

Р.М. Вишневецький, Б.Л. Литвин, А.С.Федорів  
**Циклічні та ациклічні аміни, як потенційні інгібітори корозії металів**

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника.*

Вивчення антикорозійної дії нових класів речовин – це важливий шлях для формування чіткої теорії антикорозійного захисту, а отже і пошуку ефективних, економічно доступних антикорозійних засобів.

В даній статті зроблено огляд по інгібіторних властивостях азотовмісних гетероциклів, систематизовано азотовмісні інгібітори по класах, розглянуто механізми інгібіторного захисту для різних класів.

**Ключові слова:** інгібітор корозії, азотовмісні гетероцикли, катодний захист, анодний захист, інгібітори змішаної дії

*Стаття постуила до редакції 07.01.2008; прийнята до друку 15.03.2009.*

## Вступ

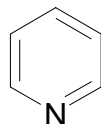
З корозією людство зіткнулося давно, відразу після вступу в залізний вік. Але лише в наші дні вона стала однією з глобальних проблем. Не дивлячись на широкий розвиток промислових синтетичних речовин, метали далі залишаються основним конструкційним матеріалом, незамінних в ряді галузей промисловості, сільському господарстві. Більш того, об'єм виробництва металів невпинно росте, а відповідно і росте потреба захисту від корозії [1].

Тому постає питання пошуку ефективних антикорозійних засобів – інгібіторів корозії, які б володіли високим захисним ефектом. Відповідали екологічним, економічним факторам і були доступні в широкому промисловому масштабі. Останнім часом особливий інтерес становлять саме органічні сполуки. З однієї сторони це можна пояснити наявністю великої кількості органічних відходів, відносно дешевизною багатьох органічних продуктів. З другої сторони органічні сполуки, а саме гетероциклічні володіють високою адсорбційною здатністю на поверхні металу, що і пояснює високий захист при незначних концентраціях їх в агресивному середовищі.

Метою даної роботи являється огляд відомих промислових інгібіторів та найновіших праць по дослідженнях інгібіторних властивостей азотовмісних сполук, пошук зв'язку між структурою та ефективністю, розподіл великої кількості азотовмісних інгібіторів по класах.

## I. Азотовмісні гетероцикли з одним атомом N.

Серед азотовмісних гетероциклів з одним атомом азоту, які використовуються в якості інгібіторів корозії є похідні піридину, хіноліну, акридину, індолу. Однак найпоширенішими серед них є похідні піридину.



піридин

Особливо ефективними інгібіторами в кислому середовищі є похідні алкілпіридину.

В якості інгібіторів алкілпіридин може бути кватернізованим, або вільним.

Так, наприклад, широке застосування знайшла група інгібіторів на основі поліалкілпіридинів типу I-A, I-B, I-E, I-K [2].

Інгібітор I-1-A [2] являє собою складну суміш поліалкілпіридинів, кубових залишків розгонки масляного шару при синтезі 2-метил-5-етилпіридину. В'язка темно-коричнева рідина з важким характерним запахом піридину, добре розчинна в органічних розчинниках (етанолі, ацетоні, вуглеводнях), мінеральних кислотах. Захисні концентрації – 5-10г/л. Ступінь захисту вуглеводневої сталі в 15% HCl при 50°C і концентрації I-1-A 10г/л не менше 99%. Захищає вуглеводневі сталі в умовах сірководневої корозії ( $\alpha = 97-100\%$ ). Однак недоліком даного інгібітора є

висока температура застигання, у межах від мінус 5° до мінус 12°C, що виключає його застосування в умовах крайньої Півночі. Серед інших недоліків – висока в'язкість, а також висока поверхнева активність, яка спричиняє стабілізацію емульсії «вода - масло».

Схожим є інгібітор I-B [2], який являє собою суміш модифікованих поліалкілпіридинів. Інгібітор призначений для травлення прокату в сірчано-кислих розчинах з метою видалення окалини, може використовуватися також для захисту обладнання свердловин при солянокислих обробках і для видалення карбонатних відкладень в теплоенергетиці. При травленні оптимальна концентрація інгібітора складає 1-2г/л.

Ступінь захисту металів в HCl складає 93-95%

Захисні властивості інгібіторів у 15-ій HCl приведені в таблиці 1:

Найкращими технологічними властивостями володіє інгібітор I-3-B; захисна дія його по відношенню до вуглецевих сталей складає 94-99%, інгібітор захищає високовуглецеві і леговані сталі. Інгібітори I-2-B і I-3-B не коагулюють і не випадають в осадок до вмісту солей Fe<sup>2+</sup> і Fe<sup>3+</sup> 220-250мг/л, добре суміщаються з піноутворювачами, зберігають пластичні властивості вуглецевих сталей на вихідному рівні.

Інгібітор I-1-E являє собою модифіковану суміш поліалкілпіридинів; легкорухлива рідина,  $d=1,1-1,2$ , кінематична в'язкість -  $4 \times 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$  (50°C), температура застигання – 45°C, добре розчинний у воді, спиртах, мінеральних кислотах. Може бути використаний в якості інгібітора травлення в HCl і H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, при солянокислих обробках свердловин, для захисту обладнання свердловин в сірководневих середовищах.

Захисні властивості I-1-E зростають із збільшенням тривалості випробовувань, концентрації кислоти й інгібітора. Із збільшення температури до 80°C ефективність інгібітора зростає. Максимум інгібіторного ефекту спостерігається при 80°C. Оптимальні концентрації I-1-E – 1-5 г/л.

Особливо високими захисними властивостями для заліза в солянокислому середовищі володіють четвертинні солі алкілпіридину.

Відомі інгібітори [2] ІК-40 і ІК-45 являють собою четвертинні піридинові солі. Дістають їх взаємодією вищих і легших фракцій алкілпіридинів з хлорпарафінами. Добре розчинні у воді, полярних розчинниках. Призначені для захисту вуглецевих і деяких легованих сталей, кольорових металів при травленні в кислотах, в нафтогазовидобувній промисловості для захисту від корозії в сірчано-кислому середовищі. В 10% HCl найбільший захист проявляє ІК-45 (Z=96,6%) при концентрації інгібіторів 0,08-1 г/л. В 20% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при оптимальній концентрації інгібіторів 0,8 -1 г/л найкращий захист дає ІК-40 ( $\gamma=350$ ). Максимум інгібіторного ефекту в HCl і H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> проявляється при 60 °C. В 20% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при 80 °C ІК-40 і ІК-45 в концентраціях 1 г/л у 1,5 рази зменшують розчинення оксидів заліза (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> і Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). В 10% HCl при 20°C ІК-40 і ІК-45 захищають цинк

на 99% і латунь Л-62 на 65%. Інгібітор ІК-40 виявляє бактерицидні властивості, впливаючи на життєдіяльність сульфатовідновлюючих бактерій.

На основі четвертинних солей алкіл піридину запатентовано багато інгібіторів корозії. Найвідомішими з них є катапіни. Вони представляють собою алкілбензилпіридинійхлориди, які відрізняються числом вуглеводневих атомів в алкільному ланцюгу. Відомі наступні марки катапінів: А, К, Б-300, БПВ і ЕПВ.

Катапін А являє собою параалкілбензилпіридинійхлорид загальної формули  $[4\text{-CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{CH}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-CH}_2\text{-Py}]\text{Cl}$ , де n=8-10, який отримують взаємодією синтетичного алкілбензола з параформальдегідом і технічним піридином. Призначений для травлення низьковуглецевих сталей в соляній та сірчаній кислотах, для видалення високотемпературної окалини з поверхні котельних сталей в суміші HCl + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Катапін А вдало використовують для захисту від корозії теплоенергетичного обладнання при відмивці відкладів розчином трилону Б і композиціями на його основі. Розчини трилона Б з катапіном А і каптаксом зберігають високі захисні властивості у присутності 1 г/л FeCl<sub>3</sub> (Z=95%) [2].

Катапін К являє собою параалкілпіридинійхлорид загальної формули  $[4\text{-CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{CH}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-CH}_2\text{-Py}]\text{Cl}$ , де n=4-6. Отримують взаємодією піридину з хлорметильованими ароматичними вуглеводнями кerosинові фракції нафти.

Призначений для травлення вуглецевих і легованих сталей в мінеральних кислотах, для відмивок різного роду відкладів в теплоенергетиці [2].

Ефективний інгібітор запропонували автори [3]. Він являє собою продукт конденсації важких піридинових основ (ВПО) і органічних кислих сполук, в якості яких використали знесолену й зневоднену фенольну смолу (ФС) – кубовий залишок виробництва фенолу кумольним методом. Як піридинові основи він містить важкі кам'яновугільні піридинові основи, а як розчинник одноатомні ізоспирти в наступному співвідношенні компонентів:

Продукт конденсації ВПО ФС 80-90  
Одноатомні ізоспирти C3-C5 інше

Відомі інгібітори корозії сталі чорних металів ІКОНП та ІКОМЕП, які являють собою продукти конденсації синтетичного піридину та синтетичних піридинових основ з кубовими залишками синтетичних жирних кислот. Дані інгібітори застосовуються для захисту газоконденсатних свердловин. Даний інгібітор має наступні недоліки: не забезпечує захисту від вуглекислотної корозії та розкладається в присутності метанолу, який вводиться в свердловину як інгібітор гідратуутворення [2].

Відомий також інгібітор на основі піридинових основ I-25-Д (ТУ 38.103463-80), який являє собою продукт конденсації піридинових основ і органічних кислих сполук, а саме синтетичних жирних кислот фракцій C5-C6 або C7-C9 і додатково введеного

Таблиця 1

Захисні властивості інгібіторів типу І-В по відношенню до вуглецевих сталей в 15-% соляній кислоті

Інгібітор	Концентрація інгібітора, г/л	Ст 3сп		Сталь У10А	
		$\rho, \text{г}/(\text{м}^2 \times \text{год})$	Z, %	$\rho, \text{г}/(\text{м}^2 \times \text{год})$	Z, %
І-3-В	0,5	2,90	93,7	7,35	93,8
	1,0	2,17	95,6	5,49	95,5
І-2-В	1,0	2,24	85,3	5,64	95,2
І-1-В	1,0	2,31	95,2	5,75	95,2
Без інгібітору	-	47,5	-	116	-

одноатомного спирту і нафтову вуглеводневу фракцію. Його недоліком є те, що він знижує ефективність значень при низьких значеннях рН водного середовища в суміші «вуглеводень-електроліт», що має місце при солянокислотних обробках свердловин внаслідок більш слабких адсорбційних властивостей початкових компонентів. Іншим недоліком його є обмеженість сировинної бази.

Цікавим інгібітором, який випускається по ТУ У 322-00190443-065-96 є інгібітор Д-6, який являє собою розчин важких піридинових основ в вуглеводневій ароматичній промисловій фракції типу БТК – бензо-толуол-ксилольна фракція. Інгібітор Д-6 містить 70-75% піридинових смол, 25-30% ароматичного розчинника типу БТК. Захисна ефективність його не перевищує 92%. Для підвищення ефективності Д-6 автори [4] ввели додатково зневоднену фенольну смолу, що є побічним продуктом отримання синтетичного фенолу та розчинник на основі одноатомних ізоспиртів С3-С5 в наступних співвідношеннях:

важкі піридинові основи	45-50
смола фенольна	20-25
одноатомні ізоспирти	5-10
розчинник	20-25

Ефективність такого інгібітора суттєво зростає.

В патенті [5] описано інгібітор корозії чорних металів в кислих середовищах на основі продукту конденсації кам'яновугільних піридинових основ і кам'яновугільних фенолів в суміші з вільними кам'яновугільними піридиновими основами, бензолом та його метил похідними. Автори запропонували ряд інгібіторів, які відрізняються процентним співвідношенням компонентів, вмістом наступного компонента: бензол, або бензол-толуол-ксилолова фракція. Довели, що дані інгібітори в залежності від складу та кислотності середовища виявляють ефективність до 99%.

Широко відомо застосування інгібіторів корозії чорних металів на основі гетерополіциклічних амінів. Так, є відомий склад для захисту від корозії сталі марки 3 в розчинах які містять іони хлору на основі вищих піридинових основ з двома або п'ятьма піридиновими кільцями [6]. Вищі піридинові основи є продуктом виробництва 2-метил-5-етилпіридину і містять сполуки піридинового ряду різного складу з високою молекулярною масою. Основною вадою

цього інгібітора є обмежена галузь застосування. Його рекомендують застосовувати тільки для сталі марки 3, тому не можливо ефективно захищати нафтогазове устаткування виготовлене з іншої марки сталі. Інгібітор рекомендовано для використання тільки в водяних розчинах соляної кислоти.

Відомими є також інші інгібіторні складки, які являють собою продукт конденсації амінів і органічних кислих сполук. Серед них інгібітори корозії металів ІКОНП і ІКОМЕР, які є продуктами конденсації відповідно синтетичного піридину і синтетичних піридинових основ з кубовими залишками синтетичних жирних кислот, які застосовуються для захисту устаткування газоконденсатних свердловин при концентраціях 50-250 мг/л і забезпечують захисний ефект 97,8-99,5%.

Схожим інгібітором [2], який є близьким за результатом, є інгібітор сірководневої корозії сталі у малоокислих середовищах, що містить продукт конденсації піридинових основ і органічних кислих сполук, одноатомний спирт і нафтову вуглеводневу фракцію, в якому органічні кислоти сполуки являють собою синтетичні жирні кислоти фракції з С<sub>5</sub>-С<sub>6</sub> або С<sub>7</sub>-С<sub>9</sub>, а піридинові основи являють собою вищі синтетичні піридинові основи. Недоліком даного інгібітора є те, що він знижує ефективність своєї захисної дії при низьких значеннях рН водного середовища в суміші «вуглеводень - вода», що має місце при солянокислих обробках свердловин внаслідок слабших адсорбційних властивостей вихідних компонентів.

В роботі [7] докладно вивчено вплив на швидкість корозії міді, цинку, латуні деяких похідних акридину. Вияснено вплив на інгібування анодного розчинення потенціалу, часу, перемішування, природи і концентрації добавки. Доведено високу ефективність похідних акридину як інгібіторів корозії в хлоридних розчинах.

За допомогою гравіметричного методу, а також вимірюванням вмісту в розчині іонів Fe<sup>2+</sup> та Fe<sup>3+</sup> методом диференціальної імпульсної полярографії на капельному Hg-електроді та вольтамперметричним методом диференціального імпульсного анодного розчинення на електроді з скляновуглецевого волокна авторами [8] доведено високу інгібіторну ефективність полівінілпіролідона в деаерованій 2н. сірчаній кислоті. Доведено, що захисна плівка містить комплекси Fe<sup>2+</sup> та Fe<sup>3+</sup> з

полівінілпіролідом. Доведено також синергічну дію його з  $\text{CaSO}_4$ .

В роботі [9] за допомогою гравіметричного методу з використанням інфрачервоної спектроскопії з перетворенням Фур'є і флуоресцентної спектроскопії досліджена ефективність дії полівінілпіролідона на корозію вуглецевої сталі в водному середовищі, що містить 0,006%  $\text{Cl}^-$ , в залежності від рН середовища і присутності в ньому іонів цинку та катіонної і аніонної ПАР (броміда N-цетил-N,N,N-триметиламонію і додецилсульфата натрію). Доведено, що утворена на поверхні металу плівка складалася з комплексу  $\text{Fe}^{2+}$ -полівінілпіролідон, в присутності цинку містила також  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ .

Авторами [10] за допомогою потенціодинамічної поляризації і спектроскопії електрохімічного імпеданса в 1М  $\text{HCl}$  було вивчено порівняльну інгібіторну дію піперидину і 6 його похідних по відношенню до корозії заліза. Встановлено, що всі досліджувані сполуки виступають інгібіторами змішаного типу. Автори спробували скорелювати електронні властивості досліджуваних сполук з експериментальними інгібіторними ефектами з використанням методів розрахунку молекулярних орбіталей. Чіткої закономірності виявити не вдалось.

Авторами [11] запатентовано спосіб отримання інгібітора корозії-бактерицида шляхом взаємодії 2-метил-5-етилпіридина з алкілбромідами при підвищеній температурі. Даний інгібітор використовують в випадку необхідності з розчинником з отриманням розчину, який містить інгібітор в кількості 20-70 мас. %.

В роботі [12] автори методом ЦВА на обертаючому дисковому електроді вивчили вплив індоли і 5-хлоріндоли на анодне розчинення міді в кислому розчині хлориду натрію. Обидві сполуки діють як досить сильні інгібітори анодного типу, але інгібіторні властивості індоли значно кращі. При зменшенні рН середовища, інгібіторні властивості посилюються.

В іншій роботі [13] досліджено вплив індоли і його похідних на піттингову корозію алюмінію в нейтральному хлоридному розчині. Серед похідних індоли автори дослідили триптамін і триптофан. Здатність даних сполук інгібувати піттингову корозію алюмінію виражається в збільшенні потенціалу пробою пасивної плівки на Al, інгібіторна активність зростала в ряду індол < триптофан < триптамін.

В роботі [14] авторами вивчено триптамін в якості інгібітора сірчанокислої корозії для заліза Армко при експозиції протягом 1, 24, 72 годин при 25-55°C. В концентрації 0,01М триптамін при вказаних умовах інгібував корозію сталі з ефективністю 90-99%. Показано, що триптамін діє як інгібітор переважно катодного типу і адсорбується на поверхні відповідно до ізотерми Бокріса-Швінкеля.

В роботі [15] вивчено інгібіторні властивості полі(4-вінілпіридину) на низьковуглецевій сталі в деаерованій 0,5М  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Як синергісти автори взяли для дослідження  $\text{KI}$ . В відсутності йодиду

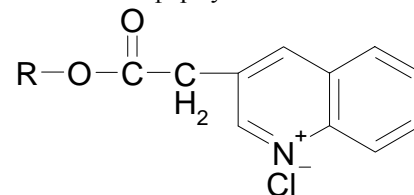
максимальна ефективність складає 75-79%, з йодидом ефективність досягає до 95-96%. Адсорбція полі(4-вінілпіридину) на поверхні сталі, як при відсутності так і в присутності  $\text{KI}$ , відповідає ізотермі Фрумкіна.

Авторами [16] досліджено інгібіторну дію піперидину, 2-метилпіперидину, 3-метилпіперидину, цис-2,6-диметилпіперидину, 2-метилпіперазіна, цис-2,6-диметилпіперазіна на корозію заліза в 0,1М  $\text{HClO}_4$ . Показано, що всі сполуки діють як інгібітори змішаного типу, адсорбуються на поверхні заліза відповідно ізотермі Ленгмюра, причому піперидин і піперазин являються більш ефективними інгібіторами порівняно з їх похідними. Виявлена кореляція між захисною дією інгібіторів і розрахункови значенням електричних зарядів на атомі N в молекулі інгібітора, а також з сумою зарядів всіх шести атомів гетероцикла.

В роботі [17] авторами зроблена спроба пояснити інгібіторний ефект піридину, його метильних і кватернізованих похідних на основі аналізу енергетичного стану молекулярних орбіталей інгібітора, величини зарядів на атомах і фрагментах, а також потенціали іонізації досліджуваних металів. Прогнозування інгібіторних властивостей органічних сполук з використанням значень потенціалів іонізації ( $I_1$ - $I_4$ ) і їх взаємозв'язок з потенціалами іонізації металів дозволяє суттєво підвищити ефективність науково-дослідних робіт при виборі інгібіторів корозії.

В роботі [18] шляхом реалізації повнофакторного експерименту знайдений оптимальний склад композиційного інгібітора корозії сталі 45 на основі хлористого 3-хлор-2-бутенілхінолінію, диметилетинілкарбінолу та відомого інгібітора  $\text{KI}$ . Дана композиція в 14%-ій соляній кислоті забезпечує максимальний інгібіторний ефект ( $\gamma=1116$ ) і повністю захищає метал від водневого нагромадження.

Автори [19] запропонували в якості інгібітора сірководневої корозії сполуку з класу ізохінолінієвих солей загальної формули:



де R – нормальний алкільний радикал  $\text{C}_{10} - \text{C}_{12}$ .

Синтез запропонованої сполуки проводили шляхом взаємодії хінолінієвих основ з ефірами хлороцтової кислоти. Захисний ефект сталі від сірководневої корозії складає 90-98% при концентрації реагента 50 мг/л.

В кислому середовищі піридини значно уступають по ефективності своїм кватернізованим похідним – N-алкілпіридинам. Спираючись на дане положення авторами [20] було досліджено різницю між метилпіридином та його N-метильованими аналогами. Ефективність останніх набагато вища за піридин та метилпіридину. Метильний замісник,

який знаходиться в будь-якому положенні кільця і навіть біля атома азоту, здійснює незначний вплив на розподіл ефективних зарядів на атомах піридиній- і N-метилпіридиній-катионів. Розрахункова оцінка енергії зв'язків показує, що зв'язок N-H в піридиній катіоні міцніша за N-C в катіоні N-метилпіридинія. Тому автори припустили, що найбільш імовірна різниця в ефективності метилпіридинів і їх N-метильованих похідних є різна здатність до дисоціації зв'язку N-H і N-C у поверхні металу.

Існує багато інгібіторів на основі похідних хіноліну, більшість з них виявляють низький інгібіторний ефект. Для збільшення ступеня захисту авторами [21] був запропонований спосіб по якому в якості інгібітора використовують смолоподібний продукт, який являє собою залишок після відгонки ацетонаміла при синтезі його конденсацією ацетону з аніліном. Основним компонентом суміші являється полімер на основі похідних хіноліну. Даний інгібітор називається ОПІ, і в концентрації 2,5 г/л захищає сталь, нікель, кобальт від кислотної корозії протягом 2 і більше місяців. Степінь захисту складає 90-99%. Захисна дія інгібітора ОПІ підвищується з збільшенням концентрації і температури розчинів кислот.

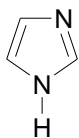
Як видно з розглянутого матеріалу, четвертинні солі алкілпіридину являються ефективними інгібіторами корозії в кислому середовищі. При зменшенні рН для більшості алкілпіридинових четвертинних солей різко зростає імовірність хімічної адсорбції, що сприяє зростанню захисного ефекту. Алкілпіридини виступають переважно інгібіторами змішаного типу, хоч деякі з них виявляють тільки катодний захист.

Похідні акридину та індоли так само як і піридинійні сполуки ефективніші при рН<7. Проте похідні індоли можуть виявляти як катодний так і анодний захист в залежності від замісників.

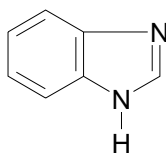
В загальному азотовмісні гетероцикли з одним атомом азоту є ефективними інгібіторами корозії при рН<7.

## II. Азотовмісні гетероцикли з двома атомами N.

Основними представниками групи азотовмісних гетероциклів з двома атомами азоту, які використовуються і досліджуються в якості інгібіторів корозії є похідні імідазолу та бензімідазолу.

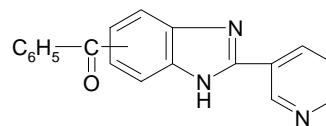


імідазол



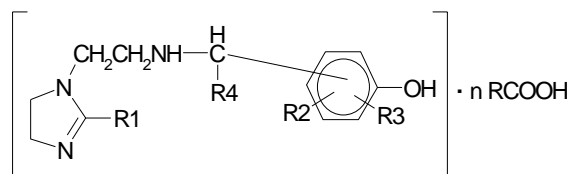
бензімідазол

Цікавий інгібітор запропонували автори патенту [22]. Він являє собою 2-піридилзаміщені-5(6)-бензоїлбензімідазоли та йодетилат 2-(піридил-4)-5(6)-бензоїлбензімідазолу.



Синтезовані сполуки володіють інгібуючою активністю в 10%-ному розчині соляної кислоти і можуть бути використані для протикорозійного захисту різноманітного устаткування та медичних інструментів, виготовлених з вуглецевої сталі.

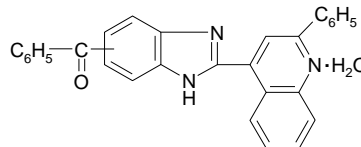
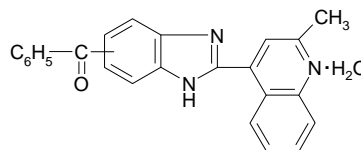
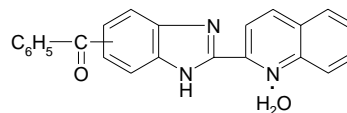
Автори [23] запропонували спосіб захисту від корозії обладнання установок підготовки та переробки нафти за допомогою суміші гідроксиметиленамінів (етаноламін, пропаноламін) та похідних імідазоліну загальної формули:



де R – залишок насиченої та ненасиченої жирної кислоти з числом атомів вуглецю C<sub>6</sub>-C<sub>8</sub>, C<sub>9</sub>-C<sub>15</sub>, C<sub>15</sub>-C<sub>21</sub>, R<sub>1</sub>- алкіл, алкілен з числом атомів вуглецю C<sub>5</sub>-C<sub>7</sub>, C<sub>8</sub>-C<sub>14</sub>, C<sub>14</sub>-C<sub>20</sub>, R<sub>2</sub>- алкіл, алкіларил, R<sub>3</sub>- H, третбутил, алкіларил, R<sub>4</sub>- H, алкіл, арил, орто- та пара-крезол, n – 0,1,2.

Дані суміші, в залежності від співвідношення компонентів, виявляють ступінь захисту від 83 до 98,9%.

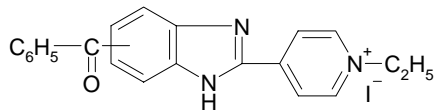
В патенті [24] описано інгібітор кислотної корозії сталі на основі гідратів 2-хінолінзаміщених-5(6)-бензоїлбензімідазолів формул:



Ступінь захисту в 10%-ій соляній кислоті даними сполуками становить 34,1-75,2%.

У роботі [25] електрохімічними методами досліджено бензімідазол, як інгібітор вуглекислотної корозії вуглецевої сталі. Для дослідження використали два зразки сталі: першу - відпалену, другу - загартовану і піддану відпуску. Корозійне середовище – знекиснений 5%-ий розчин хлориду натрію насичений CO<sub>2</sub> при 40°C і рН 6. Концентрація інгібітора 0,01%. Доведено, що загартована сталь стійкіша до корозії без інгібітора. З іншої сторони присутність інгібітора покращує корозійну стійкість відпаленої сталі, і здійснює протилежну дію на

загартовану сталь.



Авторами [26] досліджено ефективність деяких нетоксичних похідних імідазолу, як інгібіторів корозії міді в розчинах хлориду натрію. Доказано, що кращим інгібіторним ефектом володіють похідні імідазолу з вищою молекулярною масою, особливо з фенольним кільцем. Величини вільної енергії адсорбції, вираховані з ізотерми Фрейндліха, доказують, що дані сполуки адсорбуються фізично на поверхні металу.

В роботі [27] гравіметричним і потенціодинамічним методами досліджено інгібіторну дію синтезованих 2-оксифеніл-5-меркапто-1-окса-3,4-діазола, 2-феніл-5-меркапто-1-окса-3,4-діазола і 2-цинаміл-5-меркапто-1-окса-3,4-діазола на корозію вуглецевої сталі в 1н НСІ та 1н H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. в двох розчинах досліджувані сполуки діяли, як ефективні інгібітори корозії катодного типу, адсорбуючись на поверхні металу відповідно ізотермі Тьомкіна.

Авторами [28] за допомогою електрохімічних методів досліджено вплив деяких 4-заміщених піразол-5-онів на корозію нержавіючою сталі 304 в 0,5М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Ефективність даних похідних зіставлена з індукційними або мезомерними впливами 4-замісників.

В роботі [29] автори дослідили інгібіторну ефективність в розчинах НСІ розчинного в воді імідазоліну, синтезованого в результаті дії діетилентриаміну на каніфоль в вакуумі (2,67-5,33 кПа) при 230-240°C. Доказано, що синтезований імідазолін по ефективності переважає такі відомі інгібітори, як уротропін та бензотриазол.

Авторами [30] вивчена інгібіторна активність четвертинних солей 2-алкілімідазолінів заліза в кислому середовищі в широкому діапазоні температур (20-90°C). Доведена висока їх ефективність.

В роботі [31] авторами представлено дослідження інгібування заліза-Армко в сірчаній, соляній і сірководнево-місній соляній кислотах в присутності інгібітора – піноутворювача 1-(21-аміноетил)-2-гептадецил-2-імідазоліна.

Потенціометричним методом досліджено [32] вплив ряду похідних 2-бензімідазол-2-тіона (БІТ) і бензоксазол-2-тіона (БОТ) на корозію Al в НСІ. Доведено, що ефективність інгібування спадала в ряду: БІТ > 5-метил-БІТ > 5-хлор-БІТ і 5-метил-БОТ > БОТ > 5-хлор-БОТ > 5-нітро-БОТ, що відповідає розрахованій зміні повного від'ємного заряду молекул.

В роботі [33] вивчено інгібуючу дію імідазола на корозію чистої міді в 1М HNO<sub>3</sub> шляхом аналізу потенціодинамічних поляризаційних кривих, потенціостатистичних анодних хроноамперограм, графіків імпеданса і рентгенівських фотоелектронних спектрів. Показано, що імідазол ефективно інгібує

корозію міді, спочатку блокуючи активні катодні місця на металічній поверхні, а потім утворює дифузійний бар'єр в вигляді поступово збільшуваний багатослойній плівці комплексної сполуки імідазолу з міддю.

Автором [34] представлений механізм дії інгібіторів амідо-імідазольного ряду в водно-вуглеводневих середовищах, що містять агресивні сполуки. Показано, що інгібітор адсорбуються на сталі, виступаючи при цьому донором електронів, при низьких значеннях рН зменшують катодну та анодну реакції, при підвищенні рН до 6 – переважно анодну, що являється однією з причин локальної корозії сталі. Досліджено, що при тривалому зберіганні ефективність дії інгібітора зменшується, в зв'язку з зміною гідрофобно-гідрофільного балансу молекул.

В роботі [35] автори виміряли швидкість корозії низьковуглецевої сталі в 1М НСІ за допомогою гравіметричного методу в присутності таких інгібіторів корозії: бензімідазол, 2-меркаптобензімідазол, 5(6)-карбоксібензімідазол, 2-піридилбензімідазол. В припущенні, що ефективність інгібування співпадає з площею металічної поверхні покритої інгібітором побудовані ізотерми адсорбції інгібіторів, які мають форму, типову для ізотерми Фрумкіна, і за допомогою методів статистичного аналізу, розраховані параметри цих ізотерм.

Авторами [36] досліджено за допомогою гравіметричного і електрохімічних методів вплив новосинтезованого похідного піразолу – N,N'-біс(3,5-диметилпіразол-1-іл-метил)-пентаноламіна на корозію сталі в 1М НСІ при 308 К. Показано, що досліджувана сполука являється ефективним інгібітором корозії, і адсорбується на поверхні в відповідності з ізотермою Ленгмюра.

В роботі [37] знімаючи циклічні вольтамперометричні криві в перемішуваних і нерухомих розчинах при різній експозиції і досліджуючи поверхність методами мікроскопії атомної сили скануючої електронної мікроскопії разом з енергодисперсійним рентгенівським аналізом автори вивчили ефективність інгібіторної дії 1-феніл-4-метилімідазола при корозії міді в 3% NaCl. Встановлено, що захисні властивості зростають при перемішуванні і з збільшенням експозиції. Захисний шар, який складається з інгібітора і продуктів корозії, має досить складну структуру.

Цікавий спосіб захисту від корозії нафтопромислового обладнання запропонували автори [38]. Як інгібітор корозії вони використали нафтеніві імідазоліни синтезовані реакцією нафтенівих кислот з діетилентриаміном. Показано, що даний інгібітор може використовуватися в нафтопереробній галузі також як ефективний біоцид.

Авторами [39] гравіметричним і потенціодинамічним методами досліджено інгібіторну дію бензімідазола (1), 2-метил- (2), 2-оксиметил- (3), 2-аміно- (4), 2-меркапто- (5), 5(6)-нітро- (6), 5(6)-карбоксібензімідазола (7), 2-бензімідазолілацетонірила (8) на корозію низько вуглецевої сталі в 1М НСІ. Адсорбція всіх сполук на

поверхні сталі (крім 7, яка адсорбується відповідно ізотермі Ленгмюра) відповідає ізотермі Фрумкіна. Не виявлено закономірності між ефективністю, яка збільшується в ряду  $6 < 1 < 2 < 7 < 3 < 4 < 8 < 5$  і параметрами електронної і хімічної структури інгібіторів.

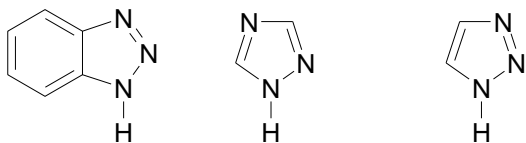
Знімаючи потенціодинамічні поляризаційні криві і спектри електрохімічного імпеданса в деаерованих кислих середовищах автори [40] зіставили ефективність інгібіторної дії 1-(2-етиламін)-2-метилімідазоліна (імідазоліна), його попередника N-[3-(2-аміно-етил-аміно-етил)]-ацетаміда (аміда) і його похідного 1-(2-етиламін)-2-метилімідазолідіна (імідазолідіна) по відношенню до вуглецевої сталі. Отримані експериментальні результати показали, що імідазолін являється хорошим інгібітором корозії в різних концентраціях; амід демонструє низькі значення інгібіторного ефекту; імідазолідін зовсім не володіє інгібіторними властивостями. Результати теоретичних розрахунків вказують на те, що імідазолін являється більш ефективним інгібітором корозії із-за його двох досить активних місць (двох атомів азоту) і планарної геометрії гетероциклічного кільця. Це дозволяє його координацію на поверхні металу.

В патенті [41] описано спосіб отримання інгібітора сірководневої корозії шляхом взаємодії розгалужених аліфатичних монокарбонових кислот фракції C<sub>10</sub>-C<sub>20</sub> з поліетиленполіаміном та 1,4-ди(2-аміноетил)піперазином. Вказано високу ефективність даного інгібітора.

Як видно, імідазолні системи є ефективними інгібіторами в кислому середовищі та в сольових розчинах при pH ≈ 7. Завдяки планарній геометрії гетероциклічного ланцюга похідні імідазолу та бензімідазолу добре координуються на поверхні металу, що дозволяє забезпечити як анодний так і катодний захист. Хоча багато з них виявляють тільки катодний. Адсорбція похідних імідазоліну відбувається переважно згідно ізотермі Ленгмюра і Фрумкіна.

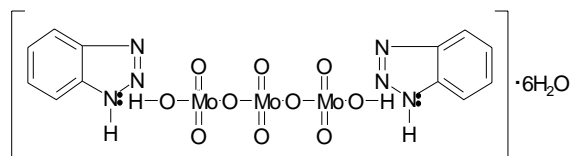
### III. Азотовмісні гетероцикли з трьома атомами N (триазоли)

Найпоширенішими представниками азотовмісних гетероциклів, які вивчаються в якості інгібіторів корозії є похідні 1,2,3- та 1,2,4-триазолу, бензотриазолу.



1,2,3-бензотриазол 1,2,4-триазол 1,2,3-триазол

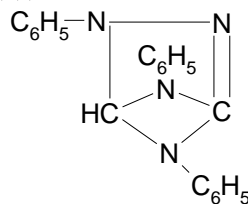
Так, наприклад, цікавий інгібітор запропонували автори патенту [42]. Даний інгібітор являється інгібітором корозійно-втомленого руйнування металів в нейтральних середовищах на основі тримолібдату 1,2,3-бензотриазолу формули:



Як свідчать дані антикорозійних випробовувань досліджуваного інгібітора ступінь захисту сталі 40X в водогінній воді в залежності від концентрації інгібітора становить 82-91%, в 3%-ому розчині хлориду натрію 45-60%.

В патенті [43] запропонований інгібіторний склад на основі 1,2,3-бензотриазолу у кількостях 1,2-2,1 мг/дм<sup>3</sup>, фосфат- та хроматаніонів у кількостях 50,0-70,0 та 3,0-3,5 мг/дм<sup>3</sup> відповідно. Даний інгібітор призначений для захисту від корозії металів та сплавів у замкнутих рециркуляційних водних охолоджувальних системах. Введення 1,2,3-бензотриазолу до аніонів збільшує захисну дію інгібітора майже до 100%.

З метою розширення асортименту інгібіторів на основі триазолів автори [44] запропонували в якості інгібітора 1,4-дифніл(3,5-енданіл)-дигідро-1,2,4-триазол (нітрон). Його використовують разом з йодидом калію.



Даний інгібітор досліджений в розчинах соляної та сірчаної кислот при концентрації його 0,5%. В соляній кислоті він є ефективнішим ніж в сірчаній, і в 7n HCl інгібіторний ефект становить 38,8.

В роботі [45] імпедансним методом досліджено вплив бензотриазолу та додецилсульфату натрію на корозію мідного електрода в розчині сірчаної кислоти. Додецилсульфат натрію при відсутності бензотриазолу виявляє слабку інгібіторну дію. В нерухомому середовищі він посилював, а в умовах потоку послаблював інгібіторну дію бензотриазолу.

За допомогою гравіметричного та потенціодинамічного методів авторами [46] досліджено вплив синтезованого 4-аміно-3-бутил-5-меркапто-1,2,4-триазола на корозію низько вуглецевої сталі в 1n. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Доведено, що дана сполука діє як інгібітор корозії сталі змішаного типу, і адсорбується на металічній поверхні відповідно до ізотерми Тьомкіна.

В іншій роботі [47] за допомогою електрохімічних та гравіметричних методів досліджено вплив 3,5-ди(м-толіл)-4-аміно-1,2,4-триазола і ,5-ди(м-толіл)-4Н-1,2,4-триазола на корозію низько вуглецевої сталі в 1М HCl. Доведено, що дані сполуки виявляють максимальну ефективність відповідно 95 і 91%. Причому перша сполука діє як інгібітор катодного, а друга – змішаного типу. Адсорбція обох інгібіторів відповідає ізотермі Ленгмюра.

Цікавий інгібітор запропонували автори [48]. За

допомогою потенціометричного методу досліджено вплив синтезованого 4-саліциліденаміно-3-феніл-5-меркапто-1,2,4-триазола на корозію низьковуглецевої сталі в 1М НСІ. Показано, що досліджувана сполука являється інгібітором змішаної дії.

В роботі [49] за допомогою гравіметричного, досліджуючи корозійно-електрохімічні характеристики латуні методом потенціодинамічної поляризації і плівку на її поверхні методом інфрачервоної спектроскопії з перетворенням Фур'є, визначаючи хімічний склад розчину, вивчали вплив N-[1-(бензотриазол-1-іл)метил]аніліна і 1-оксиметилбензотриазола на корозійну поведінку латуні в нейтральному розчині NaCl. Встановлено, що обидва похідні являються інгібіторами змішаного типу, які зменшують швидкість катодних та анодних реакцій на латуні в хлоридних розчинах і зміщують її потенціал розімкнутого ланцюга в позитивну сторону.

В роботі [50] представлено порівняльне дослідження інгібіторної ефективності бензотриазолу (ВТАН) для міді, заліза і нікелю в 0,1М розчині KCl з використанням поляризаційних кривих (тафелівські нахили) і *in-situ* спектроскопії комбінаційного розсіювання. Захисні плівки, які утворилися на залізі і нікелі в присутності бензотриазолу, ідентифіковані як  $[Cu^I(BTA)_n]$  і  $[Fe^{II}(BTA)_2]_n$  відповідно. Формування координаційних зв'язків Fe-N і депротонування триазолового кільця може проходити при взаємодії бензотриазолу з поверхневими атомами заліза. З іншої сторони, бензотриазол може взаємодіяти з поверхнею нікелю в вигляді нейтральних молекул, що приводить до слабкого ефекту інгібування. Поверхневий комплекс ідентифікований як  $[Ni(BTA)]$ . Залежність спектрів комбінаційного розсіювання від потенціалу на залізі та нікелю показують, що іон  $BTA^-$  в поверхневому комплексі може знову об'єднуватися з іоном  $H^+$  при більш від'ємних потенціалах, при цьому інгібіторна ефективність бензотриазолу падає.

Цікаві структури випробували в якості інгібіторів корозії автори [51]. Гравіметричними та електрохімічними методами вони дослідили інгібіторну дію на корозію маловуглецевої сталі в 1М НСІ синтезовані «болаамфіфільні» ПАВ (бола – метальна зброя з закріпленими ременем шарами, форму якої нагадують дані структури): 1,10-біс(1,2,4-триазоліл)декан і 1,12-біс(1,2,4-триазоліл)додекан. Показано, що обидві сполуки являються інгібіторами катодного типу, їх ефективність в концентрації 0,01М складає відповідно, 83 і 93%.

В роботі [52] досліджено інгібіторні властивості синтезованих N-арил-N-(6,7,8,9-тетрагідро-5H-[1,2,4]триазоло[4,3-a]азепін-3-ілметил)амінів на корозію сталі 45 в кислому середовищі. Вивчено також їх біоцидну дію на сульфатредукційні бактерії.

Автори [53] запропонували в якості інгібіторів корозії синтезовані 3-феніл- і 3-метил-1,2,4-триазол-5-тіон і похідних: монополярних, біполярних і біланцюгових ПАВ.

Автори [54] запатентували новий інгібіторний склад на основі 1,2,3-бензотриазолу (I), оксиду

алкілдиметиламіну (II), пропіленгліколю (III) і диметилформаміду (IV) в співвідношенні компонентів, мас. %: I – 1,0 – 10,0; II – 1,0 – 25,0; III – 1,0 – 30,0; IV – 1,0 – 10,0, вода – решта. Технічним результатом являється підвищення ефективності роботи систем зворотного водопостачання за рахунок використання економічного складу, який володіє високими антикорозійними властивостями.

В роботі [82] досліджено антикорозійні властивості хіноїдних сполук бензотриазолу, а саме:

2-третбутиламіно-3-(бензтриазол-1-іл)-1,4-нафтохінон

2-(2'-метоксифеніламіно)-3-(бензтриазол-1-іл)-1,4-нафтохінон

2-(4'-хлорфеніламіно)-3-(бензтриазол-1-іл)-1,4-нафтохінон

4,4'-ди[3-(бензтриазол-1-іл)-1,4-нафтохінон-2-іл-аміно]дифеніл

5-оксо-6-(бензтриазол-1-іл)-5,6-Н-бензо-[а]-феназин

Доведено, що дані сполуки виступають інгібіторами корозії в кислому середовищі. Але порівняно з відомими промисловими інгібіторами вони виявляють досить низький інгібіторний ефект ( $\gamma=5,5-13,4$ ). Автори пояснюють це поганою розчинністю їх в водносолянокислому середовищі. Збільшення розчинності для розглянутих амінохіноїдних структур в кислому середовищі автори добилися введенням в структуру вільних аміногруп. Було проведено взаємодію 2,3-дихлоро-1,4-нафтохінону, 2,3-ди(бензтриазол-1-іл)-1,4-нафтохінону з діетилентриаміном та  $\beta$ -оксетилетилендіаміном. Отримані продукти забезпечували захист в солянокислому середовищі на рівні з багатьма промисловими інгібіторами (94,8-97,3%).

Триазольні системи являються ефективними інгібіторами в нейтральних водних та сольових середовищах. В кислому середовищі вони є менш ефективними порівняно з похідними піридину та імідазолу. Виступають переважно інгібіторами катодного та змішаного типу.

#### IV. Азотовмісні гетероцикли з O та S гетероатомами.

Особливо цікавими з практичної та теоретичної точки зору є інгібітори на основі гетероциклів з O та S гетеро атомами, представлені в основному тіазолами та оксазолами.

В роботі [55] гравіметричними і електрохімічними методами досліджено інгібіторну дію ізомерів 3-піридил-1,2,4-тіадіазолу та 3-піридил-1,3,4-тіадіазолу на корозію низьковуглецевої сталі в 1 М НСІ і в 0,5 М  $H_2SO_4$ . В двох кислотах перший ізомер виступав ефективнішим інгібітором корозії, ніж другий, причому особливо ефективним він був в НСІ. Обидва ізомери виступали як інгібітори змішаної дії в НСІ і переважно катодного типу в  $H_2SO_4$ . Адсорбція даних ізомерів на поверхні сталі в всіх випадках відповідає

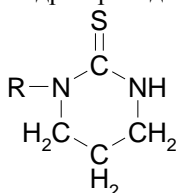


ізотермі Ленгмюра.

В роботі [56] гравіметричним і електрохімічними методами досліджено вплив похідних тіофену на корозію сталі при 298-353 К в 0,5 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Показано, що дані сполуки являються ефективними інгібіторами корозії катодного типу (ступінь захисту 98% при концентрації 2-тіофенетиламіна 0,005 М). Адсорбція 2-тіофенетиламіна і 3-тіофенетиламіна на поверхні сталі відповідає ізотермі Фрумкіна.

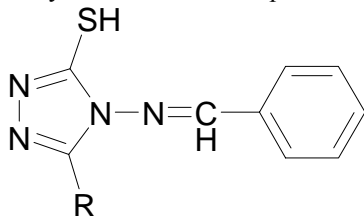
В роботі [57] запропоновано інгібітор корозії для нафтовидобувної промисловості на основі N-(2-гідроксиетил)-4-тіазолідинів. Даний продукт є ефективним для сталі марки Ст.3 в 1-% розчині хлориду натрію насиченому CO<sub>2</sub> і в присутності сірководню при температурі 60°C (95%). Недоліком його є зниження ефективності при збільшенні температури.

Автори [58] запропонували спосіб, по якому в якості інгібітора застосовують N-аліфатичний гексагідропіримідин-2-тіон загальної формули:



де R – аліфатичний вуглеводневий радикал від 6 до 22 атомів вуглецю. Інгібітор є ефективним в водних розчинах сірчаної, соляної, фосфорної, сульфамінової і лимонної кислот. В залежності від кислоти швидкість корозії зменшується в 100-200 раз.

В роботі [59] описано дослідження інгібіторної дії деяких похідних меркаптотриазола на корозію низьковуглецевої сталі в аерованій 1,0 М HCl.



де R=H, CH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>

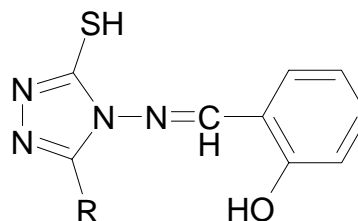
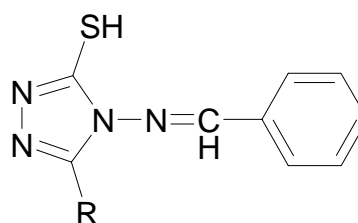
Всі досліджені сполуки діяли, як інгібітори змішаної дії, адсорбувалися на поверхні металу в відповідності з ізотермою Ленгмюра. Ефективність інгібування при концентрації інгібітора 0,4 г/л досягала 91-99% і збільшувалася в залежності від замісника в ряду H<CH<sub>3</sub><C<sub>2</sub>H<sub>5</sub><C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>, що можна пояснити, напевне, збільшення гідрофобних властивостей в ряду.

В роботі [05,03-66,230] за допомогою гравіметричного, електрохімічними методами досліджено вплив синтезованих біциклічних ізооксазолідинів на корозію вуглецевої сталі в 1н H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при 30-60°C. Показано, що досліджені ізооксазолідини являються ефективними інгібіторами змішаної дії, які адсорбуються на поверхні металу згідно ізотерми Ленгмюра.

Авторами [60] вивчено за допомогою електрохімічних методів інгібіторну дію

синтезованих 2,5-біс(4-диметиламінофеніл)-1,3,4-оксадіазола (1) і 2,5-біс(4-диметиламінофеніл)-1,3,4-тіадіазола (2) на корозію низьковуглецевої сталі в 1М HCl та 0,5М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при 30°C. Показано, що 1 та 2 діють як інгібітори змішаного типу в HCl і катодного типу в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, адсорбуються на поверхні сталі відповідно ізотермі Ленгмюра. В концентрації 10<sup>-4</sup>М ефективність 2 складала до 94-95% в обох кислотах, тоді як ефективність 1 – 70% в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> і 90% в HCl. З допомогою квантовохімічних розрахунків показана кореляція між ефективністю та електронною структурою молекул.

В роботі [61] автори охарактеризували взаємозв'язок різних параметрів молекулярної і електронної структури з ефективністю наступних меркаптотриазолів:



де R=H, CH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>7</sub> або C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>

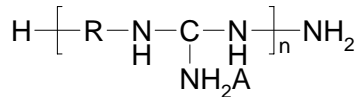
За допомогою електрохімічних та гравіметричного вимірювань і рентгенівської фотоелектронної спектроскопії досліджено інгібіторну дію 3,5-біс(2-тієніл)-1,3,4-тіадіазолу і 3,5-біс(3-тієніл)-1,3,4-тіадіазолу на корозію низько вуглецевої сталі в 1М HCl. Для уточнення механізму адсорбції на поверхні сталі з імпедансних вимірювань був розрахований потенціал нульового заряду поверхні сталі. Показано, що обидві сполуки адсорбуються відповідно ізотермі Ленгмюра. За допомогою квантово-хімічних розрахунків виявлена кореляція між ефективністю інгібування і електронними властивостями молекул.

Як видно, азотовмісні гетероцикли з атомами сірки є особливо ефективними інгібіторами корозії при pH<7 та при підвищеній температурі, що пояснюється, напевне, утворенням міцних зв'язків S-поверхня металу. Дані сполуки виступають інгібіторами катодного та змішаного типу, адсорбуються на поверхні металу переважно згідно ізотермі Ленгмюра.

## V. Ациклічні аміни.

Ациклічні аміни виступають менш ефективними інгібіторами порівняно гетеро циклами, однак багато з них знайшли широке практичне застосування та теоретичний інтерес. Особливо цікавими є похідні полігуанідину, етанол амінів, продукти конденсації кислот та етанол амінів та інші.

Так, наприклад, автори [62] запатентували ефективний інгібітор корозії на основі солі полігуанідину загальної формули:



де: R =  $-(\text{CH}_2)_6-$ , або  $-(\text{CH}_2)_2-$ , або  $-(\text{CH}_2)_2\text{-NH-}(\text{CH}_2)_2-$ , а

A = Cl<sup>-</sup> або HSO<sub>4</sub><sup>-</sup>, або HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, або HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, а n = 2-50 при такому співвідношенні компонентів: уротропін : сіль полігуанідину : вода = 18-25 : 1-15 : 81 : 60. Даний інгібітор є ефективним в розчинах сірчанної та соляної кислот. Ефективність його в сірчаній кислоті становить 99,4%, в соляній в залежності від концентрації кислоти та температури від 97,4 до 99,4%.

Схожий інгібітор на основі полігексаметиленгуанідинхлориду вивчили автори [63]. Інгібітор являє собою синергічну суміш полігексаметиленгуанідинхлориду, уротропіну та моноалкілфенолу при наступному співвідношенні компонентів:

уротропін	10-30
полігексаметиленгуанідинхлорид	1-20
моноалкілфенол	15-25
вода	решта

Дана суміш є ефективною в 20% хлористоводневій кислоті і ступінь захисту її становить від 92,7 до 97% в залежності від процентного співвідношення компонентів.

Цікавий інгібітор запропонували автори [64]. Як азотовмісну сполуку вони використали моноетаноламін, сконденсувавши його з кам'яновугільним фенолом, причому продукт конденсації містить надстехіометричну кількість вільного моноетаноламіну при наступному співвідношенні компонентів:

продукт конденсації MEA і фенолу	85-90
одноатомні ізоспирти	решта

Ефективність його в залежності від складу, концентрації та pH середовища лежить в межах 80-95%.

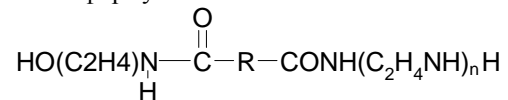
Авторами [65] запатентовано ефективний інгібітор, що являє собою вуглеводневий розчин продуктів високотемпературної конденсації жирних кислот легкого талового масла та амінів, а саме поліетиленполіаміну, ціанетилуваного етилендіаміну, триетаноламіну, або їх суміші. Також додатково містить каталізатор риформінгу, керосин КО-20 та високооктанову кисневмісну добавку до бензинів. Даний інгібітор є досить ефективним в 3-% розчині NaCl насиченому сірководнем. Найбільш близьким

до запропонованого інгібітора за технічною сутністю і ефекту, що досягається є інгібітор корозії металів, що являє собою розчин продуктів взаємодії жирних кислот талового масла й аміну з добавкою Неонулу АФ 9-6 у суміші технічного толуолу з Нефрасом марки А 120/200. однак його недоліком є седиментація активного компонента при зберіганні більше 2 місяців, а відповідно і зниження ефекту внаслідок цього на 20-30% [66].

Відомим є також інгібіторний склад, який використовується для кислотних обробок свердловин соляною кислотою окремо, або в суміші з плавиковою чи оцтовою кислотою, який являє суміш амінів, таких як додециламін, алкілпіридини і ацетиленетаноли з пропаргіловим спиртом. Однак він недостатньо ефективний в малоокислих середовищах [67].

Проблема захисту чорних металів в нейтральному водному середовищі є досить актуальною в наш час. Найбільш відомим інгібітором корозії в циркуляційних системах охолодження є триполіфосфат натрію. У роботі [68] автори запропонували новий інгібіторний склад на основі триполіфосфату натрію з додаванням до нього моноетаноламіну, карбаміду та оксозолідону-2. Дані добавки містять вільні аміно- та гідроксильні групи, здатні адсорбуватися на активних центрах металу, значно збільшуючи при цьому захисні властивості інгібітора.

Цікавий інгібітор запропонували автори патенту [69] на основі алкілдіамідополіаміну жирної кислоти загальної формули:



де R – вуглеводневий радикал C<sub>21</sub> і вище; n – 1-3.

До його складу входить також поверхнево-активна речовина та розчинник (вода, спирт, вуглеводень). В якості ПАР використовуються оксигетильовані спирти і алкілфеноли.

В роботі [70] досліджено інгібіторну активність ортозаміщених анілінів на корозію заліза в 0,5M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. При концентрації інгібіторів 0,001-0,01 M ефективність інгібування зростала в ряду о-толуїдин < 2-хлоранілін < 2-етиланілін < 2-фторанілін < 2-амінофенетол. Адсорбція інгібіторів на поверхні сталі відповідала ізотермі Ленгмюра.

В іншій роботі досліджено інгібіторні властивості діанілів для низьковуглецевої сталі в кислих розчинах. Для дослідження було взято п'ять заміщених діанілів. Показано, що досліджені сполуки, найефективнішим серед яких є 1,4-диціанаміліденамінофенілен, діють як інгібітори змішаного типу, адсорбуються на поверхні металу згідно ізотерми Тьомкіна.

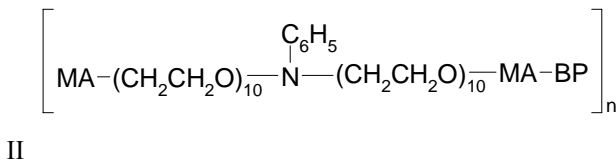
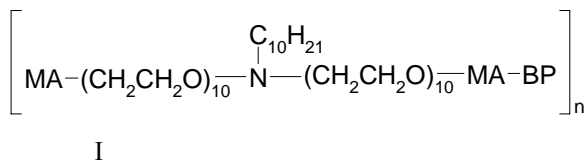
Авторами [71] досліджено в якості інгібіторів корозії сталі в розчині соляної кислоти альдіміни – N-метилен- (I), N-етиліден- (II) і N-пропіліденоктиламін (III). Встановлено, що синтезовані альдіміни виступають ефективними інгібіторами кислотної корозії низьковуглецевої сталі

змішаного типу, причому ефективність їх зменшується в ряду III>II>I. Адсорбція даних сполук підпорядковується ізотермі Тьомкіна.

В роботі [72] гравіметричним і електрохімічними методами досліджено інгібіторну дію наступних похідних етилендіаміна: N,N'-добензиліденетилендіаміна, N,N'-ди(п-метоксibenзиліден)етилендіаміна, N,N'-дисалициліденетилендіаміна, синтезованих реакцією конденсації етилендіаміна з відповідними альдегідами в присутності етанолу на корозію електролітичного цинку в 0,25M сірчаній кислоті. Досліджувані сполуки діють як інгібітори катодного типу, ефективність яких при рівних концентраціях зростає в ряду 1<2<3, причому ефективність 3 і 2 з збільшенням їх концентрації перевищує 99%.

В роботі [73] досліджено синергічний ефект між жирними амінами і сіллю фосфонокарбонової кислоти при протикорозійному захисту вуглецевої сталі. З різних досліджуваних концентрацій найвищий ефект було досягнуто для сумішей 200мг/л солі + 50мг/л жирного аміну. В присутності тільки аміну шар оксид Fe / гідроксид Fe залишався пористим і ефективність інгібіторної дії була не високою. Жирні аміни діяли, як водовідштовхуючий засіб, витісняючи воду з границі сталь/вода. Сіль фосфонокарбонової кислоти заповнювала пори оксидного шару шляхом утворення хелатів. Таким чином, ріст інгібіторного шару був обмежений, але ефективність інгібування була вищою ніж в випадку самого аміна. Для пояснення синергічного ефекту, автори запропонували механізм конкуруючої адсорбції.

В роботі [74] автори вивчили інгібіторні властивості деяких полімерних амінів структурні формули яких:



де MA- малеїновий ангідрид, BP- блоксополімер поліоксіетилену і поліоксіпропілену.

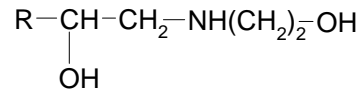
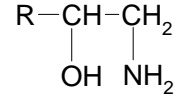
Було доведено, що вплив γ-випромінювання не впливає на ефективність інгібітора II, але помітно знижує ефективність першого.

В роботі [75] з метою отримання інгібіторів корозії вивчено взаємодію етилендіаміна, діетилентріаміна і тетраетиленпентааміна з 1,2- і 1,3-дихлорпропанами – відходами високотемпературного хлорування пропілену. Реакція проходить добре з утворенням відповідних змішаних етилен- і

пропіленполіамінів.

Авторами [76] дана оцінка можливості використання похідних меламіну в якості інгібіторів корозії металів.

В роботі [77] розроблений ряд інгібіторних композицій на основі алкіламіноспиртів і нафтових кислот для захисту від корозії і корозійно-механічних пошкоджень обладнання нафтовидобувної промисловості. Для отримання композиції були використані аміноспирти різної структури:



де, R – C<sub>6</sub> – C<sub>16</sub>, а також синтетична α-метил-Δ<sup>3</sup>-циклогексенкарбонова і виділені з нафтових фракцій нафтові кислоти. За допомогою гравіметричного та електрохімічного методів було вивчено інгібіторну дію даних композицій. Доведено, що при збільшенні долі спирту в композиції і в границі (в чистих спиртах) коефіцієнт інгібування досягає десятикратного значення (Z=88-90%) порівняно з оптимальним співвідношенням (від 1:1 до 1:0,5 – Z=95-99%).

Як видно, ациклічні аміни виступають переважно інгібіторами корозії в нейтральному середовищі, хоча похідні гуанідину є ефективними при pH<7.

## VI. Уротропін.

Відомо багато інгібіторних складів на основі гексаметилентетрааміну (уротропіну). Відомо, що уротропін виступає інгібітором кислотної корозії сталі. Його довгий час використовували при кислотних обробках свердловин. В патенті [78] авторами запропоновано ефективний інгібіторний склад для захисту промислового обладнання та підземного обладнання експлуатаційних свердловин від корозії. Даний склад включає конденсований розчин вищих жирних кислот та водний розчин бішофіту. Містить в своєму складі також бішофіт та уротропін. Автори зазначають, що введення карбаміду та уротропіну забезпечує збільшення довготривалості захисту обладнання від корозії та підвищує поріг термостійкості інгібітора. Даний інгібітор є ефективним до 200°C.

Авторами [79] запропоновано композиційний інгібітор корозії сталі на основі уротропіну, який отримують шляхом алкілуванням уротропіну відходами виробництва хлоропрену – 1,3-дихлор-2-бутеном в присутності каталізатора (йодистої міді). Дана композиція забезпечує захист сталі 45 в 14%-ій технічній HCl 99,5% і пропонується для захисту обладнання свердловин при кислотних обробках пластів.

Ще одна цікава композиція на основі уротропіну була запропонована авторами [80]. Вона являє собою суміш уротропіну з трибензиламіном та

тіосечовиною. Запропонований спосіб забезпечує захист до 97%.

З вище сказаного видно, що уротропін використовується переважно як синергіст, тобто він підсилює інгібіторний ефект інших азотовмісних сполук, забезпечуючи при цьому більш високий інгібіторний ефект.

Проаналізувавши найновіші дослідження по азотовмісних інгібіторах корозії, можна зробити висновок, що азотовмісні гетероцикли з одним атомом азоту виступають ефективними інгібіторами в кислому середовищі, в той час як в нейтральному вони є менш ефективні порівняно з гетероциклами, що містять два і більше атомів азоту. Ми пояснюємо це тим, що при  $\text{pH} < 7$  гетероцикли з одним атомом азоту утворюють четвертинні солі, наприклад хлориди в соляній кислоті, які підсилюють адсорбційні властивості останніх. Збільшення атомів азоту в гетероциклі приводить до зменшення імовірності утворення четвертинної солі, а

відповідно і адсорбційних властивостей.

В нейтральному середовищі все навпаки, збільшення атомів азоту в гетероциклі приводить до посилення інгібіторних властивостей. Це пов'язано з покращенням адсорбційних властивостей у зв'язку з збільшенням кількості електронодонорних атомів. З іншої сторони збільшення кількості атомів азоту в гетероциклі приводить до того, що адсорбція останніх проходить по площині в якій знаходяться атоми азоту, в той час як, наприклад піридини, адсорбуються тільки одним атомом азоту.

**Вишневецький Р.М.** – аспірант кафедри теоретичної та прикладної хімії;

**Литвин Б.Л.** – канд. хім. наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної хімії;

**Федорів А.С.** – аспірант кафедри теоретичної та прикладної хімії.

- [1] Брегман Дж.И. *Ингибиторы коррозии*. - М.: Химия, (1966).
- [2] Алцыбеєва А.Н., Левын С.З. *Ингибиторы коррозии металлов*. - Л.: Химия, (1968).
- [3] *Інгібітор корозії чорних металів у кислих середовищах*: Пат. 46988А, МКІ С23F11/04. Шелегов Б.В., Зуєв О.В., Гафаров Н.А. (Україна).- Оф. Бюлетень “Промислова власність”, 6, (2002).
- [4] *Інгібітор корозії чорних металів у малоокислих середовищах*: Пат. 40460А, МКІ С23F11/04. Шелегов Б.В., Мірошніченко Л.Є., Фонберг В.М. (Україна).- Оф. Бюлетень “Промислова власність”, 6, (2001).
- [5] *Інгібітор корозії чорних металів у кислих середовищах*: Пат. 46988А, МКІ С23F11/04. Зуєв О.В., Кривошеєв В.Ф., Маркус В.А. (Україна).- Оф. Бюлетень “Промислова власність”, 2, (2003).
- [6] Авторське свідоцтво СРСР №123816, кл. С23F11/10, опубл. 1959 р.
- [7] *Ингибирование анодного растворения латуни, меди и цинка в хлоридных растворах производными акридина*: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. хим. наук. Святая Н.М. Рост. гос. ун-т, Ростов-на-Дону, 24 с. (2004).
- [8] Shukla Jyotsna, Pitre K.S., Jain Praveen. *Study of corrosion kinetics a new voltammetric approach* // J.Indian.Chem.Soc., **81**(5), pp.371-374 (2004)
- [9] *Corrosion behaviour of carbon steel in the presence of polyvinylpyrrolidone* / S.K. Selvaraj, A.J. Kennedy, A.J. Amalray, S.Rajendran // Corros. Revs., **22**(3) pp.219-232 (2004)
- [10] Khaled K.F., Babic'-Samardija K., Hackerman N. Piperidines as corrosion inhibitors for iron in hydrochloric acid // J. Appl. Electrochem., **34**(7), pp.697-704 (2004)
- [11] *Способ получения ингибитора коррозии-бактерецида*: Пат. №2243291 (Россия), МПК<sup>7</sup> С23F, С07D 213/20. Пантелеєва А.Р., Мухаметзянова Э.Х., Миннегалиев М.Г., Шермергорн М.И., Тимофеева И.Г.- №20031181005/04.-Заявл. 16.06.2003.- Опубл. 27.12.2004.
- [12] Scendo M., Poddebniak D., Malyszko J. *Indole and 5-chloroindole as inhibitors of anodic dissolution and cathodic deposition of copper in acidic chloride solutions* // J. Appl. Electrochem., **33**(3), pp.287-293 (2003)
- [13] El-Shafei A.A., Adb El-Macsoud S.A., Fouda A.S. *The role of indole and its derivatives in the pitting corrosion of Al in neutral chloride solution* // Corros. Sci., **46**(3), pp.579-590 (2004)
- [14] Moretti G., Guidi F., Grion G. *Tryptamine as a green iron corrosion inhibitor in 0,5 M deaerated sulphuric acid* // Corros. Sci., **46**(2), pp.387-403 (2004)
- [15] Labari Lahcene, Harek Yahia. *Effect of iodide ions on corrosion inhibition of mild steel in 0.5M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>* // Port. electrochim. acta., **22**(3), pp.227-247 (2004)
- [16] Babic-Samardija K., Khaled K.F., Hackerman N. *N heterocyclic amines and derivatives as corrosion inhibitors for iron in perchloric acid* // Anti-corros. Meth. And Mater, **52** (1), pp.11-21 (2005).
- [17] *Ингибирование коррозии металлов производными пиридина* / В.А.Козловцев, А.Б.Голованчиков, О.А.Макаров, В.А.Навроцкий // Альманах-2005. Волгоград. Изд-во ВолГУ, сс.295-302 (2005)
- [18] *Композиционный ингибитор на основе хлористого (3-хлор-2-бутен)илхинолина и диметилетинилкарбинола* / В.Д.Бахтамян, Г.П.Оганесян, Н.К.Тагмазян, К.Ц.Тагмазян // Вест. гос. инж. ун-та Армении (Ереван), 2, сс.64-65 (2004)

- [19] *N*-карбалкоксиметилхинолиний и *N*-карбалкоксиметилизохинолиний хлорида в качестве ингибиторов сероводородной коррозии стали и бактерицидов, подавляющих рост сульфатовосстанавливающих бактерий: А.с. 1730200 (Россия) , МКИ С23F11/10 / В.М.Балакин, И.М.Шермергон, В.Г.Берындин, Э.Х.Мухаметзянова, Е.Я.Завьялова и А.Г.Теслер (Россия).-4849213/02; Заявлено 09.07.90; Оpubл. 30.04.92.-Бюл.№26.
- [20] Дорошенко Т.Ф., Скрыпник С.Н., Лящук С.Н. *О природе различия ингибирующего эффекта метилтиридинов и их N-метилированных аналогов при кислотной коррозии стали // Защита металлов, 35(3), сс.324-328 (1999)*
- [21] Способ защиты металлов от кислотной коррозии: А.с 199630 (СССР), МКИ С23F11/10 / Э.М.Анфингер, Г.С.Парфенов, Б.А.,Луговик, и П.Б.Бородин (СССР).-1054023/23-26; Заявлено 08.02.66; Оpubл. 30.06.78.-Бюл. №24.
- [22] *2-Піридилзаміщені-5(6)-бензоілбензімідазоли та йодетилат 2-(піридин-4)-5(6)-бензоілбензімідазолу, як інгібітори корозії сталі в розчинах соляної кислоти: Пат.28832А (Україна), МКІ С23F11/14, С07D404/04 / І.В. Романенко (Україна).-Оф.бюл. "Промислова власність",5, 3с. (2000).*
- [23] *Спосіб захисту від корозії обладнання установок підготовки та переробки нафти: Пат.39598А (Україна), МКІ С23F11/00 / С.А.Нестеренко, В.А.Кошій, Ю.Я.Богатчук, , В.М.Бульбас, М.М.Дядик, Р.Ш.Сарімов (Україна).- Оф.бюл. "Промислова власність", 5,-3с. (2001)*
- [24] *Гідрати 2-хінонлінзаміщених-5(6)-бензоілбензімідазолів, як інгібітори корозії сталі в розчинах соляної кислоти: Пат.28833А (Україна), МКІ С23F11/14, С07D404/04 / І.В. Романенко (Україна).-Оф.бюл. "Промислова власність", 5, 3с. (2000)*
- [25] Lopez V.A., Simison S.N., De Sanchez S.R. *The influence of steel microstructure on CO<sub>2</sub> corrosion // Electrochim. acta, 48 (7), pp.845-854 (2003)*
- [26] Otmacic H., Stupnisek-Lisac E. *Copper corrosion inhibitors in near neutral media // Electrochim. Acta, 48, (8), pp.985-991 (2003)*
- [27] Quraishi M.A., Sardan R. *Corrosion inhibition of mild steel in acid solutions by some aromatic oxadiazoles // Mater. Chem. and Phys, 78(2), pp. 425-431 (2003)*
- [28] Abdallah M. *Corrosion behaviour of 304 stainless steel in sulphuric acid solutions and its inhibition by some substituted pyrazolones // Mater. Chem. and Phys, 82(3), pp.786-792. 2003*
- [29] Zhou Yong-hong, Song Zhanqian, He Wen-shen, Xie Hui. *Эффективность в качестве ингибитора коррозии растворимого в воде имидазолина, синтезированного из канифоли // Chem. and Ind. forest Prod, 23(4), pp.7-10 (2003)*
- [30] Волошин В.Ф., Скопенко В.С., Волошина В.В. *Исследование влияния на электродные процессы четвертичных солей 2-алкилимидазолинов // Вопр. химии и хим. технол.-2003.-№5.-С.105-108*
- [31] Волошин В.Ф., Скопенко В.С., Волошина В.В. *Влияние 1-(21-аминоэтил)-2-гептадецил-2-имидазолина на кинетику катодного и анодного процессов железа-Армко в кислых электролитах // Вопр. химии и хим. Технол., 5, сс.100-104 (2003)*
- [32] Bereket G., Pi A., Ogretir C. *Benzimidazole-2-tione and benzoxazole-2-tione derivatives as corrosion inhibitors for aluminium in hydrochloric acid // Anti-Corros. Meth. and Mater., 51(4), pp.282-293 (2004)*
- [33] Lee Woo-Jin. *Inhibiting effects of imidazole on copper corrosion in 1M HNO<sub>3</sub> // Mater. Sci. and Eng., 348 (1-2),pp.217-226. (2003)*
- [34] Палатик Г.Ф. *Особенности поведения промышленных амидо-имидазолиновых ингибиторов коррозии в водно-углеводородных средах: Авторефер. дис...канд. техн. наук: : Перм. гос.ун-т, Пермь, 20с (2004).*
- [35] Christov M., Popova A. *Adsorption characteristic of corrosion inhibitors from corrosion rate measurements // Corros. Sci, 46 (7) pp.1613-1620 (2004)*
- [36] *Characterization of a new tripyrazole derivate as inhibitor for the steel corrosion in acid solution / M. Elayyachi, M.Kodadi, B.Hammouti, A.Elidrissi // Pigm. and Resin Technol., 33(6), pp.375-379 (2004)*
- [37] *Protective properties of an inhibitor layerformed on copper in neutral chloride solution / H.Otmacic, J.Telegdi, K.Papp, E.Stupnisek-Lisac // J. Appl. Electrochem., 34(5), pp.545-550 (2004)*
- [38] Fu Song-bao. *Приготовление и свойства нафтеновых имидазолинов как ингибиторов коррозии и бактерицидов // Fine Chem. Intermediates., 34(2), pp. 39-41 (2004)*
- [39] *Adsorption and inhibitive properties of benzimidazole derivatives in acid mild steel corrosion / A.Popova, M.Christov, S.Raicheva, E.Sokolova // Corros. Sci., 46(6), pp.1333-1350 (2004)*
- [40] Cruz J., Martinez R., Genesca J., Garcia-Ochoa E. *Experimental and theoretical study of 1-(2-ethylamino)-2-methylimidazoline as an inhibitor of carbon steel corrosion in acid media // J. Electroanal. Chem., 566(1), pp. 111-121 (2004)*
- [41] *Способ получения ингибитора сероводородной коррозии и наводораживания металлов: Пат.№2239671 (Россия), МПК С23F11/14. В.В.Лисицкий, Р.Ф.Гатауллин, З.Г.Расулев, Х.С.Вахитов, Ю.К.Дмитриев (Россия).-№2003106306/04; Заявл. 05.03.2003; Оpubл. 10.11.2004.*

- [42] *Тримолібдат 1,2,3-бензотриазолу як інгібітор корозійно-втомленого руйнування металів в нейтральних середовищах*: Пат. 42743 (Україна), МКІ 7С23F11/08. Н.Б.Врещена, З.В.Слободян, Г.В.Никифорович, Н.Г.Сопрунюк, Г.О.Дзяна, Д.М.Завербний (Україна).-№96062205; Заявл. 05.06.1996; Опубл. 15.11.2001.-Оф. Бюл. “Промислова власність”, 10, 5 с. (2001)
- [43] *Інгібітор корозії металів і сплавів (ІКМД) для замкнених рециркуляційних водних охолоджувальних систем*: Пат. 3442 (Україна), МКІ 7С23F11/00. Ю.Я.Богатчук, С.А.Нестеренко, В.А.Кошій (Україна).-№2004031567; Заявл. 03.03.2004; Опубл. 15.11.2004.-Оф. Бюл. “Промислова власність”, 11, 3 с. (2004)
- [44] *Способ защиты металлов от кислотной коррозии*: А.С. 366226 (СССР), МКЛ С23F11/04. Г.Л.Немчанинова, К.Е.Передельский.-№1647204/23-26; Заявл. 20.04.1971; Опубл. 16.01.73Бюл.-№ 7.
- [45] *Effect of sodium dodecylsulfate and benzotriazole on the interfacial behavior of Cu/Cu(II), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> / R.F.V.Villamil, G.G.O.Cordeiro, J.Matos, E.D'Eila // Mater. Chem. and Phys., 78(2), pp.448-452 (2003)*
- [46] *Quraishi M.A., Sharma Hariom K. 4-Amino-3-butyl-5-mercapto-1,2,4-triazole: a new corrosion inhibitor for mild steel in sulphuric acid // Mater. Chem. and Phys., 78(1), pp. 18-21 (2003)*
- [47] *Synthesis and comparative study of the inhibitive effect of some new triazole derivatives towards corrosion of mild steel in hydrochloric acid solution / El Mehdi, B.Mernari, M.Traisnel, F.Bentiss, M.Lagreneee // Mater. Chem. and Phys., 77(2), pp. 489-496 (2003)*
- [48] *Wang Hui-Long, Fan Hong-Bo, Zheng Jia Zhen. Corrosion inhibition of mild steel in hydrochloric acid solution by a mercapto-triazole compound // Mater. Chem. and Phys, 77(3), pp. 655-661 (2003)*
- [49] *Ravichandran R., Nanjundan S., Rajendran N. Effect of benzotriazole derivatives on the corrosion of brass in NaCl solutions // Appl. Surface Sci., 236(1-4)pp. 241-250 (2004)*
- [50] *Comparative study of inhibition effect of benzotriazole for metals in neutral solutions as observed with surface-enhanced / P.G.Gao, Y.L.Yao, J.W.Zheng, R.A.Gu, Z.Q.Tian // Langmuir, 18(1)pp. 100-104 (2002)*
- [51] *Synthesis of bolaamphiphile surfactants and their inhibitive effect on carbon steel corrosion in hydrochloric acid medium / D.Chebabe, Z.Ait.Chikh, A.Dermaj, K.Rhattas, T.Jazouli // Corros. Sci., 46(11), pp. 2701-2713 (2004)*
- [52] *Синтез противокоррозионная и биоцидная активность производных триазолоазепина / А.М.Демченко, К.Г.Назаренко, А.П.Макей, и др. // Ж. прикл. Химии, 77(5), сс.794-797 (2004)*
- [53] *Synthesis of new surfactants mono and bipolar derived from 1,2,4-triazole-5-thione / D.Chebabe, Z.Ait.Chikh, A.Dermaj, A.Abidine, N.Hajjaji // Synth. Commun., 34(22), pp.4189-4198 (2004)*
- [54] *Інгібітор корозії латуні і углеродистих сталей*: Пат. 2253697 (Росія), МПК С23F11/14 / Н.Б.Гаврилов (Росія).-№2004113280/02; Заявл. 29.04.2004; Опубл. 10.06.2005.
- [55] *Khalil N. Quantum chemical approach of corrosion inhibition // Electrochim. acta., 48(18), pp. 2635-2640 (2003)*
- [56] *Thiophene derivatives as effective inhibitors for the corrosion of steel in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> / M.Bouklah, V.Hammouti, A.Auoniti, T.Benhadda // Prog. Org. Coat., 49(3), pp.225-228 (2004)*
- [57] *Баяндин В.В. Новые ингибиторы коррозии для нефтедобывающей промышленности // Вест. ИрГТУ., 1, сс.175-176 (2004)*
- [58] *Способ защиты металлов от кислотной коррозии*: Пат. 290557 (США), МПК С23F11/04 / Р.Д.Бетти, Р.Э.Малек, Ч.Э.Типпетт (США).-№1190703/23-26; Заявл. 14.10.67; Опубл. 22.11.70.
- [59] *Wang Hui-Long, Liu Rui-Bin, Xin Jian. Inhibiting effect of some mercapto-triazole derivatives on the corrosion of mild steel in 1.0M HCl medium // Corros. Sci., 46(10), pp.2455-2466 (2004)*
- [60] *2,5-Bis(4-dimethylaminophenyl)-1,3,4-oxadiazole and 2,5-bis(4-dimethylaminophenyl)-1,3,4-thiadiazole / F.Bentiss, M.Traisnel, H.Vezin. H.F.Hildebrand, M.Lagreneee // Corros. Sci., 46(11), pp.2781-2792 (2004)*
- [61] *Wang Hui-Long, Xin Jian, Fan Hong-Bo. Анализ скрытых взаимосвязей между молекулярной структурой и эффективностью ингибирующего действия меркаптотриазолов // Chem. Res15, 2, pp.58-61 (2004)*
- [62] *Інгібітор кислотної корозії чорних металів*: Пат. 38370А (Україна), МКІ С23F11/173 / В.Б.Образцов, В.С.Бурикiна, Г.В.Баліоз, В.А.Мінін (Україна). – Оф. Бюл. “Промислова власність”, 4, 4 с (2001)
- [63] *Інгібітор корозії металів*: Пат. 64487А (Україна), МКІ С23F11/04, С23F11/14 / Н.Ю.Норвилло, В.Д.Носар, С.П.Панасенко (Україна).- Оф. Бюл. “Промислова власність”, 2, 2с (2004)
- [64] *Інгібітор корозії чорних металів в кислому середовищі*: Пат. 41107А (Україна), МКІ С23F11/04, С23F11/14 / Б.В.Шелегов, О.В.Зуєв, Н.А.Гафаров, Н.С.Башатов. - Оф. Бюл. “Промислова власність”, 7, 8с (2001)
- [65] *Інгібітор корозії металів*: Пат. 64793С2 (Україна), МКІ CF/14, С23С22/02 / Р.М.Матоліч, І.Й.Михайлович, В.В.Бойко та ін. (Україна).-Оф. Бюл. “Промислова власність”, 3, 4с (2004)
- [66] Пат. №2090655 (Росія), МКП С23F11/08, Опубл. 20.09.1997.
- [67] Пат. США №3815322, кл. С11D7/32, опубл. 1974.

- [68] *Склад для захисту від корозії чорних металів у нейтральних водних середовищах*: Пат. 10400А (Україна), МКІ С23F11/08 / Л.С.Козловська, В.Ф.Толстих, Г.Р.Ольхов, Р.О.Єремєєва (Україна).- №94052221; Заявлено. 16.05.94.-Опубл. 25.12.96.-Бюл.№4.
- [69] *Применение ингибиторов для защиты стального оборудования газоконденсатных скважин от коррозии*: А.С.1031250А (СССР), МКІ С23F11/08 / В.Ф.Негреев и др.-№3379127/22-02; Опубл. 06.01.82.
- [70] Khaled K.F., Hackerman N. *Investigation of the inhibitive effect of ortho-substituted anilines on corrosion of iron in 0.5M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solutions* // Mater. Chem. and Phys., **82**(3), pp.949-960 (2003)
- [71] *Aldimines – effective corrosion inhibitors for mild steel in hydrochloric acid solution* / A.Subramania, N.N.Sundaram, R.S.Oriya, K.Muralidharan, T.Vasudevan J. Appl. Electrochem., **34**(7), pp.693-696 (2004)
- [72] *Schiff bases of ethylenediamine as corrosion inhibitors of zinc in sulphuric acid* / Y.K.Agrawal, J.D.Talati, M.D.Shah, M.N.Desai, N.K.Shah Corros. Sci., **46**(3),pp.633-651 (2004)
- [73] Ochoa N., Moran F., Pebere N. *The synergistic effect between phosphonocarboxylic acid salts and fatty amines for the corrosion protection of a carbon steel* // J.Appl. Electrochem., **34**(5), pp.487-493 (2004)
- [74] Migahed M.A., Aly R.O., Al-Sabagh A.M. *Impact of gamma-ray-pre-irradiation on the efficiency of corrosion inhibition of some novel polymeric surfactants* // Corros. Sci., **46**(10), pp.2503-2516 (2004)
- [75] *Получение бис-имидазолинов на основе смешанных этилен- и пропиленполиаминов* / Р.Н.Загидуллин, Г.И.Ахмадеева, С.Н.Загидуллин, А.Т.Гильмутдинов // Тез. Докл. научн.-практ. конф. «Экологические технологии в нефтепереработке и нефтехимии».- Москва, 5 июня, 2003.-Уфа: Изд-во ИНХП, с.64, (2003)
- [76] *Verfahren zur Kristallisation von 6,6',6''-Melamintrisalkansäuren*: Заявка 10208591 (Німеччина), МПК<sup>7</sup> C07D251/70 / A.G.Degussa, P.Werle, M.Trageser, Hans-Peter Krimmer (Німеччина).-№10208591.9; Заявлено 27.02.2007; Опубл. 27.02.2002.
- [77] Алиева Л.И. *Изучение ингибирующих свойств комплексов на основе алкиламиноспиртов и нефтяных кислот* // Защита металлов, **35**(5), сс.547-551 (1999)
- [78] *Інгібітор для захисту промислового обладнання та підземного обладнання експлуатаційних свердловин від корозії*: Пат. 66232А (Україна), МКІ С23F11/04 / А.Є.Шаповал, А.А.Свистун, М.Я.Бучинський, О.М.Золотоус (Україна)-Оф. юл. Промислова власність”, 2, 2с. (2004)
- [79] *Композиционный ингибитор кислотной коррозии стали на основе уротропина* / В.Д.Бахтамян, Г.П.Оганесян, Н.К.Тагмазян, К.Ц.Тагмазян // Материаловедение и термическая обработка металлов: Международный сборник научных трудов.- Магнитогорск.- Изд-во МГТУ, сс.4-6 (2004)
- [80] *Інгібітор кислотної корозії сталі*: А.с.489818 (СССР), МКІ С23F11/10 / И.П.Анощенко, Г.И.Лукьянова, В.М.Матекина.- №1979907/23-26; Заявлено 24.12.73; Опубл. 30.10.75.-Бюл.№40.
- [81] *Хіноїдні похідні бензотриазолу як нові інгібітори корозії металів у кислих середовищах* / Р.М.Вишневський, Б.Л.Литвин, А.Л.Романюк, О.В.Шийчук // Нафт. і газова пром-сть, 2, сс.48-50 (2006)

R.M. Vyshnevskyy, B.L. Lytvyn, A.S. Fedoriv

## Cyclic and Uncyclic Amines, as Potential Inhibitors of Corrosion of Metals

Vasyl Stefanyk' Precarpathian National University, 57, Shevchenko Str., Ivano-Frankivsk, 76025

In this article a review is done on inhibitor properties of nitrogen containing heterocycles, inhibitors are systematized on classes, the mechanisms of inhibitor defense are considered for different classes.