

*Г. Ж. СДИКОВА, К. У. ДЖАМАНСАРИЕВА, Г. С. КУАНЫШЕВА*  
**ИНГИБИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА  $\text{Ni}(\text{NH}_4)_2\text{P}_2\text{O}_7$**

Изучена кинетика гидролитического расщепления, а также ингибирующая способность двойного дифосфата никеля. Установлено, что высокую защитную способность от коррозии двойной дифосфат никеля проявляет при концентрации  $10^{-2}$  моль/л.

Известно, что фосфаты широко применяются в качестве ингибиторов коррозии. В частности, для предупреждения накипеобразования и ингибирования коррозии употребляют различные фосфаты: орто-, ди-, трифосфаты, а также стеклообразные полифосфаты [1].

В настоящее время имеются сведения для более пяти тысяч веществ, являющихся ингиби-

торами коррозии стали. Однако, применение находят лишь несколько групп соединений, поскольку ингибиторы, используемые для антикоррозионной обработки воды, должны быть безвредными для человека и окружающей среды, устойчивы при воздействии температуры, легко дозироваться, а также иметь экономически оправданную стоимость. Из числа этих соединений наи-

Таблица 1. Химический состав и константа скорости гидролиза  $\text{Ni}(\text{NH}_4)_2\text{P}_2\text{O}_7$ 

Содержание, %						$K_{\text{скор. гидр.}}$
$\text{P}_2\text{O}_5$		$\text{NiO}$		$\text{NH}_4^+$		
расч.	экспер.	расч.	экспер.	расч.	экспер.	
46,56	45,87	24,26	24,01	11,81	11,75	4,04

Таблица 2. Результаты гравиметрического исследования ингибирующей способности  $\text{Ni}(\text{NH}_4)_2\text{P}_2\text{O}_7$ 

$\text{№}$	Кон-центрация, моль/л	$m_1$ , масса пластины до опыта, г	$m_2$ , масса пластины после опыта, г	h, мм	l, мм	a, мм	$K_{\text{ср}}$	Z, защитный эффект, %	$\gamma$ , коэффициент торможения
1	Фон-NaCl, 3%	9,04840	9,03630	19,8	19,6	3,0	0,06316		
	Фон-NaCl, 3%	8,01265	8,00270	20,2	19,3	2,6	0,05746		
	Фон-NaCl, 3%	8,98380	8,97400	19,7	19,5	3,1	0,05746		
	$\text{Ni}(\text{NH}_4)_2\text{P}_2\text{O}_7$								
2	$1 \cdot 10^{-5}$	7,92205	7,91230	20,2	19,3	2,6	0,05746	9,02	0,91
	$1 \cdot 10^{-5}$	8,98790	8,97915	19,5	19,6	3,1			
	$1 \cdot 10^{-5}$	7,88400	7,87400	19,5	19,7	2,6			
3	$1 \cdot 10^{-4}$	8,55935	8,55015	19,0	19,1	3,1	0,05422	14,16	0,86
	$1 \cdot 10^{-4}$	8,85365	8,84530	19,3	19,7	3,1			
	$1 \cdot 10^{-4}$	8,81760	8,80805	19,5	19,7	3,0			
4	$1 \cdot 10^{-3}$	8,72250	8,72070	19,3	19,7	2,9	0,00787	87,54	0,12
	$1 \cdot 10^{-3}$	9,32435	9,32285	19,4	19,7	3,1			
	$1 \cdot 10^{-3}$	9,03050	9,02985	19,7	19,7	3,0			
5	$1 \cdot 10^{-2}$	8,35350	8,35330	19,7	19,8	2,9	0,00118	98,13	0,02
	$1 \cdot 10^{-2}$	8,06750	8,05970	20,0	20,2	2,6			
	$1 \cdot 10^{-2}$	8,42445	8,42000	19,7	19,6	2,9			

более широко используются неорганические полимерные фосфаты [2].

Одними из перспективных ингибиторов коррозии считаются композиции, в состав которых входят растворимые фосфаты и соли переходных металлов. Из конденсированных фосфатов наиболее интересными являются дифосфаты, вследствие устойчивости P-O-P цепочки и простоты получения. Эффективность ингибиторов на основе дифосфатов из солей 3d-элементов мало зависит от состава воды. Соединения d-металлов повышают скорость образования защитной пленки и тормозят коррозию стали в период ее формирования. Однако серьезным недостатком дифосфатов 3d-элементов является низкая скорость растворения в воде. Значительно увеличить скорость растворения труднорастворимых полимерных фосфатов можно введением ионов щелочных металлов или соединений, способных встраиваться в полифосфатную цепь и модифицировать ее. В частности, растворимость дифосфата никеля можно увеличить заменив часть ионов никеля на ионы  $\text{NH}_4^+$ .

Целью нашего исследования является синтез  $\text{Ni}(\text{NH}_4)_2\text{P}_2\text{O}_7$ , а также изучение кинетики его гидролитической устойчивости и ингибирующей способности в нейтральных водных средах.

Синтез  $\text{Ni}(\text{NH}_4)_2\text{P}_2\text{O}_7$  основан на взаимодействии  $\text{NiSO}_4$  и  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$  при  $80^\circ\text{C}$  и  $\text{pH} = 10$ . Содержание  $\text{Ni}^{2+}$  определяли методом атомно-абсорбционного анализа. Для определения пентоксида фосфора применялась методика, принятая при анализе удобрений [3].

Результаты химического анализа синтезированного соединения представлены в таблице 1.

Определена константа скорости гидролиза  $\text{Ni}(\text{NH}_4)_2\text{P}_2\text{O}_7$  при температуре  $t = 25^\circ\text{C}$  и  $\text{pH} = 7$ . Кинетический анализ экспериментальных данных проводился по уравнению I - го порядка:

$$K = \frac{2,3}{\tau} \cdot \lg \frac{a}{a-x},$$

где  $\tau$  - время контакта твердой фазы с водой;  $a$  - начальная концентрация при  $\tau = 0$ , моль/л;  $(a-x)$  - конечная концентрация при  $\tau$ , моль/л.

Исследование ингибирующих свойств  $\text{Ni}(\text{NH}_4)_2\text{P}_2\text{O}_7$  по отношению к стальным образ-

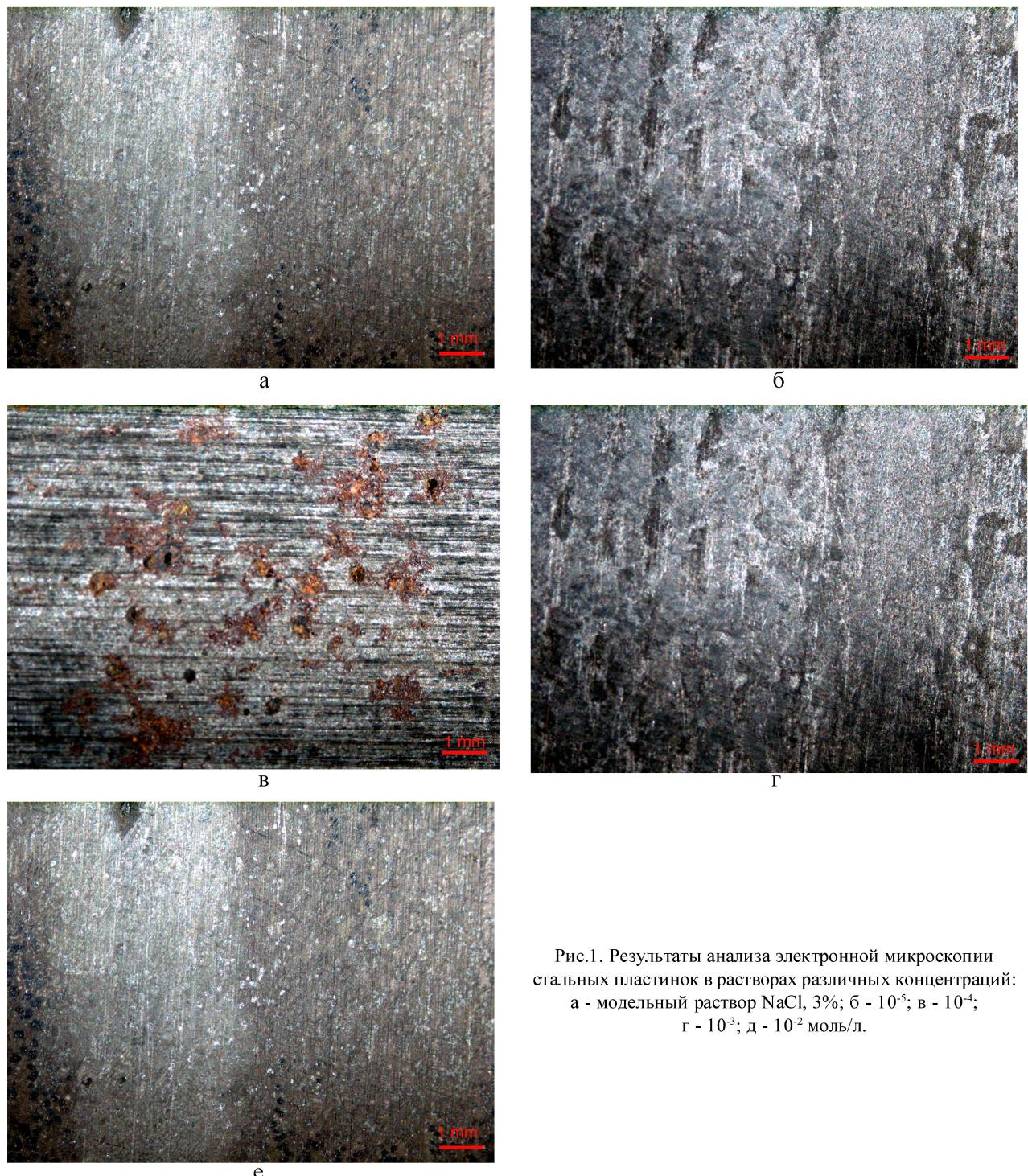


Рис.1. Результаты анализа электронной микроскопии стальных пластиноок в растворах различных концентраций:  
а - модельный раствор NaCl, 3%; б -  $10^{-5}$ ; в -  $10^{-4}$ ;  
г -  $10^{-3}$ ; д -  $10^{-2}$  моль/л.

цам (С-3, С-75) проводили по стандартной методике [4] гравиметрическим методом. В качестве модельной среды использовали 3%-ный раствор хлорида натрия. Сравнительную оценку защитного свойства фосфата определяли по отношению к скорости коррозии металла в растворе без добавок ингибитора.

Контроль антакоррозионной обработки воды исследуемым ингибитором проводили по визу-

альному осмотру поверхности стальных пластин и анализу коррозионных отложений, а также систематическим определением аналитических характеристик среды.

О коррозионной стойкости стали в исследуемых растворах, судили по изменению массы образцов во времени, по которой рассчитаны скорость коррозии:

$$V_{\text{корр.}} = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 1000}{S \cdot t}, \text{ мг/см}^2 \cdot \text{ч}$$

где  $m_1$  – масса пластины до опыта, г;  $m_2$  – масса пластины после удаления коррозионных отложений, г;  $S$  – площадь поверхности образца,  $\text{см}^2$ ;  $t$  – время испытаний, ч.

Защитная способность  $Z$  и коэффициент торможения  $\gamma$  рассчитаны в соответствии с формулами:

$$\frac{K_o - K}{K_o} \cdot 100\%; \quad \gamma = \frac{K}{K_o}$$

где  $K_o$  – скорость коррозии без ингибитора,  $K$  – скорость коррозии в присутствии ингибитора,  $\text{г/м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$ .

В таблице 2 показаны изменения массы продуктов коррозии, образующихся на металлической поверхности в исследуемых растворах, скорости коррозии, а также эффективность ингибитирующего действия ( $Z$ ) в зависимости от концентрации исследуемого раствора  $\text{Ni}(\text{NH}_4)_2\text{P}_2\text{O}_7$ .

Для определения оптимальной концентрации корродирующего эффекта  $\text{Ni}(\text{NH}_4)_2\text{P}_2\text{O}_7$  гравиметрические исследования проведены при нескольких концентрациях:  $10^{-5}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-2}$  моль/л.

Из результатов гравиметрических исследований видно, что высокую защитную способность от коррозии (98,13 %) проявляет раствор  $\text{Ni}(\text{NH}_4)_2\text{P}_2\text{O}_7$  при концентрации  $10^{-2}$  моль/л, что хорошо показано на рис.1. Концентрация  $\text{Ni}^{2+}$  и

$\text{NH}_4^+$  в питьевой и хозяйственной воде не превышает ПДК (0,1 мг/л), согласно. Высокая степень защиты объясняется адсорбцией ингибитора, что связано с образованием прочного Ni-Fe-содержащего комплексного соединения, приводящее к росту труднорастворимой пленки.

Изучение механизма защитного действия двойного дифосфата никеля в зависимости от концентрации, а также определение оптимального состава ингибитора является целью последующих исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Волков Л.Н. Оценка эффективности некоторых ингибиторов коррозии // Водоснабжение и сан. техника. М., 1985. №3. С. 23.
2. ГОСТ 9.502 – 82. Ингибиторы коррозии металлов для водных систем. Методы коррозионных испытаний. М., 1983.
3. Анализ минерального сырья /под ред. Книпович Ю.Н. и Морачевского Ю.В. Л.: Ленхимиздат, 1986. 1055с.
4. СанПин, издание третье, с изм. и доп. М., 2003. С.222.

## Резюме

$\text{Ni}(\text{NH}_4)_2\text{P}_2\text{O}_7$  – ның синтезі, идентификациясы, гидролитикалық ыдырауының кинетикасы және ингибиторлық қасиеті зерттелген.

Казахский национальный технический университет им. К.И. Саппаева;

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

Поступила 2.05.07