

вода, росту гидравлического сопротивления и, следовательно, к увеличению затрат энергии на перекачивание воды. Поэтому для торможения коррозии и предотвращения чрезмерных отложений необходимо использовать соответствующие противокоррозионные и стабилизирующие реагенты, учитывая при этом, что их эффективность может существенно зависеть от минерализации воды.

Список литературы

1. Акользин П.А. Коррозия и защита металлов теплоэнергетического оборудования. — М.: Энергоиздат, 1982. — 17–18. с.
2. Брегман Дж.И. Ингибиторы коррозии. — М.; Л.: Химия, 1966. — 82. с.
3. Рейзин Б.Л., Стрижевский И.В., Сазонов Р.П. Защита систем горячего водоснабжения от коррозии. — М.: Стройиздат, 1986. — 14–17. с.
4. Zho Guoxian, Chen Changfeng, Lu Minxu, Li Helin // J. Chin. Soc. Corros. and Prot. — 2002. — Vol. 22, № 6. — P. 363–366.
5. Калужина С.А., Зибер И.В. Новые подходы к решению проблемы локальной депассивации меди и стали в гидрокарбонатных растворах // Коррозия материалов, защита. — 2006. — № 1. — С. 8–13.
6. Ruzic Vucan, Veidt Martin. Erosion of protective FeCO₃ films in singlephase flow accelerated corrosion of mild steel // EUROCORR 2003: The Europe Corrosion Congress «Bridge between Academic and Industry»: Abstracts, Budapest, Sept. 28 – Oct. 2, 2003. — Budapest: EFC, 2003. — P. 247.

Поступила в редакцию 15.12.09

The Methods of Ecologically Safe Steel Protection from Water Corrosion. 1. The Influence of Water Mineralization on Low-Carbon Steel Corrosion

Bilousova N.A., Donchenko M.I., Redko R.M., Gerasymenko Yu.S.

National Technical University of Ukraine «KPI», Kiev

Steel 20 sample corrosion velocity change in time by polarized resistance method in water with different mineralization degree is investigated. It is displayed that corrosion rate insignificantly depends on salt content in water during mixing initial time and by agitation absence. The corrosion velocity decreases in 2 times by 50 hours of agitation in hard water. In soft water corrosion velocity remains almost stable. Steel corrosion liability is analyzed by the point of view of protective surface films from solution components and steel corrosion products formation.

Key words: steel corrosion in water, oxygen depolarization, polarized resistance, protective layers, polarization curves, limit diffusion current.

Received December 15, 2009

УДК 620.197.3

Экоресурсы для противокоррозионной защиты стали

*Сизая О.И., Савченко О.Н.,
Челябиева В.М., Митяй Н.И.*

Черниговский государственный технологический университет

С целью поиска эффективных и экологически безопасных ингибиторов на основе сырья растительного происхождения исследована противокоррозионная активность веществ водных вытяжек из сельскохозяйственных культур: чеснока, лука, зерен горчицы и рапса. При введении этих компонентов в нейтральную коррозионную среду (3 % NaCl) наблюдается торможение коррозии стали — защитный эффект 70–92 %. Растительные ингибиторы могут составить успешную конкуренцию традиционным синтетическим ингибиторам.

Ключевые слова: ингибиторы коррозии, растительное сырье, химический состав.

З метою пошуку ефективних та екологічно безпечних інгібіторів на основі сировини рослинного походження досліджено протикорозійну активність речовин водних витяжок із сільськогосподарських культур: часнику, цибулі, зерен гірчиці та рапсу. При введенні цих речовин у нейтральне корозійне середовище (3 % NaCl) спостерігається гальмування корозії сталі — захисний ефект 70–92 %. Рослинні інгібітори можуть скласти успішну конкуренцію традиційним синтетичним інгібіторам.

Ключові слова: інгібітори корозії, рослинна сировина, хімічний склад.

Ингибиторы, которые широко используются для защиты металлических конструкций в разных областях промышленности, в большинстве случаев токсичны или малотоксичны, что в значительной мере усложняет их применение. В связи с этим актуальным является поиск новых ингибиторов коррозии и расширение их ассортимента среди экологически безопасных продуктов растительного происхождения. Так, исследованию возможности использования природных органических соединений группы липидов посвящены работы ученых московской школы коррозиологов Н.И.Подобаева, А.С.Шакирова и др. В последние годы в Днепропетровской металлургической академии разработаны порошковые преобразователи ржавчины на основе косточковых отходов плодово-ягодных культур. В Черниговском государственном технологическом университете разработаны и запатентованы ингибиторы МГ-ЧДТУ (на основе модифицированного растительного масла) и ФЕС (на основе отходов масложировой отрасли) [1–6].

Эффективными ингибиторами коррозии являются синтетические N-, S-, O-содержащие органические соединения [9–11]. Многие из них или их химические аналоги являются биологически активными веществами и входят в состав природных растений. Проведенный нами анализ химического состава лука, чеснока, семян горчицы, рапса показал, что потенциально они могут быть ингибиторами коррозии.

Цель работы — исследование противокоррозионной активности веществ водных вытяжек из сельскохозяйственных культур (чеснока, лука, зерен горчицы и рапса) с целью поиска эффективных и экологически безопасных ингибиторов на основе сырья растительного происхождения.

Оценку противокоррозионной эффективности исследуемых веществ проводили гравиметрическим и электрохимическим (потенциостат П-5827) методами. Поляризационные кривые (20 мВ/мин) снимали от стационарного потенциала на торцевом электроде ($S = 0,38 \text{ см}^2$) из отожженной стали 20. Исследования проводили в стеклянной трехэлектродной ячейке с разделенными катодным и анодным пространствами. Рабочую поверхность исследуемого электрода

подвергали шлифовке и полировке по ГОСТ 2789-73. Непосредственно перед поляризационными измерениями рабочую поверхность исследуемого электрода обезжиривали ацетоном. По поляризационным кривым определяли ток ($i_{\text{кор}}$) и потенциал ($\phi_{\text{кор}}$) коррозии, катодного ($\phi_{\text{к}}$ при $\lg i_{\text{к}} = 0,1$; $i_{\text{к}}$ при $\phi_{\text{к}} = -0,50 \text{ В}$) и анодного ($\phi_{\text{а}}$ при $\lg i_{\text{а}} = 0,1$; $i_{\text{а}}$ при $\phi_{\text{а}} = -0,18 \text{ В}$) парциальных процессов. Рассчитывали коэффициенты торможения коррозии ($\gamma_{\text{кор}}$, $\gamma_{\text{к}}$, $\gamma_{\text{а}}$), степень торможения коррозии ингибитором: $Z_{\text{кор}} = (1 - 1/\gamma_{\text{кор}}) \cdot 100 \%$.

Статистические весовые исследования проводили на образцах стали Ст 3 в виде прямоугольных пластинок размером $50,3 \times 22,3 \times 3,2 \text{ мм}$ и цилиндрических образцах стали 20 ($h = 27 \text{ мм}$, $d = 13 \text{ мм}$). Поверхность образцов последовательно шлифовали на мелкозернистой бумаге марки Р240–Р1200, промывали в проточной воде и обезжиривали. После экспозиции поверхность образцов освобождали от продуктов коррозии, промывали проточной водой, высушивали, обезжиривали и взвешивали.

Скорость коррозии оценивали, используя формулу

$$K_m = (m_1 - m_2) / (S \cdot t),$$

где K — скорость коррозии, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$; m_1 , m_2 — масса образца до и после испытания, г ; S — площадь поверхности образца, м^2 ; t — продолжительность исследования, ч .

Эффективность защитного действия ингибитора коррозии оценивали по степени защиты:

$$Z_m = [(K_m - K_m') / K_m] \cdot 100\%,$$

где K_m , K_m' — скорость коррозии по потере массы металла без ингибитора и с ингибитором, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Контроль за содержанием и распределением химических элементов в приповерхностном слое металла осуществляли методом Оже-электронной спектроскопии на Оже-спектрометре AES-2000 (RIBER, Франция). Оже-спектры регистрировались с распределительной энергетической способностью 3,4 эВ и обрабатывались на ЭВМ. Энергия первичного электронного пучка составляла 3 кэВ, ток зонда — $5 \cdot 10^{-7} \text{ А}$.

Во время профилирования поверхность исследуемых образцов бомбардировалась ионами аргона с энергией 4 кэВ. Скорость травления — 4,0 нм/мин.

Исследования проводили в 3 %-м растворе NaCl при температуре 293 К. В коррозионную среду вводили водные вытяжки из луковиц чеснока и лука, семян рапса и горчицы.

Стандартную обработку экспериментальных данных проводили для уровня вероятности 0,95 при числе измерений $n = 6$.

Перспективность выбора чеснока, лука, семян рапса и горчицы связана с наличием серы, кислорода и азота в составе действующих веществ [12, 13].

Химический состав чеснока зависит от сортов и зоны выращивания. В луковицах чеснока содержится 31–44 % сухих веществ. Основная часть питательных веществ приходится на углеводы (до 27 %). Осенью они представлены инулином и сахарозой, а при хранении углеводы превращаются в глюкозу и фруктозу. Луковицы чеснока богаты белками (6,7–13,3 %), крахмала содержится около 2 %, клетчатки — 0,8–1,2 %, органических кислот — 0,3 %. В луковицах чеснока содержатся гликозид аллиин и другие серосодержащие вещества (S-метил-, S-этил-, S-бутил-, S-алкил-цистеинсульфоксид, S-метил-цистеин и др.). Хранение при низких температурах способствует накоплению в чесноке аллиина. В среднем луковица чеснока содержит 0,9 % глутамицистеина и до 1,8 % аллиина. При обработке чеснока, разрезании или дроблении, компоненты цельного чеснока превращаются в сотни органических сернистых соединений в течение короткого промежутка времени. Когда чеснок измельчен, высушен, контактирует с водой, вакулярный фермент аллиаза быстро лизирует аллиин, формируя алкан-тиосульфиды, причем из двух молекул аллиина получаются одна молекула аллицина, две молекулы пировиноградной кислоты и выделяется аммиак. Аллицин — не очень стабильное соединение. Он медленно разрушается после отстаивания и быстро при нагревании.

Лук репчатый содержит эфирное масло, аскорбиновую кислоту, лизоцим. В состав эфирного масла входят аллилсульфиды, аллилполисульфиды, аллиин.

Семена рапса содержат 48–52 % масел, которые используются в лакокрасочной, мыловаренной, пищевой (маргариновой) и других отраслях промышленности, 0,6 % эруковой кислоты, от 0,5 до 6 % глюкозинолатов, 20,0–22,6 % белка. Ценность липидного комплекса семян рапса обусловлена повышенным содержанием полиненасыщенных жирных кислот:

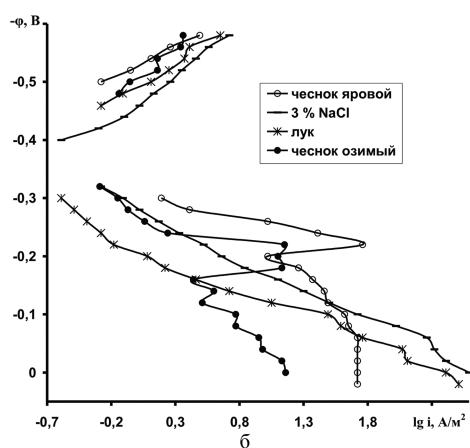
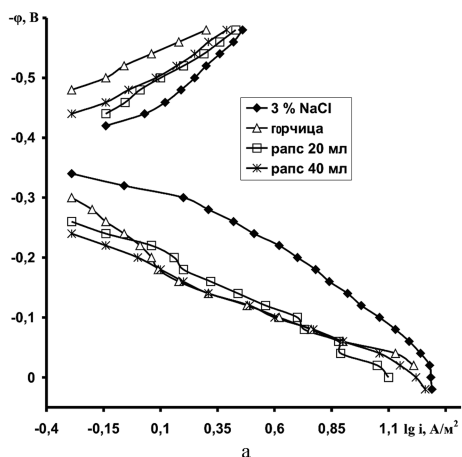
линолевой и линоленовой. Белок семян рапса богатый такими аминокислотами, как лизин, метионин, цистин и триптофан, а из углеводов основную часть составляет сахароза. Глюкозинолаты — сложные органические соединения, которые включают глюкозу и агликон. Под действием фермента мирозиназы, который есть в семенах рапса, глюкозинолаты гидролизуются с образованием изотиоцианатов, разных циклических соединений, нитрилов и других веществ. Кроме того, семена рапса содержат серосодержащие алкалоиды из группы производных тиоксазолидона: гоитрин, резединин, 5,5-диметил-2-тиоксазолидон [11].

Сарептская горчица (*Sinapis juncea*) — однолетнее растение [11], на долю которого приходится более 85 % всей площади, засеваемой под эту культуру. Семена сарептской горчицы, кроме горчичного жирного масла (49 %), содержат 1,17–2,89 % эфирного масла, следы сероуглерода и диметилсульфида, белковые вещества (до 26 %), стероиды. Эфирное масло горчицы содержит также фитонциды, которые имеют выраженное антибактериальное действие. Действующим веществом семян горчицы сарептской и черной является гликозид синигрин (аллилглюкозинолат), соединение аллилоизотиоцианата с глюкозой [11]. Синигрин под воздействием фермента мирозина (также находится в семенах горчицы) и теплой воды (вода при 50–60 °С активизирует фермент) расщепляется на глюкозу, калий гидросульфат и аллилизотиоцианат, названный аллилгорчичным эфирным маслом.

Кроме перечисленных выше веществ, из семян горчицы и рапса выделены алкалоиды производные тиомочевины, мочевины (известные как ингибиторы коррозии), пирилизидина, индола, в которых сера находится в форме оксида [11].

Получены результаты электрохимических испытаний противокоррозионной активности исследуемых добавок в 3 %-м растворе NaCl при 293 К. При введении водной вытяжки из чеснока в коррозионную среду потенциал свободной коррозии ($\gamma_{кор}$) стали 20 снижается на 20–40 мВ, а при введении вытяжки из лука повышается на 10 мВ, что указывает на преобладающее торможение катодного процесса (чеснок) и анодного растворения металла (лук) вблизи $\gamma_{кор}$ (рисунок).

Исследованные растительные добавки тормозят и катодную, и анодную реакции: отношение γ_a к γ_k для лука составляет 3,04 (табл.1). Механизм действия водной вытяжки чеснока отличается от вытяжки лука: наблюдается формирование пассивного состояния поверхности стали в анодной области при $\phi_a = -0,22$ В. При



Поляризационные катодные и анодные кривые стали 20 в 3 %-м NaCl с добавками водных вытяжек чеснока и лука (а), семян рапса и горчицы (б).

достижении потенциала $-0,16$ В (озимый чеснок) и $-0,20$ В (яровой чеснок) и плотности тока соответственно $2,75$ и $10,47$ А/м² происходит полная пассивация стали.

При добавлении водной вытяжки из рапса и горчицы в коррозионную среду потенциал свободной коррозии $\phi_{кор}$ стали 20 повышается на $40-80$ мВ — происходит подавляющее торможение анодного растворения металла вблизи $\phi_{кор}$: $\gamma_a/\gamma_k = 2,5; 3,2$ для горчицы и рапса соответственно (рисунок б). Увеличение концентрации водной вытяжки рапса до 40 мл/л способствует росту защитных свойств — $\gamma_{кор}$ увеличивается в $1,6$ раза.

Оценка скорости коррозии и степени защиты стали по результатам гравиметрических исследований представлена в табл.2. Без ингибитора скорость коррозии Ст3 и стали 20 в 3 %-м NaCl значительна — изменения поверхности металла заметны визуально на второй день. Продукты коррозии в виде бурого осадка выпадают на дно стакана, труднорастворимые соединения от темно-серого до черного цвета покрывают по-

верхность металла. В средах с ингибиторами поверхность образцов остается чистой на протяжении 240 ч. При введении водных вытяжек исследуемых добавок скорость коррозии уменьшается в $1,4-13,9$ раз. С ростом концентрации добавок от 20 до 80 мл/л степень защиты Ст3 снижается для лука с $84,05$ до $62,17$ % и ярового чеснока с $55,29$ до $29,76$ %. При увеличении концентрации водной вытяжки озимого чеснока, рапса и горчицы от 20 до 40 мл/л Z_m увеличивается в $1,02-1,2$ раза. Эффективность озимого чеснока выше, так как содержание аллиина в нем ниже, чем в яровом, и при гидролизе аллиина, кроме аллицина, образуется пировиноградная кислота, которая является активатором коррозии.

Максимальные защитные свойства, по данным весовых и электрохимических исследова-

Таблица 1. Степень защиты $Z_{кор}$ и коэффициенты торможения коррозии γ для стали 20 растительными добавками в 3 %-м NaCl ($C_{доб} = 20$ мл/л)

Показатель	Чеснок озимый/яровой	Лук	Рапс	Горчица
$Z_{кор}$, %	80,00/72,00	84,00	67,85/80,35*	85,71
$\gamma_{кор}$	5,00/3,57	6,25	3,11/5,09*	7,00
γ_k	1,54/2,51	1,25	1,56/1,56*	3,20
γ_a	Пассивация при $\phi_a = -0,22$ В	3,80	5,32/7,93*	7,93

* При концентрации $C_{доб} = 40$ мл/л.

Таблица 2. Противокоррозионная активность растительных добавок

$C_{доб}$, мл/л	K_m , г/(м ² ·год)		Z_m , %	
	Ст3	Сталь 20	Ст3	Сталь 20
—	0,0227	0,0209	—	—
Чеснок яровой				
20	0,0102	0,0062	55,29	70,10
40	0,0134	0,0084	40,77	59,67
50	0,0138	0,0087	39,13	58,57
80	0,0159	0,0103	29,76	50,50
Чеснок озимый				
20	0,0088	0,0058	61,29	72,05
40	0,0043	0,0030	80,91	85,70
Лук				
20	0,0036	0,0028	84,05	86,69
40	0,0075	0,0047	67,35	77,55
50	0,0086	0,0087	62,79	58,57
80	0,0087	0,0088	62,17	58,36
Рапс				
20	0,0052	0,0042	76,88	80,10
40	0,0047	0,0037	79,09	82,50
Горчица				
20	0,0039	0,0025	82,67	88,05
40	0,0035	0,0019	84,55	92,00

Таблица 3. Содержание элементов в приповерхностном слое стали 20 после выдержки в 3 %-м NaCl и в присутствии ингибитора на основе переработки зерен горчицы

Элемент	0 нм	0,8 нм	1,6 нм	2,4 нм	4 нм	12 нм	16 нм	32 нм	40 нм	80 нм	120 нм	140 нм	160 нм
Fe	<u>3,7</u>	<u>6,9</u>	<u>7,9</u>	<u>11,4</u>	<u>14,4</u>	<u>23,5</u>	<u>30,2</u>	<u>40,6</u>	<u>43,8</u>	<u>61,8</u>	<u>72,3</u>	<u>73,6</u>	<u>75,7</u>
	14,7	41,2	59,8	70,9	79,5	88,3	88,9	90,6	93,4	98,1	98,9	98,9	98,9
O	<u>3,1</u>	<u>3,9</u>	<u>4,0</u>	<u>4,0</u>	<u>4,0</u>	<u>5,0</u>	<u>5,0</u>	<u>5,0</u>	<u>5,1</u>	<u>4,6</u>	<u>3,9</u>	<u>3,6</u>	<u>3,3</u>
	18,6	31,8	23,8	16,3	12,7	9,2	9,0	6,3	4,1	2,2	1,0	1,0	1,0
S	<u>0,0</u>	<u>0,2</u>	<u>0,2</u>	<u>0,2</u>	<u>0,3</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,5</u>	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	<u>0,2</u>	<u>0,1</u>
	0,2	0,6	4,7	2,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
Cl	<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>0,8</u>	<u>0,8</u>	<u>0,5</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,3</u>
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Примечание. Глубина проникновения — 0–160 нм. В числителе — без ингибитора, в знаменателе — с ингибитором.

ний, наблюдаются при введении в коррозионную среду водной вытяжки из горчицы: на стали 20 — $Z_{корр} = 85,71\%$, $Z_m = 92,0\%$; на Ст3 — $Z_m = 84,55\%$.

Представленные выше результаты и проведенные нами ранее исследования [14] позволяют прогнозировать механизм действия исследуемых добавок. Взаимодействие ингибирующих добавок с поверхностью металла может происходить по реакционным центрам, на которых сконцентрирована наибольшая электронная плотность: по кислороду, азоту, сере алкалоидов из группы производных тиоксазолидона, тиомочевины, мочевины, пирилизидина, индола, изотиоцианатов, аллиина, S-алкил-цистеинсульфоксидов и др.

Образующиеся комплексные соединения хелатного типа с двумя координационными связями серы и кислорода с атомами железа и оксидами железа могут создавать условия для формирования пассивного состояния поверхности стали. Серосодержащие вещества чеснока и горчицы являются фактически плоскими молекулами. В [15] показано, что простая конфигурация молекул при их адсорбции на поверхности металла позволяет получить более плотную упаковку, через которую диффузия кислорода затруднена в большей степени, чем через адсорбционный слой сложных молекул. Поэтому чеснок и горчица по результатам электрохимических исследований (см. табл.1, γ_K) наиболее снижают скорость реакции восстановления кислорода.

Методом Оже-электронной спектроскопии образцов стали 20 в ингибированных растворах экспериментально доказано образование защитной пленки на поверхности образцов, которая состоит из комплексных соединений, образованных за счет π -донорно-акцепторного взаимодействия кислорода, азота, серы действующих веществ ингибирующих добавок с поверхностью металла (табл.3). Так, с участием ингибитора на основе переработки зерен горчицы в защитном слое на глубине 1,6 нм содержится в 16 раз больше серы и в 3 раза кислорода, чем в среде без ингибитора. Существование защитной плен-

ки на поверхности стали препятствует выходу железа в виде первичных продуктов коррозии. В поверхностном слое на глубине выхода электронов 4 нм количество железа в образце с ингибитором в 5,5 раза больше, чем в неингибированной среде 3 %-го NaCl. На глубине около 160 нм концентрация железа в образцах различается несущественно.

Хемосорбционные процессы на поверхности стали с образованием защитной металлохелатной пленки объясняют также отсутствие активатора коррозии, хлора, в поверхностном слое образца с ингибитором.

Выводы

Поисковые исследования по перспективности использования продуктов переработки растительного сырья показали, что они могут быть источником высокоэффективных ингибиторов коррозии углеродных сталей. Степень защиты при использовании водных вытяжек: озимого чеснока — 85,7 %, лука — 86,7 %, семян рапса — 82,5 %, семян горчицы — 92,0 %.

Существенным преимуществом предлагаемых в качестве ингибиторов растительных добавок является их экологическая безопасность.

Список литературы

1. Чигиринец Е., Гальченко Г., Стовпченко А. Исследование механизма защитного действия ингибитора ИПС-1, синтезированного из отходов растительного происхождения // Фіз.-хім. механіка матеріалів. Спец. вип. «Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів». — 2004. — Т. 2, № 4. — С. 805–810.
2. Сиза О.І., Корольов О.О., Савченко О.М. та ін. Протикорозійні властивості продуктів переробки рослинної сировини // Фіз.-хім. механіка матеріалів. Спец. вип. — 2006. — № 5. — С. 874–888.
3. Подобаев Н.И., Шакиров А.С. Влияние ингибитора карбоксилата СКМ-1 на электродные процессы, протекающие на железе в ацетатном растворе // Защита металлов. — 1993. — Т. 29, № 2. — С. 248.

4. Декл. пат. Укр. на корис. модель 8626, МПК⁷ С 23 F 11/10. Інгібітор корозії / О.І.Сиза, О.М.Савченко, С.В.Гащенко. — Оpubл. 15.08.2005, Бюл. № 8.
5. Савченко О.Н., Сизая О.И. Использование модифицированных растительных масел в противокоррозионной защите стали // Эко-технологии и ресурсосбережение. — 2004. — № 4. — С. 14–18.
6. Гальченко Г.Ю., Выхрестюк Н.И., Чигиринец Е.Э., Стовпченко А.П. Исследование химического состава отходов масложировой промышленности // Там же. — 2005. — № 5. — С. 55–57.
7. Сизая О.И., Савченко О.Н., Королев А.А. Исследование защитного действия противокоррозионных материалов на основе продуктов растительного происхождения // Там же. — С. 34–39.
8. Пат. 82921 Укр., МПК⁸ С 23 F 11/10, 23 F 11/00. Інгібітор корозії сталі у водних середовищах / О.О.Корольов, О.І.Сиза, В.Р.Корольова. — Оpubл. 10.01.08, Бюл. № 1.
9. Решетников С.М. Ингибиторы кислотной коррозии. — Л.: Химия, 1986. — 144 с.
10. Сизая О.И., Косухина Л.Д., Чумаков В.А. и др. Ингибирующее действие бромидов 1,2-диарил-5,6-дигидроимидазо[2,1-в]тиазолия на кислотную коррозию стали // Журн. прикл. химии. — 1996. — Т. 69, №9. — С. 1501–1504.
11. Сизая О.И., Косухина Л.Д., Чумаков В.А. и др. Антикоррозионные свойства некоторых производных 2-фениламино-4-метилтиазола // Там же. — 1998. — Т. 71, №4. — С. 621–624.
12. Гаммерман А.Ф. Курс фармакогнозии. — Л.: Медгиз, 1960. — 639 с.
13. Максютин Н.П., Комисаренко Н.Ф., Прокопенко А.П. и др. Растительные лекарственные средства. — Киев: Здоровье, 1985. — 280 с.
14. Сиза О.И., Савченко О.М., Смиян О.Д., Капітанчук Л.М. Наноструктурні процеси при інгібіторному захисті сталі модифікованою рослинною олією // Фізика і хімія твердого тіла. — 2006. — Т. 7, № 1. — С. 180–186.
15. Розенфельд И.Л., Персианцева В.П. Ингибиторы атмосферной коррозии. — М.: Наука, 1985. — 278 с.

Поступила в редакцию 25.03.09

Environmental Resources for Steel Corrosion Protection

Syza O.I., Savchenko O.N., Chelyabieva V.N., Mytyai N.I.

Chernigov State University of Technology

Steel anticorrosive activity of water extractions from agricultural crops agents such as garlic, onions, mustard and rape for prospecting of efficient and ecologically safe inhibitors on vegetable raw material basis is investigated. It is displayed that the extractions insertion into neutral corrosive environment (3 % NaCl) decreases steel corrosion by protective effect on 70–92 %. Vegetable inhibitors can make a successful competition with traditional synthetic inhibitors.

Key words: corrosion inhibitors, vegetable raw materials, chemical compound.

Received March 25, 2009

УДК 544.3.032.4

Обобщенный анализ углеродообмена в системах Н–О–С–(Сраств). Влияние активности углерода

*Бондаренко Б.И., Небесный А.А.,
Филоненко Д.С., Святенко А.М., Безуглый В.К.*

Институт газа НАН Украины, Киев

Рассмотрено влияние активности углерода на сложные газовые системы, открытые по углероду. Изучено влияние активности углерода в системе на границы углеродовыделения и границы углеродопоглощения. Показана возможность обобщенного анализа углеродообмена.

Ключевые слова: активность углерода, углеродосодержание, углеродовыделение, углеродопоглощение.