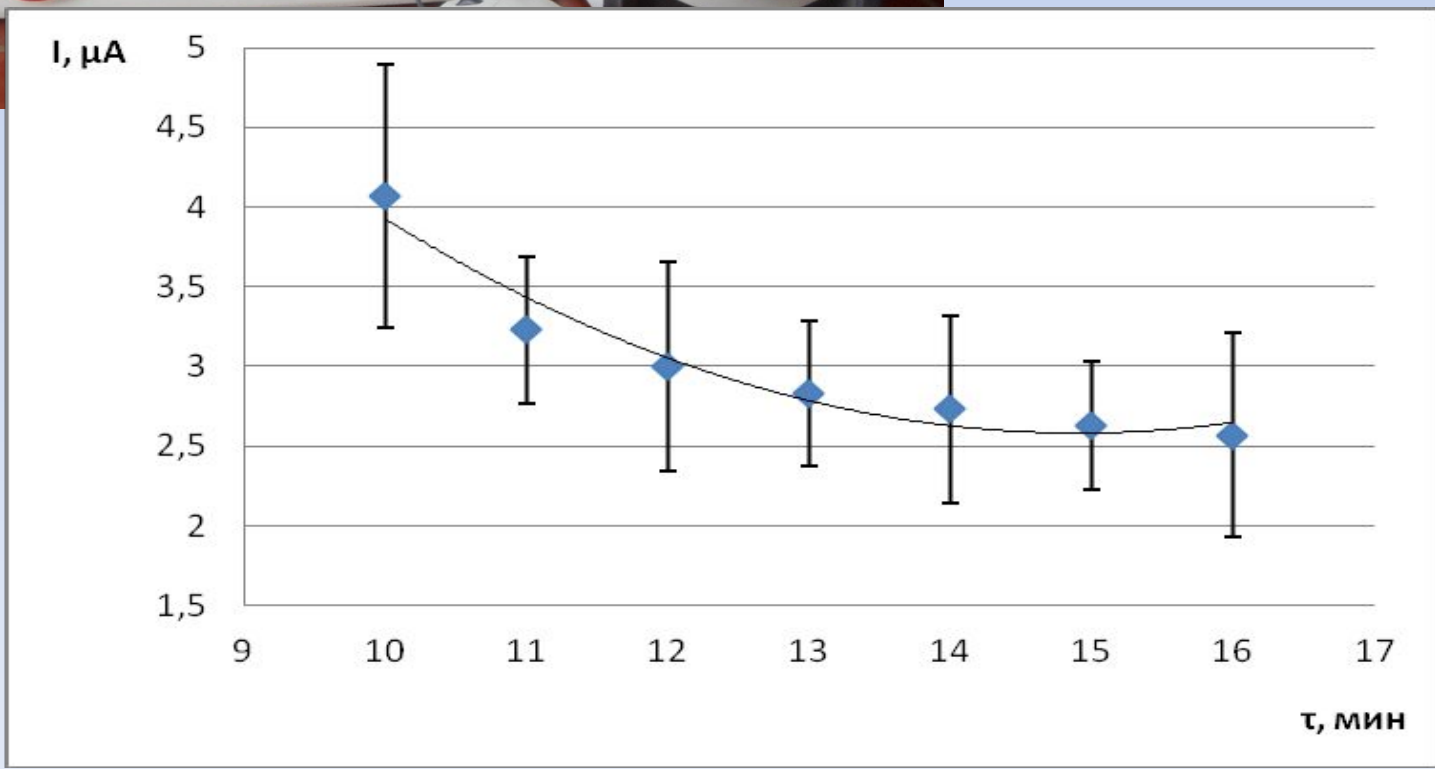
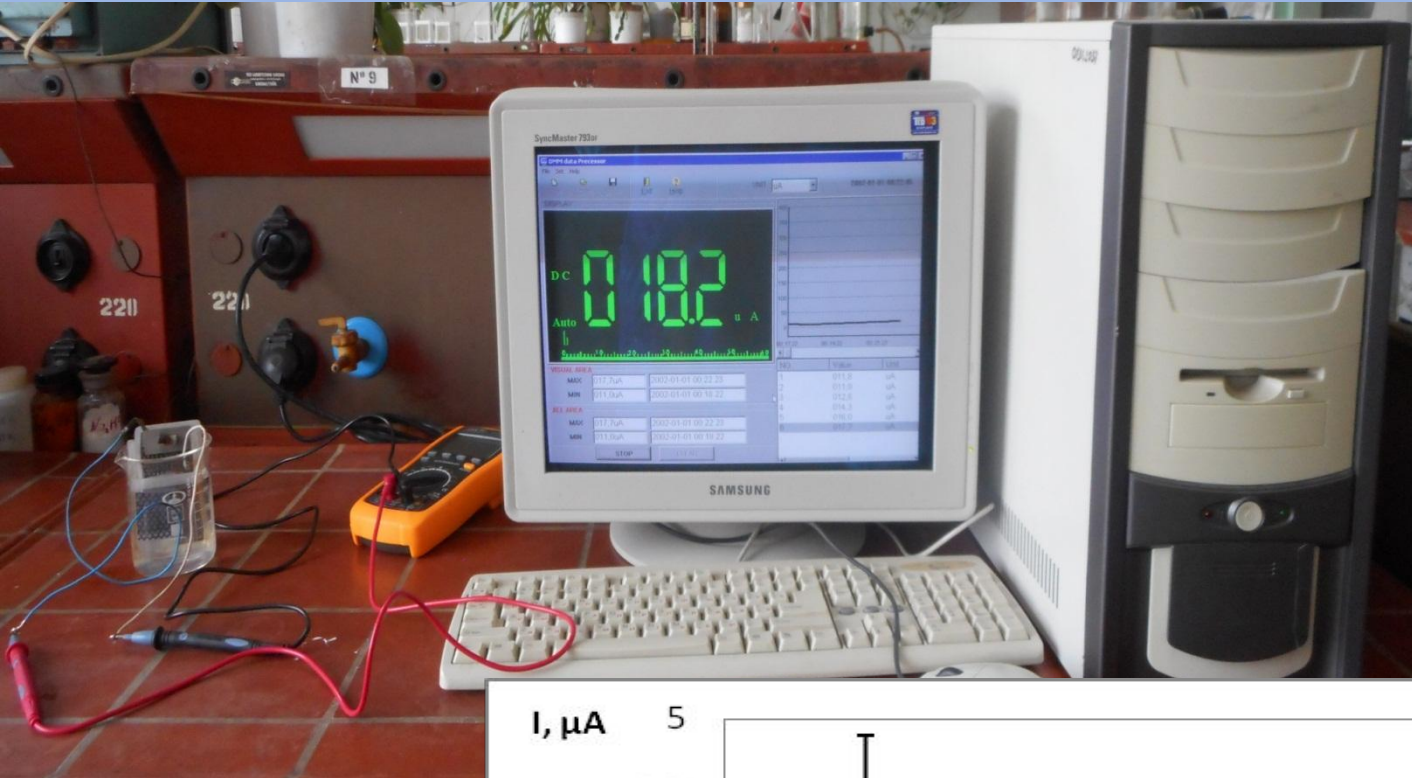
1. Сравнить относительную эффективность различных ингибиторов коррозии по отношению стали 10, чугуна СЧ 12-28 и меди М0 в конкретных условиях и средах;
2. Выяснить влияние концентрации на эффективность предложенных композиций;
3. Установить влияние бензотриазола на эффективность защиты исследуемых



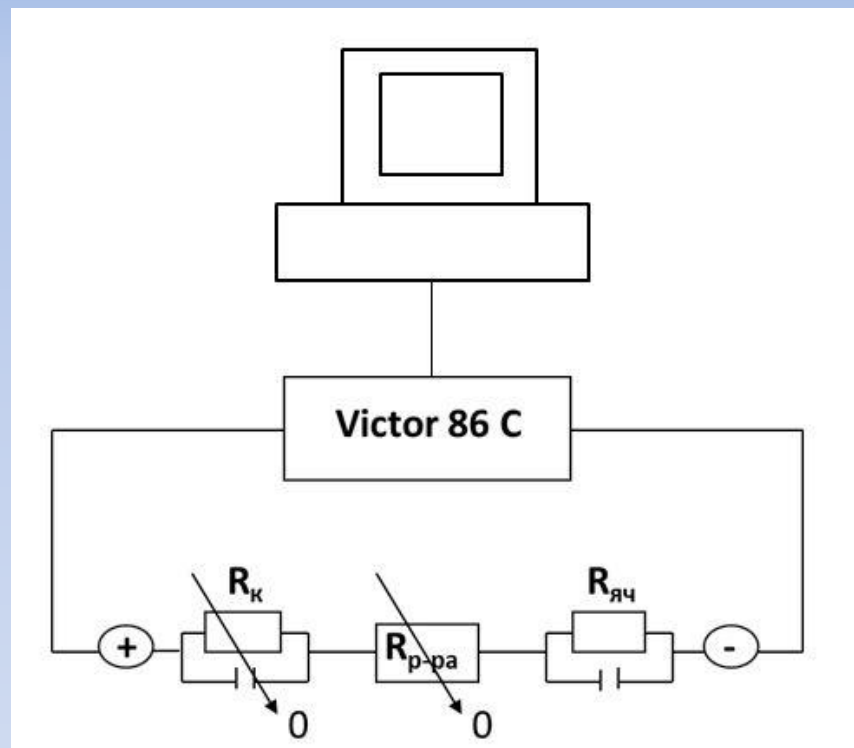
# Электрохимическая ячейка



1. Рабочий электрод (анод) с регулируемой площадью (2 - 25 см<sup>2</sup>), (сталь 10, чугун СЧ 12-28, медь М0).
2. Сетчатый катод (нержавеющая сталь или бусофит).
3. Сепаратор из инертного, непроводящего материала.
4. Фиксатор электродов, оргстекло.
5. Графитовый фиксатор электрода и сепаратора.
6. Токоотводы, изолированный медный многожильный провод.
7. Исследуемый раствор.
8. Корпус ячейки.



# Измерительная схема



$$R_{яч} = \frac{E}{I} \quad (1)$$

$$R_{p-ra} = \frac{L}{\alpha \cdot S} \quad (2)$$

$$R_{\Gamma} = S \cdot (R_{яч} - R_{p-ra} - R_{пр}), \text{ Ом} \cdot \text{см}^2 \quad (3)$$



Эффективность ингибиторов  
оценивается по коэффициенту  
торможения:

$$\gamma = \frac{R_{г \text{ с ингибитором}}}{R_{г \text{ без ингибитора}}}$$

$R_{г}$  – граничное  
сопротивление

# Величина R<sub>г</sub> в базовом растворе на разных сплавах

Базовый раствор	Электроды		
	Сталь 10	Чугун СЧ 12-28	Медь М0
	Среднее значение R <sub>г</sub>	Среднее значение R <sub>г</sub>	Среднее значение R <sub>г</sub>
0,04% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	24±4	7,1±0,1	1037±132

# Состав исследуемых композиций для стали 10 и чугуна СЧ 12-28

3% себаценовая к-та и 3% 2-этилгексановая к-та

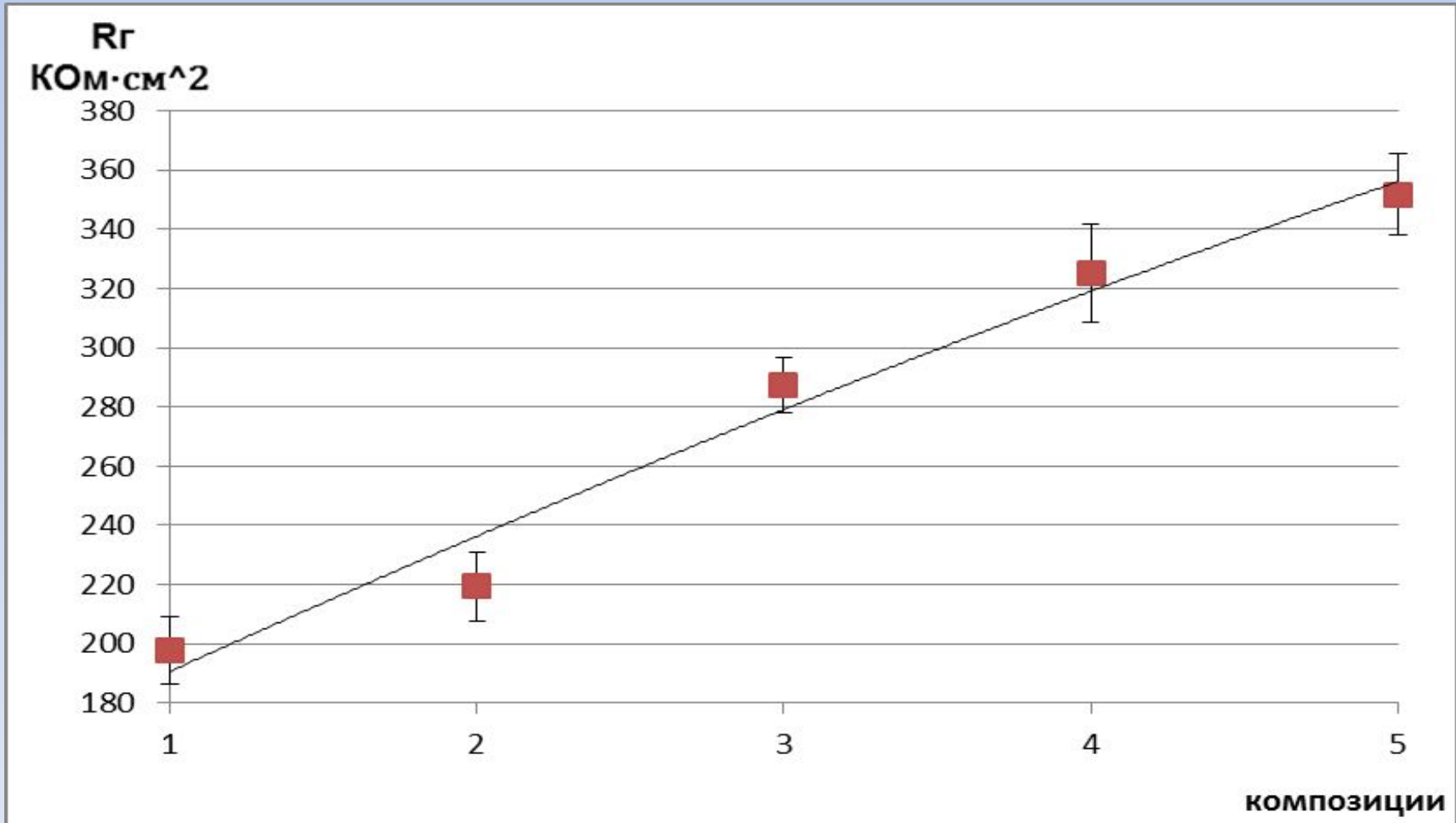
№ композиции	ТЭА	2-этилгексановая к-та: ТЭА, моль:моль
1	7,5	1:1
2	11	1:1,5
3	14,8	1:2
4	18,5	1:2,5
5	22,3	1:3



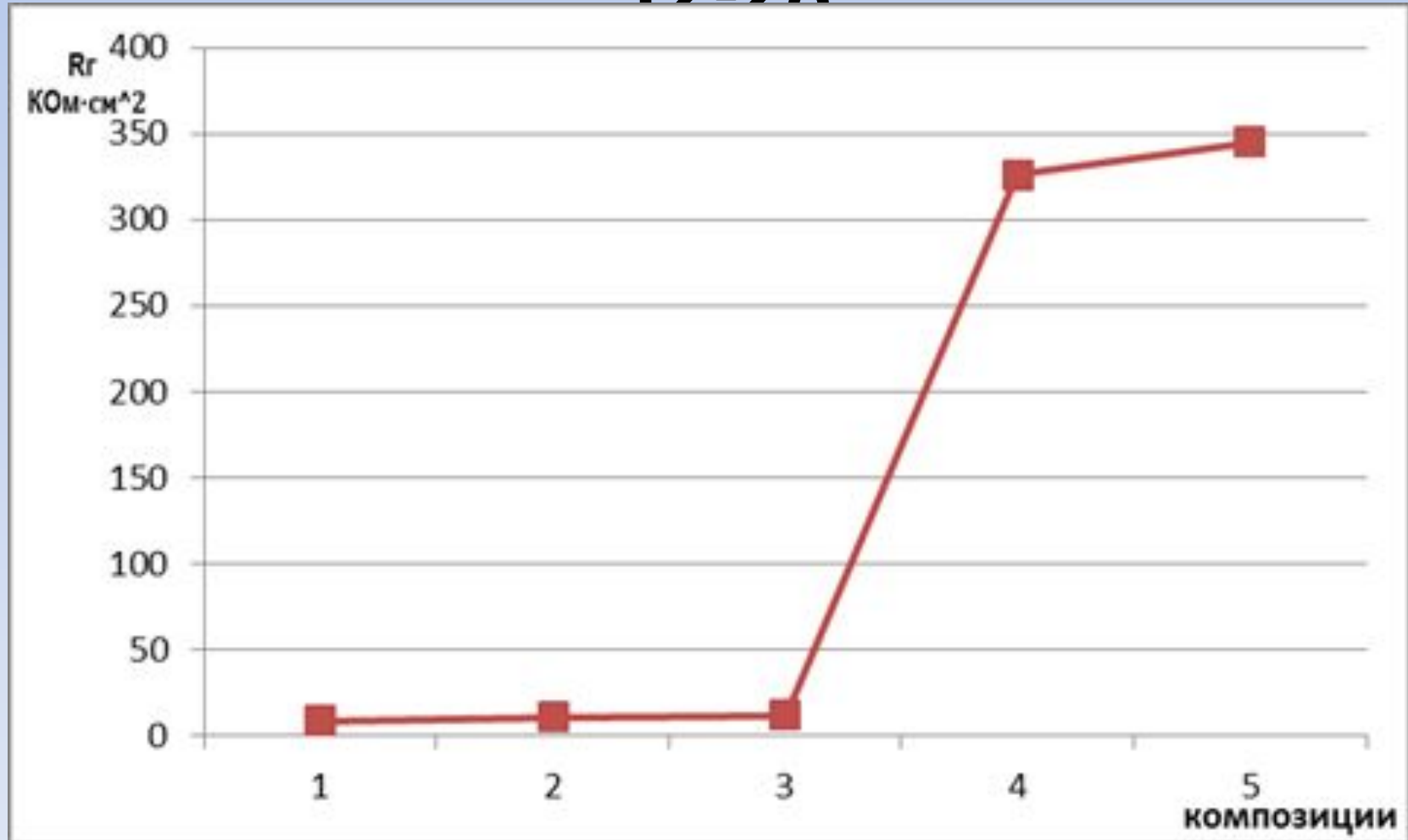
# Электропроводность и pH исследованных композиций.

№ композиции	$\kappa_{\text{cp}}$ мкСм/см		pH	
	1%	5%	1%	5%
1	445	1110	7,4	7,3
2	453	1239	7,5	7,7
3	482	1253	7,8	8,1
4	524	1280	8,1	8,3
5	525	1265	8,3	8,5

# Сравнение граничных сопротивлений для стали 10



# Сравнение граничных сопротивлений для чугуна СЧ 12-28





# Состав исследуемых композиций для меди Мо

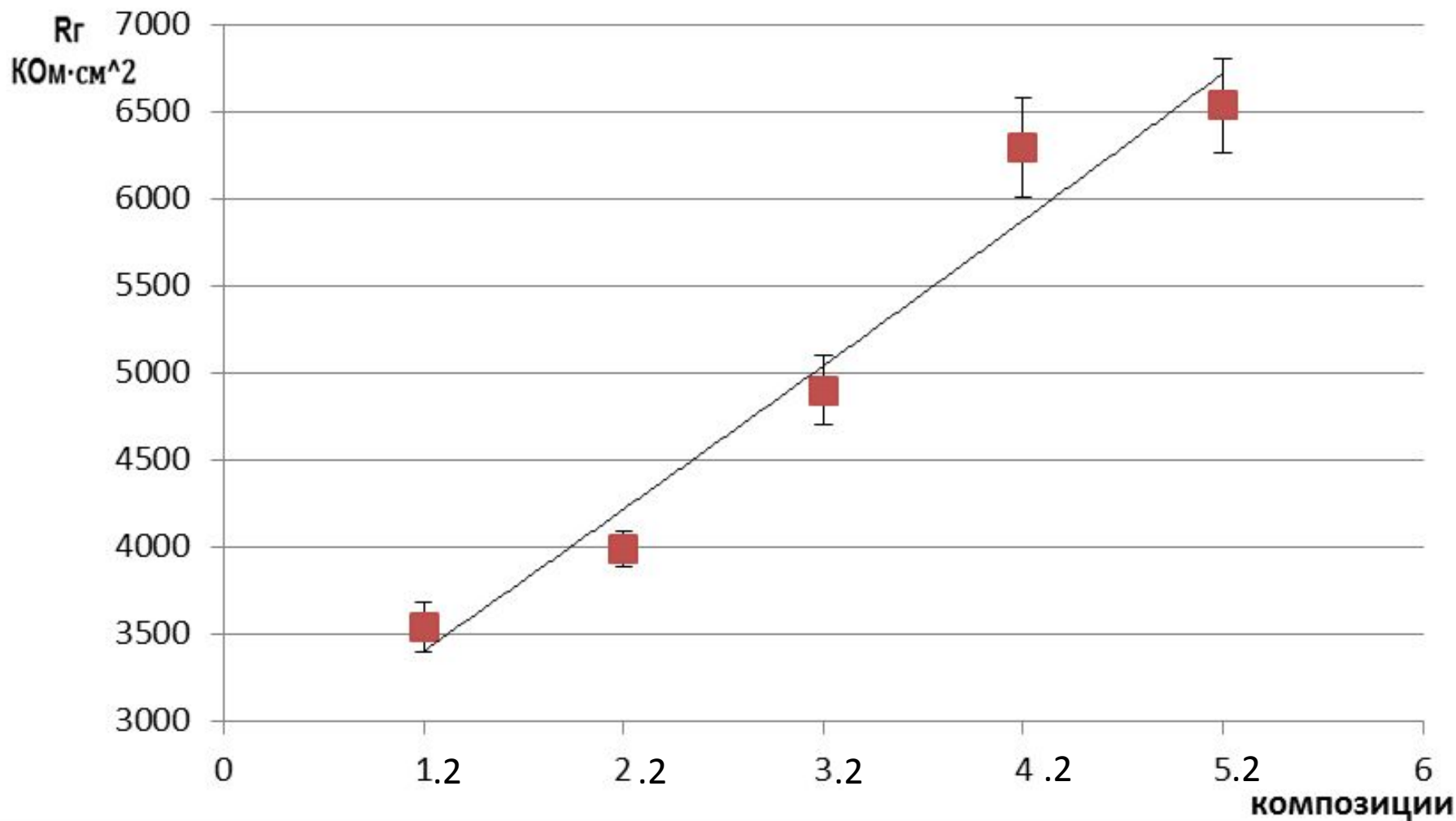
3% себациновая кислота, 3% 2-этилгексановая кислота и  
1% бензотриазол

№ композиции	ТЭА	2-этилгексановая к-та:ТЭА, МОЛЬ:МОЛЬ
1.2	7,5	1:1
2.2	11	1:1,5
3.2	14,8	1:2
4.2	18,5	1:2,5
5.2	22,3	1:3

# Электропроводность и pH исследованных композиций.

№ композиции	$\epsilon_{\text{ср}}$ мкСм/см		pH	
	1%	5%	1%	5%
1.2	487	1274	7,2	7,2
2.2	503	1324	7,8	7,9
3.2	504	1363	8,0	8,1
4.2	516	1412	8,3	8,4
5.2	533	1430	8,7	8,7

# Сравнение граничных сопротивлений для меди Mo.

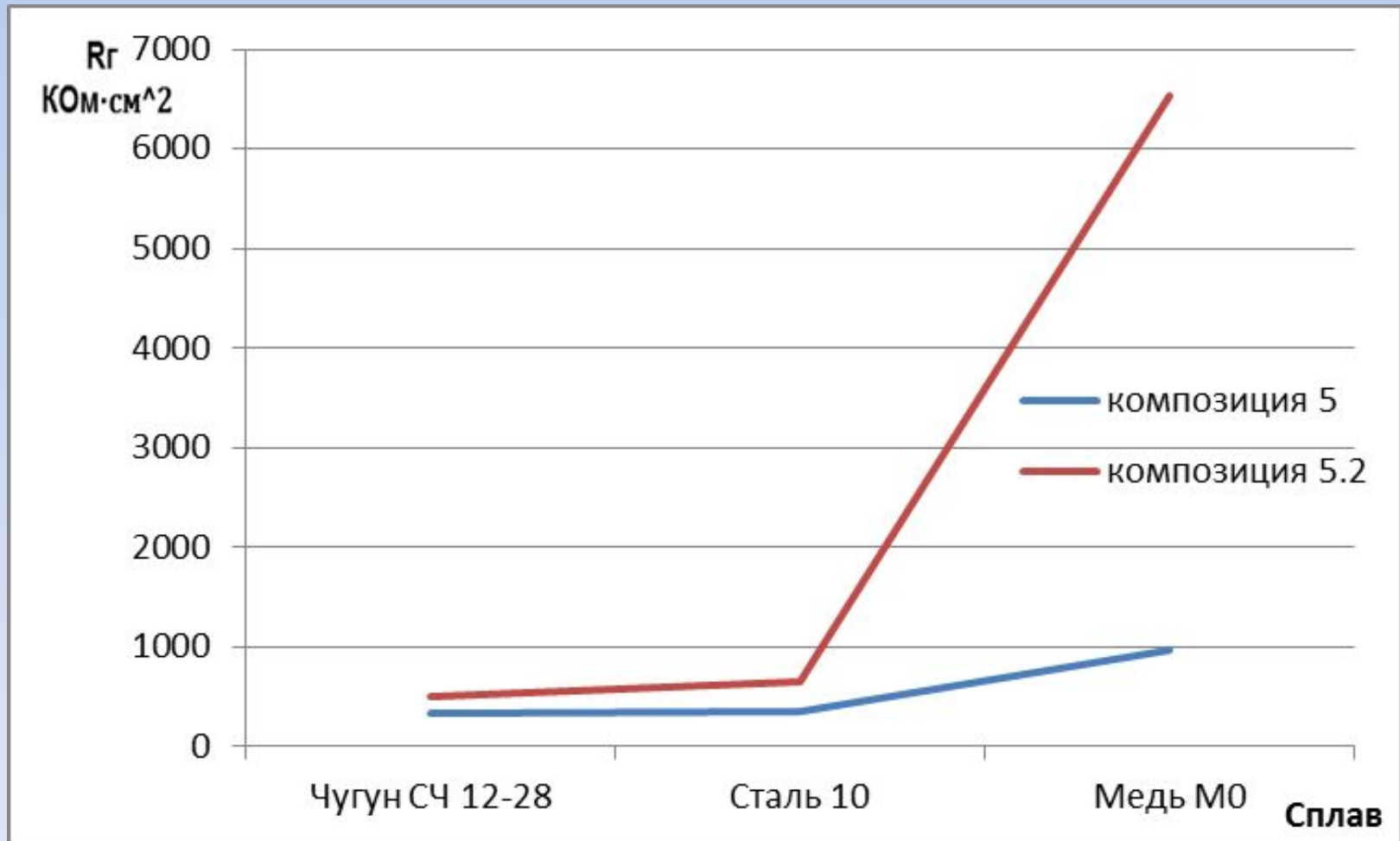




$$\gamma = \frac{R_{\Gamma} \text{ с ингибитором}}{R_{\Gamma} \text{ без ингибитора}}$$

Композиции	Сплав					
	Сталь 10		Чугун СЧ 12-28		Медь М0	
	1%	5%	1%	5%	1%	5%
5	14	14	3	47	0,2	1
5.2	15	17	5	56	5	6

# Зависимость граничного сопротивления в растворах композиций от сплава с 5% концентрацией



# Выводы

1. **Сталь 10.** Композиции 1-5 хорошо защищают сталь. Наилучший защитный эффект 5% концентрации у композиции 4 и 5. ( $R_g=352 \text{ КОм}\cdot\text{см}^2$ ).
2. **Чугун СЧ 12-28.** 1% растворы всех композиций слабо защищают чугун, в среднем в 15 раз хуже, чем сталь. При концентрации 5% так же слабо влияют композиции 1-3, а вот композиции 4 и 5 защищают чугун так же эффективно как и сталь ( $R_g= 321-329 \text{ КОм}\cdot\text{см}^2$ ).

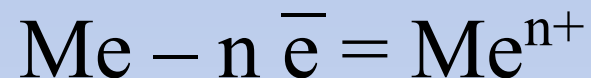
# Выводы

3. **Медь М0:** Бензотриазол дает наибольший эффект для меди в композициях 4.2 или 5.2 с 5% концентрацией. На сталь 10 и чугун СЧ 12-28 положительное влияние бензотриазола незначительно.

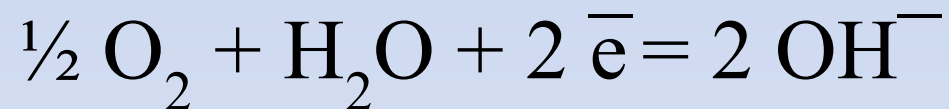
4. Для комплексной защиты станков и обрабатываемых деталей можно рекомендовать композиции 4.2 или 5.2 с 5% концентрацией, обеспечивающие максимальный эффект.

**Спасибо за  
внимание!**

Анодный процесс:



Катодный процесс:





# Сталь 10

Химический состав в % материала 10 (ГОСТ 1050-88).

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0,07- 0,14	0,17- 0,37	0,35- 0,65	$\leq 0,3$	$\leq 0,04$	$\leq 0,03$ 5	$\leq 0,15$	$\leq 0,3$	$\leq 0,08$

Содержит Fe ~  
98%

# Чугун СЧ 12-28

Химический состав в % материала СЧ 12-28.

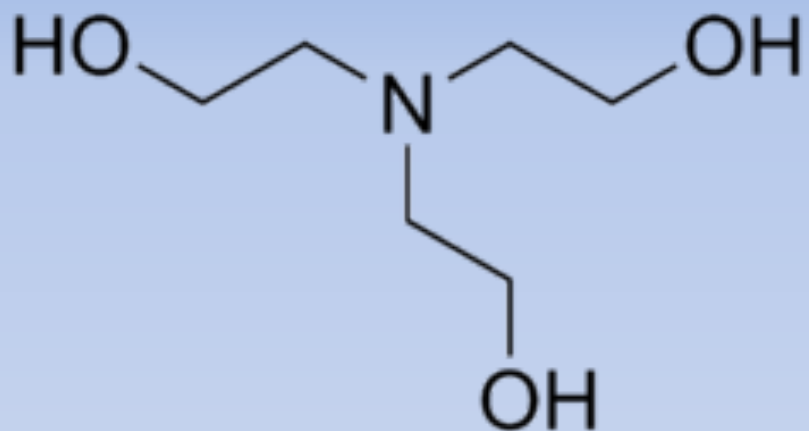
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
2,3-3,5	2,2-2,5	≤1	≤0,3	≤0,15	≤0,15	≤0,5

# Медь М0

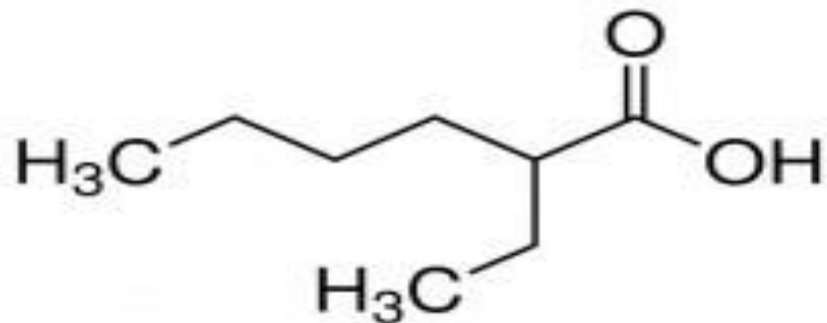
Химический состав в % материала М0.

Bi	Fe	Ni, Sb	Zn, S, Pb	Sn, As	O
$\leq 0,0005$	$\leq 0,004$	$\leq 0,002$	$\leq 0,003$	$\leq 0,001$	$\leq 0,04$

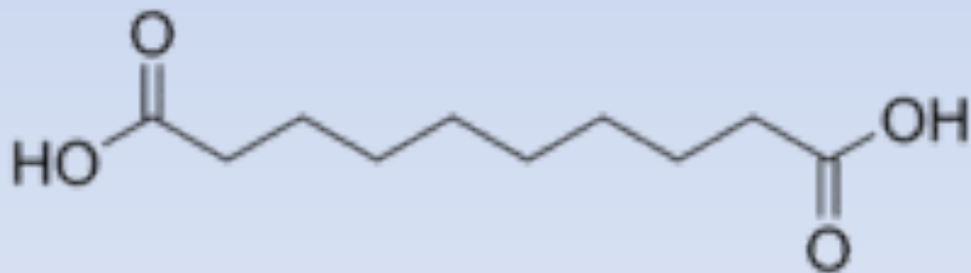
Содержание меди  
99,95%



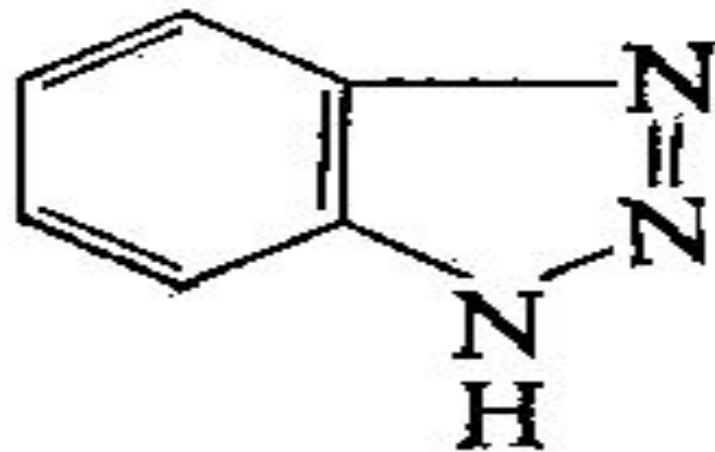
Триэтаноламин



2-этилгексановая



Себациновая кислота



Бензотриазо

# Пример расчета для композиции 1 (5%)

$$R_{\text{яч}} = 66,4 \text{ кОм}$$

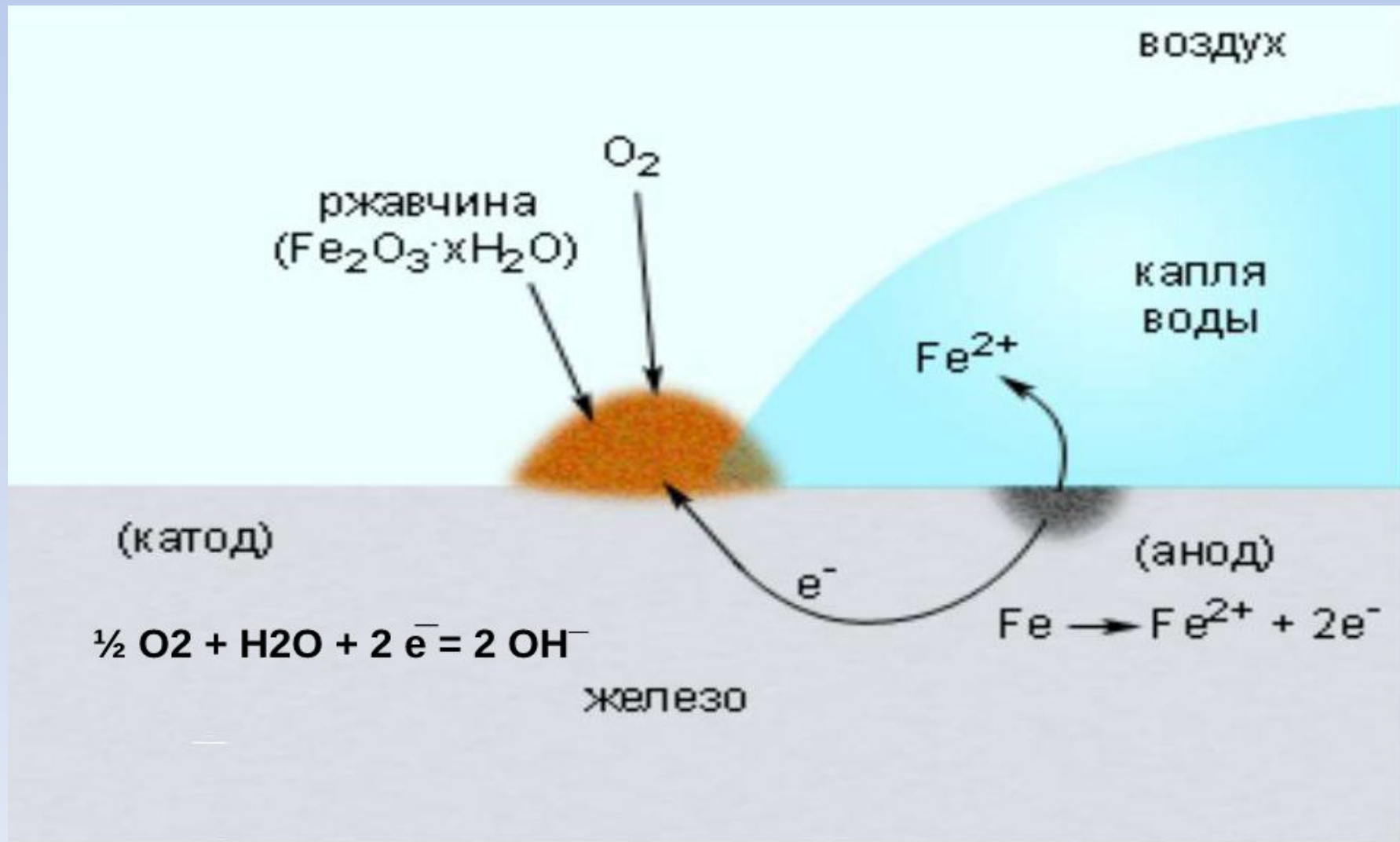
$$S_{\text{электрода}} = 5 \text{ см}^2, \quad L = 0,2 \text{ см}, \quad \kappa = 1110 \text{ }\mu\text{S/см}$$

$$R_{\text{р-ра}} = 0,2 / 1110 \cdot 10^{-6} \cdot 5 = 36 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{пр}} = 52 \text{ Ом}$$

$$R_{\Gamma} = 5 \cdot (66,4 \cdot 10^3 - 36 - 52) = 181 \text{ кОм} \cdot \text{см}^2$$

# Механизм электрохимической коррозии





# Сравнение электрохимических параметров стали 10

№ <sub>КОМПОЗИЦИИ</sub>	$R_T$ , Ком · см <sup>2</sup>	Среднее значение $R_T$	$\gamma$
1	180,6	197,7±11,4	8
	215,6		
	196,6		
2	253,6	219,4±11,6	8,9
	202,6		
	202,1		
3	273,6	287,4±9,2	11,6
	283,1		
	305,6		
4	340,1	325,1±16,7	13,2
	335,1		
	300,1		
5	331,6	351,8±13,8	14,2
	392,6		
	331,1		

**Сравнение влияния на величину R<sub>г</sub> для разных электродов и концентраций наиболее эффективных композиций без бензотриазола (композиция 5) и в присутствии бензотриазола (композиция 5.2).**

Электроды	5%	
	Среднее значение R <sub>г</sub>	
	5 композиция	5.2 композиция
Сталь 10	351,8±14	438,1±4
Чугун СЧ 12-28	338,6±14	403,7±1,6
Медь М0	976,6±23,4	6536,3±271,1

