



ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Ф.М. Достоевского

# Selection of corrosion inhibitors for steam boiler equipment

**O.A. Golovanova**

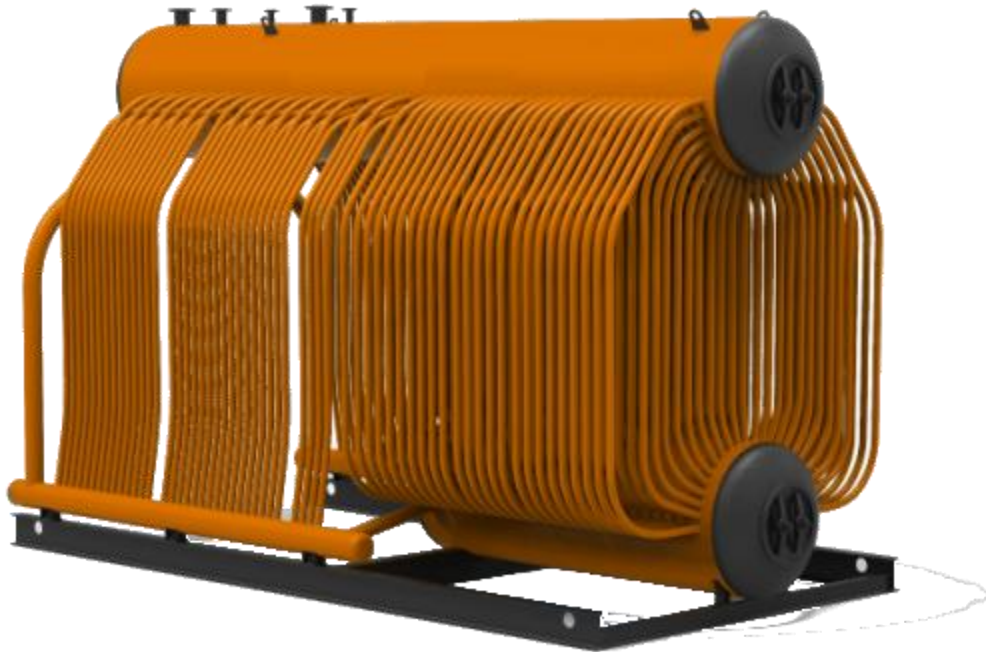


*III Международная научная конференция «Устойчивое и эффективное  
использование энергии, воды и природных ресурсов»*

*19-24 апреля 2021 г. Санкт-Петербург*

# Relevance

Violations of the introductory chemical regime always lead to a deterioration in operating conditions and lead to excessive fuel consumption, equipment failure



To study the processes of corrosion of steel BCт3cn in water environments of thermal power plants and to establish the optimal modes of operation of the equipment.

## **TASKS:**

- 1. Determine the corrosion rate of steel when changing the experimental conditions:- operating time, indicators of the aquatic environment.
- 2. Investigate the effect of a number of inhibitors on the corrosion rate of steel.
- 3. Suggest optimal conditions for equipment operation.

# Experimental technique

Steel	Chemical composition, %								
	C	Mn	Si	P, Not more	S, Not more	Cr, Not more	Ni, Not more	Cu, Not more	As, Not more
BCТ3сп	0,14- 0,22	0,40- 0,65	0,12- 0,30	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08



# Experimental technique

General corrosion rate of an individual plate mm / year

$$I = \frac{47000 (g_1 - g_2)}{T \cdot S}$$

Calculation of the degree of protection of the inhibitor

$$Z = [(K_1 - K_2) / K_1] \cdot 100, \%$$

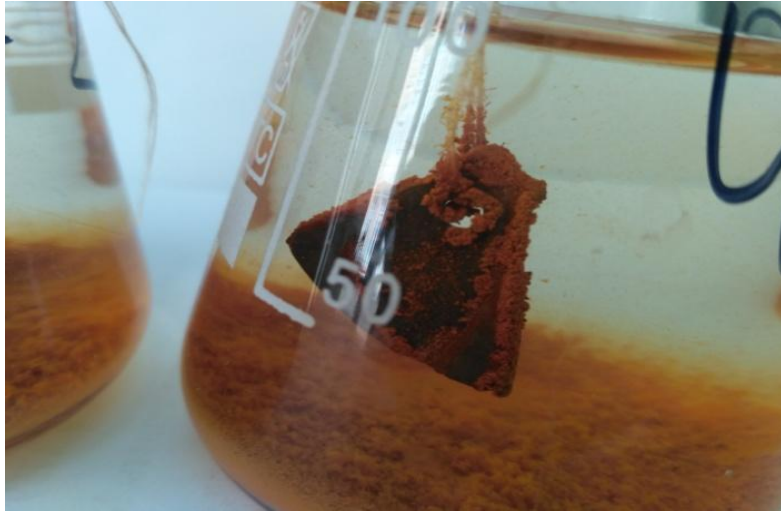
# Experimental technique

RD 153-34.1-17.465-00 «*Methodological guidelines for assessing the intensity of internal corrosion processes in heating networks*»

<b>Corrosion rate of indicators, mm / year</b>	<b>Aggressiveness of network water</b>
0-0,03	Low
0,031-0,085	Permissible
0,0851-0,2	High
More 0,2	Emergency

# Experiment - untreated water

After 20 days :



After 28 days :



After 62 days

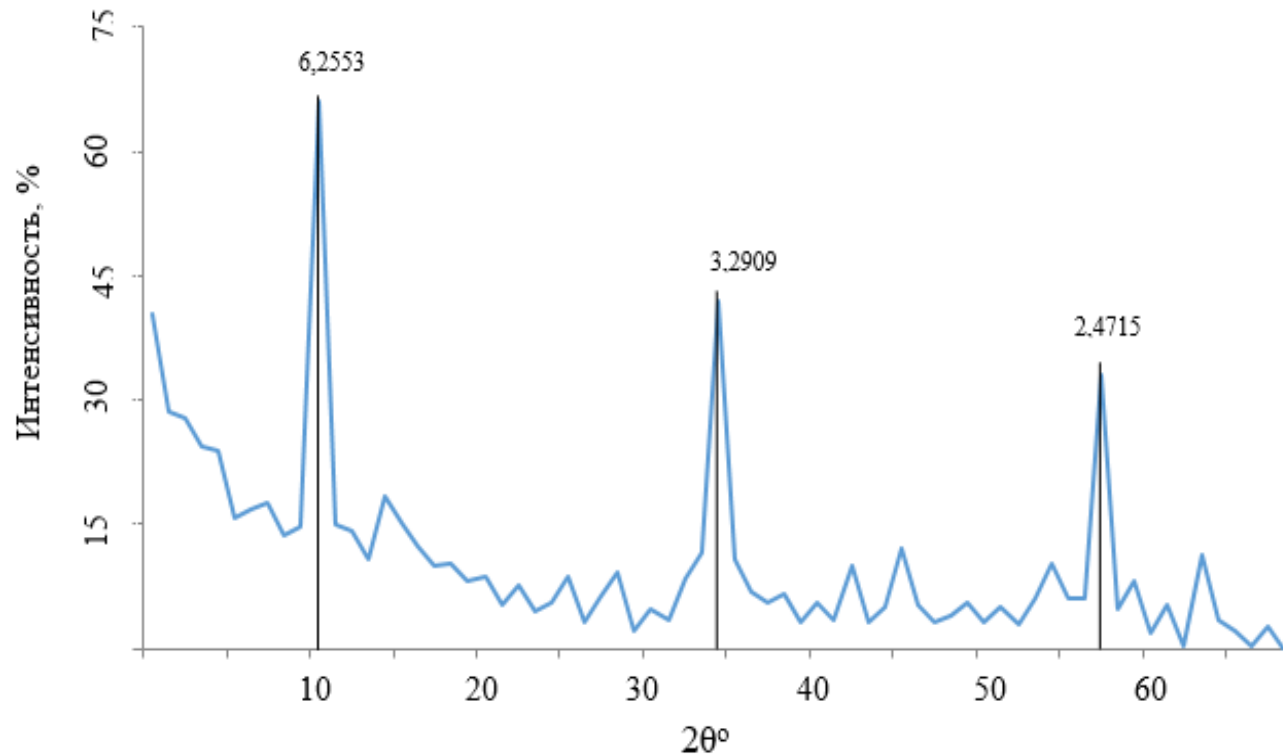


After 72 days



# XRF results of solid precipitate

The XRD measurements of the precipitation were carried out on an X-ray tube diffractometer DRON-3. The recording of diffraction patterns was carried out at intervals of 10-80° Breg angles of weighing the reflection by  $2\Theta$ .





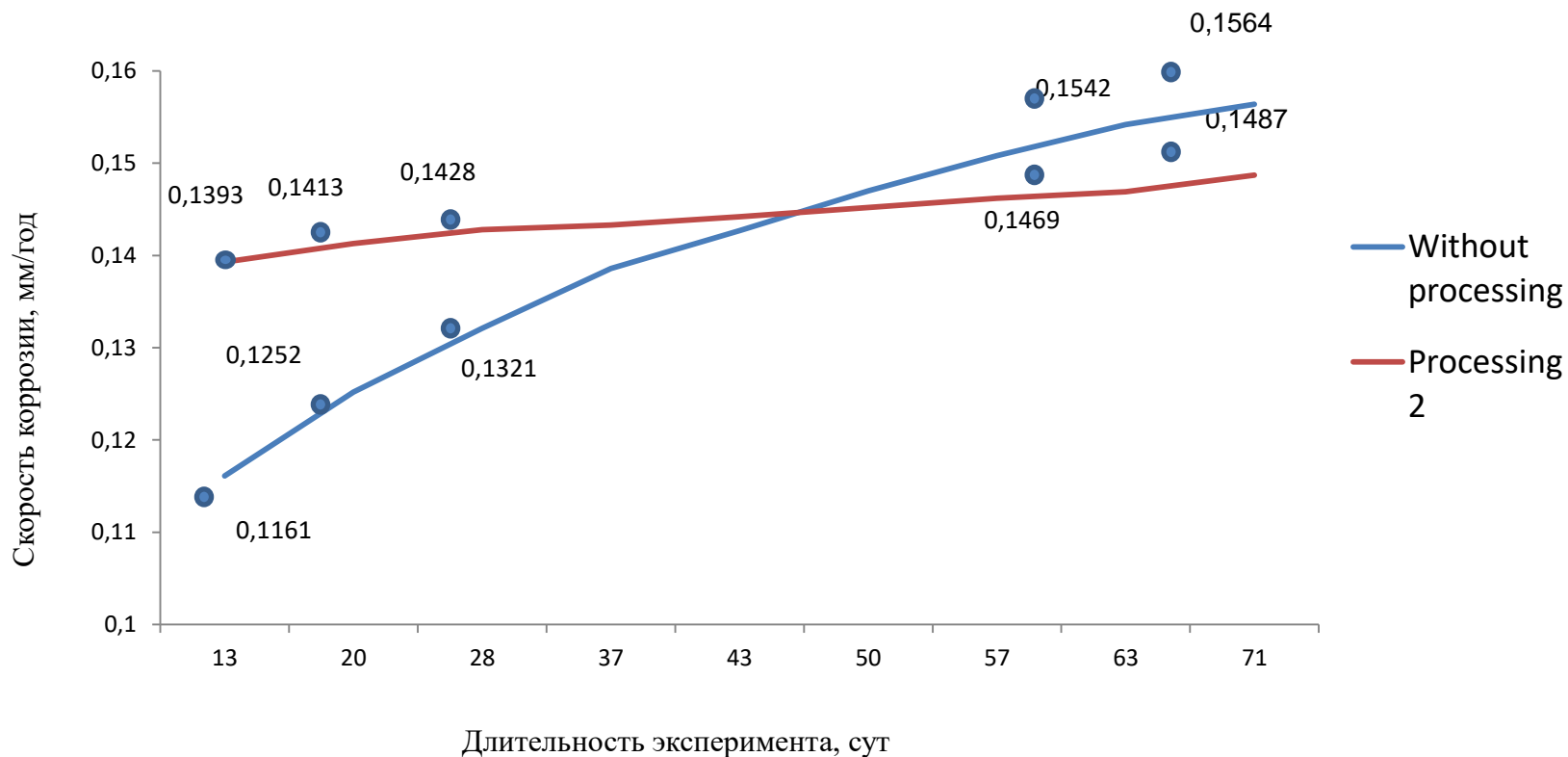
# Results for 1 experiment

<b>№ samples</b>	<b>Change in the mass (m), g</b>	<b>Duration), day</b>	<b>Plate surface area(S), mm<sup>2</sup></b>	<b>Corrosion rate, mm\year</b>
<b>Гр.1</b>	0,0089	<b>13</b>	250	0,112
	0,0176		369	0,149
	0,0158		437	0,113
<b>Гр.2</b>	0,0259	<b>20</b>	391	0,144
	0,0223		483	0,987
	0,0249		495	0,107
<b>Гр.3</b>	0,0163	<b>28</b>	192	0,138
	0,0205		270	0,123
	0,0226		280	0,131
<b>Гр.4</b>	0,0429	<b>37</b>	423	0,129
	0,1517		429	0,121
	0,0382		316	0,155
<b>Гр.5</b>	0,0476	<b>43</b>	344	0,151
	0,0470		372	0,138
	0,0467		302	0,133
<b>Гр.6</b>	0,0358	<b>50</b>	211	0,159
	0,0497		345	0,135
	0,0504		363	0,131
<b>Гр.7</b>	0,0509	<b>57</b>	223	0,188
	0,0574		275	0,172
	0,0289		149	0,160
<b>Гр.8</b>	0,0782	<b>62</b>	421	0,136
	0,0852		475	0,132
	0,0794		412	0,142
<b>Гр.9</b>	0,0823	<b>72</b>	348	0,157
	0,0633		242	0,182
	0,0807		322	0,166

# Experiment - treated water

Pretreated water, this water is used for the operation of steam boiler houses by the absolute majority of enterprises

Indicators	Without processing	Processed
General hardness meq / dm <sup>3</sup>	2,18	0,01
Dissolved oxygen content, mkg/dm <sup>3</sup>	>100	<10



# Experiment - inhibitors

## «Эктоскейл-820»

Компоненты	Содержание, %	ПДК р.з., мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	CAS	EC
Нитрилотрис (метилен) трифосфонат пентанатрия	<20	2 (по НТФК)	3	40372-66-5	218-791-8
2-фосфонобутан-1,2,4 трикарбоновая кислота тетранатриевая соль	<25	10 (полифосфаты)	4	40372-66-5	254-894-4
диНатрий метасиликат (по силикатсодержащей пыли)	<3	6/2	3	6834-92-0	229-912-9
Полимер (Z)-2-бутендиновой кислоты	<3	10	3	26099-09-2	Нет
Вода	<65	Не установлена	Нет	7732-18-5	231-791-2

***Specialized inhibitors for heating equipment***

## «Гилуфер-420»

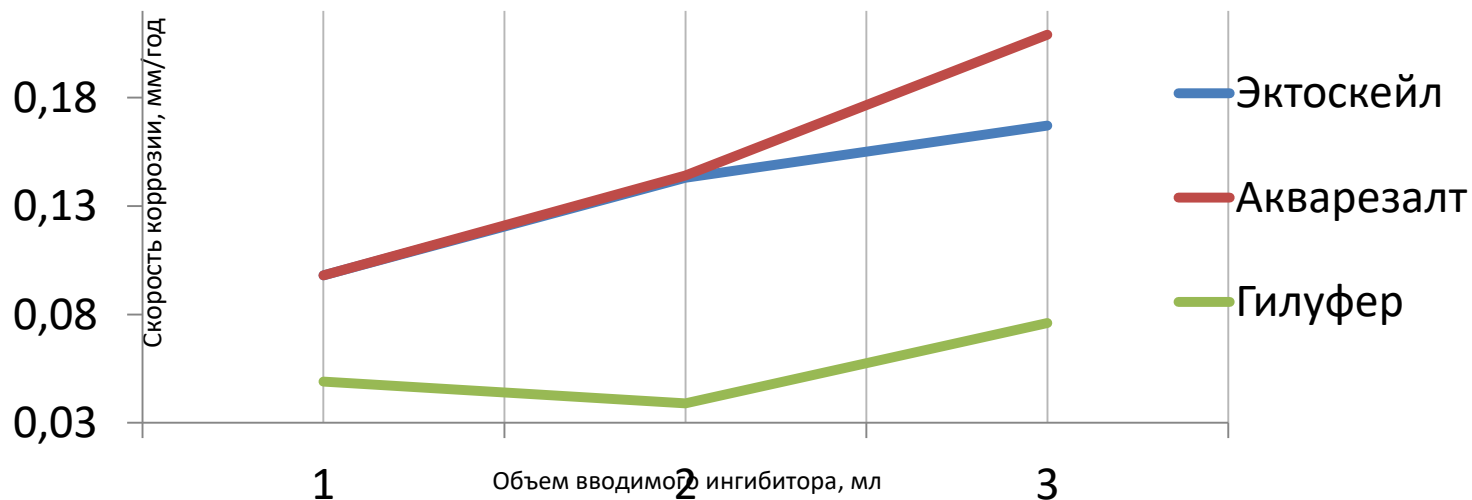
<b>Вещество</b>	<b>фосфонаты и поликарбоксилаты</b>
<b>Вид</b>	прозрачная жидкость
<b>Растворимость</b>	в любом соотношении с водой
<b>РН</b>	ок. 7-8
<b>Вязкость (20 гр. С)</b>	менее 50 мПас
<b>Плотность (20 гр.С)</b>	ок. 1,2-1,3 г/см <sup>3</sup>
<b>Температура застывания</b>	- 15 град. С
<b>Содержание Р</b>	ок. 2,2 % Р или 6,7 % PO <sub>4</sub> ; иои 5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>

## «Акварезалт-1040»

Компоненты (наименование, номера CAS и EC)	Массовая доля, %	ПДК <sub>р.з.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Нейтрализованные фосфонокарбоксильные кислоты (и их производные в пересчёте на PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) по - триполифосфату натрия, CAS № 7758-29-4, EC № 231-838-7	до 50	не установлена	нет
Кислота полиэпоксиянтарная, CAS № 51274-37-4	2...20	не установлена	нет
Вода, № CAS 7732-18-5, EC № 231-791-2	до 50	не установлены	

# Experiment - inhibitors

Inhibitor name	Corrosion rate(P), mm / year	Protection degree (Z),%	Aggressiveness of network water
Эктоскейл-820	$0,098 \pm 0,0371$	25,813	High
	$0,143 \pm 0,042$	-	
	$0,167 \pm 0,01$	-	
Акварезалт-1040	$0,098 \pm 0,0357$	25,813	High
	$0,144 \pm 0,0798$	-	Emergency
	$0,209 \pm 0,028$	-	
Гилуфер-420	$0,049 \pm 0,0533$	62,907	Permissible
	<b><math>0,039 \pm 0,0514</math></b>	<b>70,477</b>	
	$0,076 \pm 0,0884$	42,467	



# Experiment - inhibitors

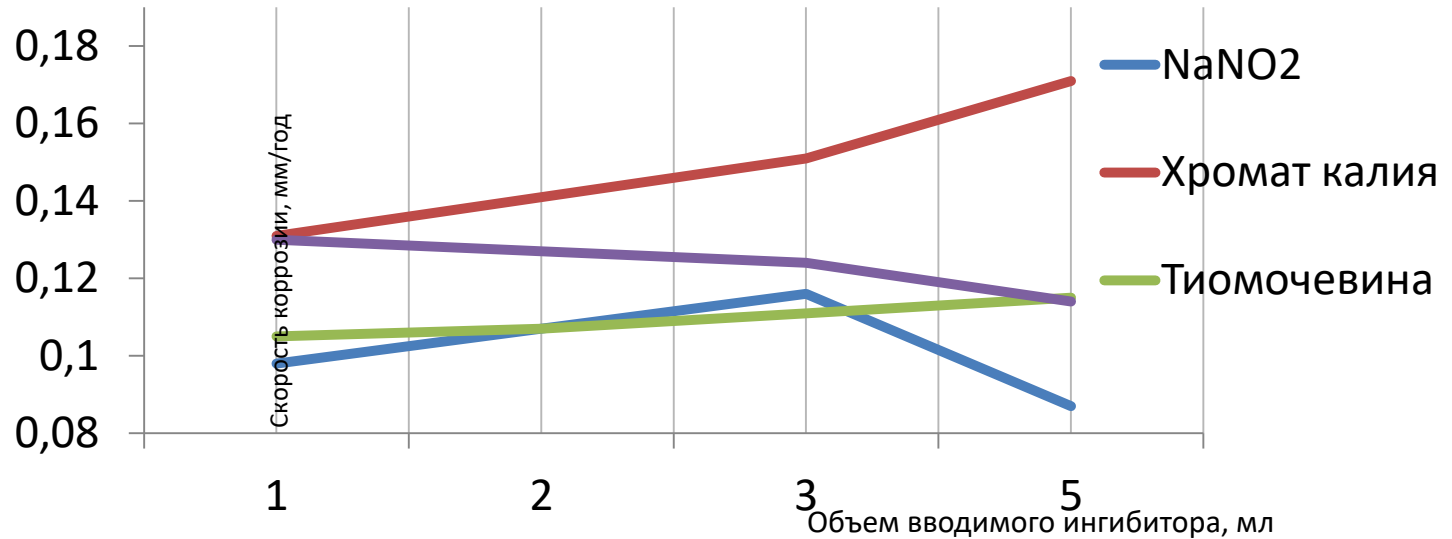
## Inhibitors

NaNO2

K2CrO4»

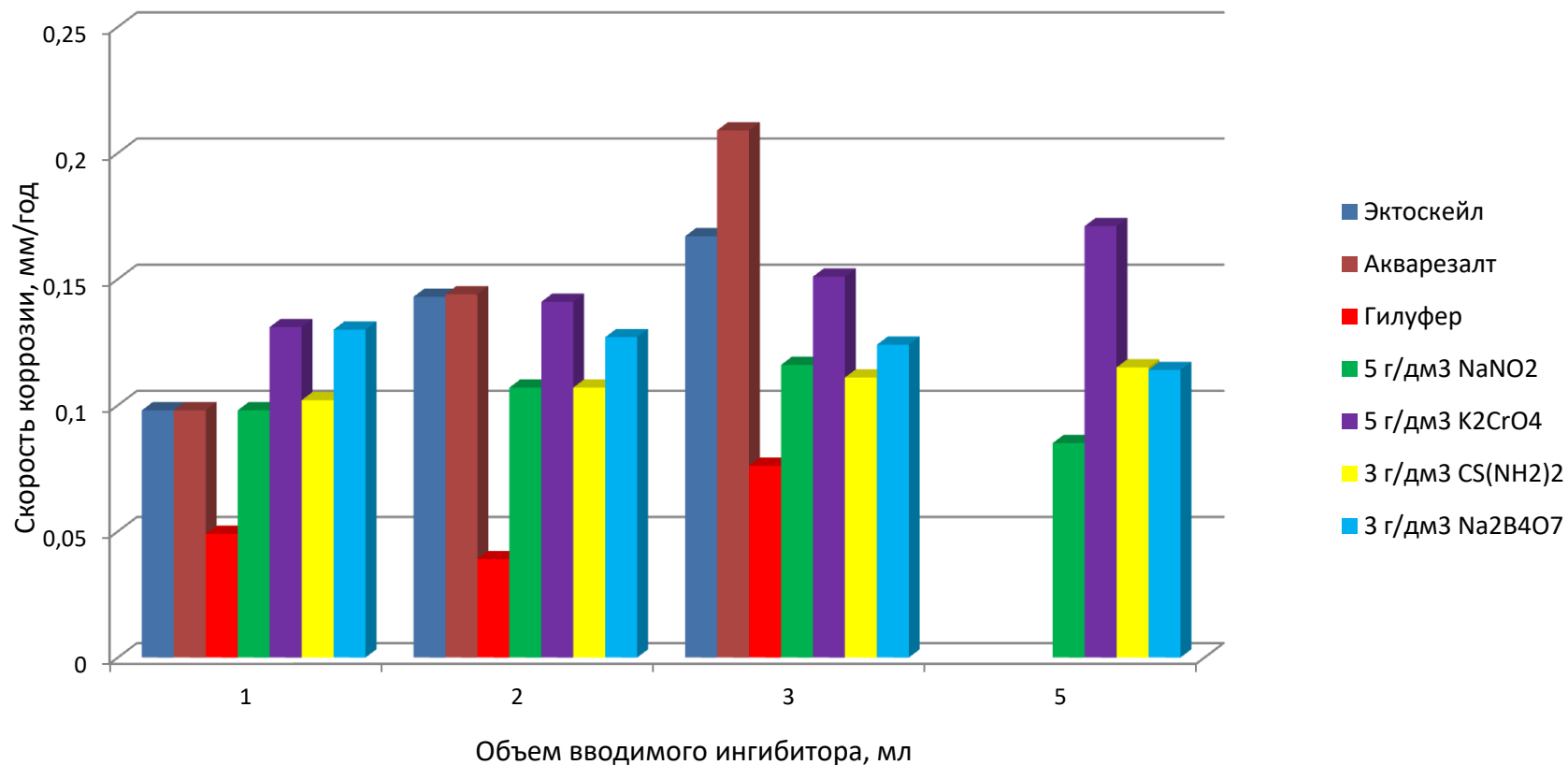
CS(NH2)2

Na2B4O7



Inhibitors	Corrosion rate(P), mm / year	Protection degree (Z),%	Aggressiveness of network water
<b>NaNO<sub>2</sub></b>	0,098 ± 0,01	25,813	High
	0,116 ± 0,014	14,458	
	<b>0,085 ± 0,0098</b>	<b>35,654</b>	<b>Permissible</b>
<b>K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub></b>	0,131 ± 0,0221	0,832	High
	0,151 ± 0,028	-	
	0,171 ± 0,0442	-	
<b>CS(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub></b>	0,102 ± 0,001	20,514	High
	0,111 ± 0,014	15,972	
	0,115 ± 0,0242	12,944	
<b>Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub></b>	0,130 ± 0,0431	1,589	High
	0,124 ± 0,001	6,131	
	0,114 ± 0,0001	13,701	

# Comparison of results for different inhibitors



**A series of decreasing inhibitory effects:**

**Гилуфер < NaNO<sub>2</sub> < Эктоскейл < Акварезалт < CS(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> < Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> < K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>**

# Comparison of inhibitors by cost

Месячная норма подпитки  $720 \text{ м}^3 = 720\,000 \text{ л/мес}$ .

Для обеспечения ингибитором  $\text{NaNO}_2$  месячной нормы подпитки необходимо:  $2,5 \text{ кг} \cdot 7,2 = 18 \text{ кг/мес}$

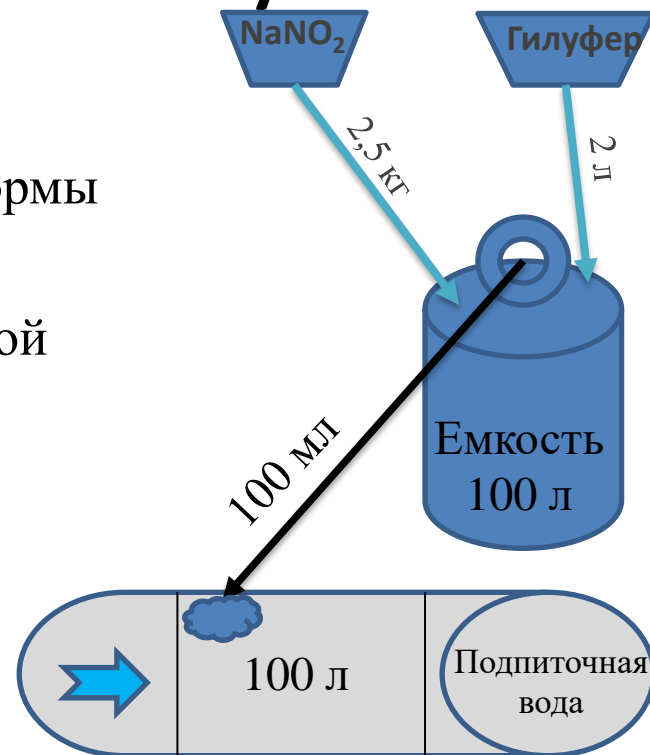
Для обеспечения ингибитором **Гилуфером** месячной нормы подпитки необходимо:  $2 \text{ л} \cdot 7,2 = 14,4 \text{ л/мес}$

Для обеспечения ингибитором **Эктоскейлом** месячной нормы подпитки необходимо:  
 $1 \text{ л} \cdot 7,2 = 7,2 \text{ л/мес}$

Затраты на ингибитор  $\text{NaNO}_2$  в месяц составят:  $18 \text{ кг/мес} \cdot 89 \text{ р/кг} = 1\,602 \text{ р/мес}$

Затраты ингибитор Гилуфер в месяц составят  $14,4 \text{ л/мес} \cdot 275 \text{ р/л} = 3\,960 \text{ р/мес}$

Затраты ингибитор **Эктоскейл** в месяц составят:  $7,2 \text{ л/мес} \cdot 226 \text{ р/л} = 1\,627 \text{ р/мес}$



	<b>NaNO<sub>2</sub></b>	<b>Гилуфер-422</b>	<b>Эктоскейл-820</b>
<b>Цена за ед. продукта</b>	89 р/кг	275 р/л	226 р/л

# Conclusions

1. The corrosion rate for untreated water grows faster than for water that has undergone softening and degassing
2. To reduce the corrosion rate, experiments were carried out using a number of inhibitors: "Ectoskey-820", "Aquarezalt-1040", "Gilufer-420",  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{CS} (\text{NH}_2)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ . the concentration of inhibitors used.
3. Based on the results of the studies carried out, it was recommended to use two inhibitors: "Gilufer-420" and  $\text{NaNO}_2$ , the degree of protection of which was 70% and 36%, respectively.
4. When calculating the cost of the selected inhibitors, it was found that " $\text{NaNO}_2$ " is economically beneficial. With a lower cost and 36% protection factor, sodium nitrite has the required effectiveness to prevent equipment corrosion.  
Consequently, the introduction of this inhibitor for power plants in the city of Omsk is recommended.



Спасибо за внимание!

