

пасток як на суходолі так і на шельфах морів України будуть досягнуті значні економічні результати та істотно знижено негативний вплив нафтогазового комплексу на навколишнє середовище.

Список використаних джерел

1. Крянев Д.Ю., Бурчак Т.В. Экологическое обоснование разработки нефтяных и газовых месторождений в проектных документах // Нефтяное хозяйство. - 2007, №8. - С.48-52.
2. Максимов В.Г. Системні втрати нафтопродуктів як джерело нафтохімічного забруднення довкілля // Екологічний вісник. - 2003. - №1/2. - С.10-12.
3. Мазур И.И., Иванцов О.М. Безопасность трубопроводных систем. - М: ИЦ "Элма", 2004. - 104с.
4. Крижанівський С.І., Побережний Л.Я., Шкіца Л.Є. Безпека та захист від аварій і катастроф трубопроводних систем у складних умовах експлуатації // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. - 2007. - №3. - С. 21-27.
5. Голодяев Г.П. Эколого-микробиологические основы санации нефтезагрязненных почв побережий юга Дальнего Востока // Нефтяное хозяйство. - 2008. - №1. - С.114-115.
6. Оборин А.А., Калачников И.Г., Масливец Т.А. Самоочищение и рекультивация нефтезагрязненных почв Предуралья и Западной Сибири // В сб. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. - М.: Наука, 1988. - С.140-159.
7. Демиденко А.Я., Демурджан В.М. Пути восстановления плодородия нефтезагрязненных почв черноземной зоны Украины // В сб. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. - М.: Наука, 1988. - С.197-206.
8. Серета Т.Г., Костарев С.Н. Оценка возможности биологического восстановления геосистем, загрязненных нефтью и нефтепродуктами в условиях Урала // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. - 2007. - №10. - С.82-84.
9. Кривошеев В.Т., Иванова Е.З., Кукуруза В.Д. та ін. Проблеми ефективних пошуків родовищ нафти і газу в Україні та напрямки їх вирішення // Вісник Чернігівського державного технологічного університету, серія "Технічні науки", 2012. - №1 (55). - С. 7-19.
10. Кривошеев В.Т., Кукуруза В.Д., Иванова Е.З., Пекельная Е.В., Шевякова З.П. Прогрессивные технологии ускоренного открытия месторождений нефти и газа в неантиклинальных ловушках // Материалы VI международной конференции "К созданию общей теории нефтегазоносности недр". - М.: МГУ, 2002. - С. 294-297.
11. Кукуруза В., Кривошеев В., Иванова Е. Современные электродинамические методы прогнозирования нефтегазоносности и интенсификации нефтедобычи / The fifth international scientific forum aims for future of engineering science. - Paris: 2004. - С. 80-83.

Курмакова І.М., д.т.н.,

Демченко Н.Р., к.б.н.,

Бондар О.С., к.т.н.

Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г.Шевченка, Чернігів, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ІНГІБІТОРІВ МІКРОБНОЇ КОРОЗІЇ СТАЛІ ШЛЯХОМ КОМБІНУВАННЯ СТРУКТУРНИХ ФРАГМЕНТІВ У СКЛАДІ ПОЛІЦИКЛІЧНИХ НІТРОГЕНОВМІСНИХ СПОЛУК

При експлуатації промислового устаткування, в тому числі газо- та нафтопроводи, нафтоховища та інші, одночасно піддається дії декількох видів корозії. Втрати металофонду внаслідок мікробної корозії, як результату геохімічної діяльності мікроорганізмів за умов техногенезу, складають понад 50% [1]. У розвинених країнах щорічні втрати металу від біопшкоджень оцінюють у $10^6 \dots 10^7$ доларів США [2]. Незважаючи на вдосконалення методів захисту, в тому числі інгібіторного як одного з ефективних, частина трубопроводів, що пошкоджуються мікроорганізмами, щорічно зростає на 3-4%, особливо за умов експлуатації, які сприяють мікробній анаеробній корозії. Це певним чином пов'язано з такою проблемою інгібіторів-біоцидів як зниження їх протикорозійної дії внаслідок адаптації бактерій [3, 4]. Тож розроблення принципово нових інгібіторів мікробної корозії та періодичне оновлення їх асортименту є актуальною задачею сучасної хімічної інженерії.

Стратегічним напрямком вирішення проблеми створення нових інгібіторів з біоцидною дією є моделювання заданих властивостей шляхом комбінування структурних фрагментів молекул, як основи для цілеспрямованого синтезу нітрогеновмісних поліциклічних сполук.

Вибір нітрогеновмісних циклічних сполук зумовлений тим, що саме серед цього класу сполук знайдені ефективні інгібітори різних видів корозії [5]. Широко дослідженими є похідні імідазолу, піролу, піразолу, тріазолу, піридину та конденсовані системи - похідні бензімідазолу, бензтріазолу, меркаптобензімідазолу [6]. При цьому перспективними, але практично не вивченими, залишилися сполуки з азепіновим циклом, зокрема похідні імідазоазепіну й триазолоазепіну.

Експериментальна частина роботи проведена загальноприйнятими корозійними та мікробіологічними методами [7, 8]. Швидкість мікробної корозії (K_m) сталі Ст3пс (пластинки площею 12 см^2) визначена методом масометрії. В якості корозійного середовища використовували середовище Постейта «В» інокульоване сульфідогенним мікробним угрупованням. Для характеристики протикорозійної дії інгібіторів розраховані коефіцієнт інгібування корозії (γ_m) та ступінь захисту ($Z_m, \%$). Методом поляризаційних вимірювань оцінено вплив інгібіторів на електрохімічні показники корозії.

В дослідженнях протимікробної активності інгібіторів використано корозійно агресивні бактерії у вигляді природного сульфідогенного угруповання та штаму *Desulfovibrio* sp. М 4.1, який виділено нами безпосередньо з дослідженого угруповання, ідентифіковано за методом полімеразної ланцюгової реакції з використанням універсальних праймерів до фрагментів генів 16S рРНК та віднесено до роду *Desulfovibrio* [9].

Сульфідогенне природне угруповання виділено із феросфери піщаного ґрунту, зразок якого було відібрано під час ліквідування наслідків корозійного руйнування вуличного газопроводу (Чернігівська область). Чисельність бактерій визначалася методом граничних розведень при висіві ґрунтової суспензії на відповідні рідкі елективні середовища: сульфатвідновлювальні бактерії (СВБ) – середовище Постгейта «В», залізовідновлювальні бактерії – середовище Каліненка, денітрифікувальні бактерії – середовище Гільтая, амоніфікувальні бактерії – м'ясо-пептонний бульйон. Біоцидна дія сполук оцінена паперово-дифузійним методом.

Значення коефіцієнта ліпофільності (lg P) розраховано з використанням програми ACD/LogP Version 6.0.

Схема моделювання структури інгібітора мікробної корозії представлена на рис. 1.

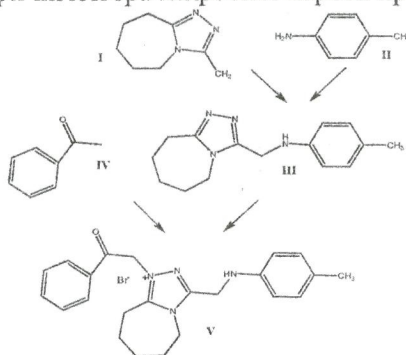


Рис. 1. Схема моделювання інгібітора корозії з біоцидними властивостями

Інгібітор **III** (синтезовано за методикою представленою в [10]) являє собою поєднання структурних фрагментів сполук **I** та **II**. Це забезпечило його протимікробні властивості щодо сульфатвідновлювальних бактерій – найбільш агресивна складова природного сульфідогенного угруповання, які відсутні у 3-метил-6,7,8,9-тетрагідро-5H-[1,2,4]триазоло[4,3-*a*]азепіну й *para*-толуїдину (табл. 1). Наявність протимікробних властивостей щодо СВБ є важливою характеристикою інгібітора мікробної корозії, оскільки біологічний фактор для зазначеного виду корозії є переважаючим [1, 3, 4]. При цьому ступінь захисту сполуки **III** на 34,4% нижчий, ніж у сполуки **II**. Це може бути пояснено більшою здатністю сполуки **III** до адсорбції на поверхні бактеріальної клітини порівняно з адсорбцією на металі. Виходячи зі значення показника ліпофільності (lg P=2,65), сполука **III** здатна проникати крізь ліпідний шар мембрани й порушувати метаболізм клітини. Таким чином, інгібувальна дія при мікробній корозії зазначеної сполуки зводиться до впливу головним чином на мікробіологічний чинник.

Поєднання у структурі молекули інгібітора **V** [11] структурних фрагментів сполук **III** та **IV** забезпечило як високу біоцидну дію, так і збільшення інгібувальних властивостей при мікробній корозії. Ступінь захисту одержаної четвертинної солі **V** вищий порівняно з інгібітором **III** на 57,1%. Висока інгібувальна дія сполуки **V** забезпечується її здатністю адсорбуватися і на поверхні металу, і на бактеріальній клітині. Молекули сполуки **V** не здатні проникати через стінки клітини (lg P>5). Механізм її антибактеріальної дії зводиться до порушення метаболізму шляхом занурення у біліпідний шар оболонки клітини та опосередкованого впливу на трансмембранні білки. Також встановлено, що сполука **V** виявляє антимікробну дію не лише на СВБ, а й інші компоненти сульфідогенного мікробного угруповання. Так діаметр зони пригнічення росту залізовідновлювальних бактерій становить до 25 мм, денітрифікувальних – до 20 мм та амоніфікувальних – до 8 мм. Біоцидна дія щодо сульфатвідновлювальних бактерій підтверджена також дослідженнями з використанням штаму *Desulfovibrio* sp. М 4.1.

Методом поляризаційних вимірювань визначено, що при наявності у корозійному середовищі Постгейта «В» інгібітора-біоцида **V** потенціал корозії зміщується в анодну ділянку на 80 мВ, тобто при потенціалі вільної електрохімічної корозії переважно гальмується анодна реакція розчинення металу.

При тривалій експозиції (до 6 місяців) за рахунок комплексної дії інгібітор-біоцид *V* забезпечує ступінь захисту маловуглецевої сталі до 98,5 %.

Таблиця 1

Протимікробна та інгібувальна дія циклічних сполук при біокорозії сталі Ст3пс в середовищі Постгейта «В» (температура – 300К, час експозиції – 240 годин, концентрація – 0,2%)

Умовне позначення	Чисельність СВБ (біоплівка), кл/мл	Діаметр зони пригнічення росту СВБ, мм	$K_m \cdot 10^3$, г·м ⁻² ·год ⁻¹	γ_m	Z_m , %
без інгібітора	$2,5 \cdot 10^5$	-	$22,6 \pm 0,2$	-	-
I	$1,0 \cdot 10^4$	не пригнічує	$14,9 \pm 0,2$	1,52	34,2
II	$1,0 \cdot 10^4$	не пригнічує	$9,2 \pm 0,1$	2,46	59,4
III	$2,5 \cdot 10^3$	65	$17,0 \pm 0,3$	1,33	25,0
IV	$2,5 \cdot 10^3$	не пригнічує	$22,9 \pm 0,2$	0,99	-
V	не виявлено	65	$4,1 \pm 0,1$	5,58	82,1

Таким чином, поєднання таких структурних фрагментів, як триазолоазепіновий цикл, пара-толуїдиновий та фенацильний радикали у складі четвертинної солі триазолоазепінію (*V*) забезпечує антимікробні та інгібувальні властивості нітрогеновмісних поліциклічних сполук. Введення алкільних замісників в арильні радикали дозволило розробити ряд ефективних інгібіторів мікробної корозії – четвертинних солей триазолоазепінію [12], які виявляють ступінь захисту маловуглецевої сталі до 98,5% при тривалій експозиції у корозійних середовищах з бактеріальною сульфатредукцією і високим початковим титром сульфатвідновлювальних бактерій.

Список використаних джерел

1. Booth G. H. Microbiological corrosion / G. H. Booth. – London : Mills and Boon Limited, 1971. – 63 p.
2. Королев В. П. Современные подходы к менеджменту качества противокоррозионной защиты и коррозионному контролю металлоконструкций / В. П. Королев, А. А. Рыженков, А. Н. Гибащенко // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2009. – № 4. – С. 7–11.
3. Геохімічна діяльність мікроорганізмів та її прикладні аспекти : [навч. посібник] / І. П. Козлова, О. С. Радченко, Л. Г. Степура, Т. О. Кондратюк. – К. : Наук. думка, 2008. – 528 с.
4. Videla H. A. Microbiologically influenced corrosion: looking to the future / H. A. Videla, L. K. Herrera // International Microbiology. – 2005. – № 8. – P. 169–180.
5. Flick E. W. Corrosion Inhibitors / Flick E. W. - William Andrew, 1994. – 355 p.
6. Кузнецов Ю. И. Физико-химические аспекты защиты металлов ингибиторами коррозии класса азолов / Ю. И. Кузнецов, Л. П. Казанский // Успехи химии. – 2008. – Т. 77 (3). – С. 227 – 241.
7. Унифицированная методика промышленных испытаний ингибиторов и пенообразователей, применяемых при травлении стали в неокислительных минеральных кислотах. – Днепропетровск : ДМетИ, 1978. – 48 с.
8. Руководство к практическим занятиям по микробиологии : [Практ. пособие] / [под ред. Н. С. Егорова.] – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1983. – 215 с.
9. Демченко Н.Р. Особливості корозійноактивного мікробного угруповання феросфери газопроводу, прокладеного у піщаному ґрунті / Н.Р. Демченко, І.М. Курмакова, О.П. Третяк // Мікробіологія і біотехнологія. – 2013. – № 4. – С. 90–98.
10. Синтез, противокоррозионная и биоцидная активность производных триазолоазепина / А. М. Демченко, К. Г. Назаренко, А. П. Макей [и др.] // Журнал прикладной химии. – 2004. – Т. 77. – Вып. 5. – С. 794–797.
11. Демченко Н. Р. Антимікробні властивості бромідів імідазоазепінію / Н. Р. Демченко, С. В. Приходько, І. М. Курмакова // XXII Українська конференція з органічної хімії, 20–25 вересня 2010 р. : тези доп. – Ужгород, 2010. – С. 337.
12. Пат. 69826 Україна, МПК С 23 F 11/14. Інгібітори корозії з біоцидною дією / Демченко Н. Р., Курмакова І. М., Сиза О. І., Третяк О. П., Демченко А. М.; № 201113953 ; заявл. 28.11.2011 ; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 9.

Мельник В.Д.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Івано-Франківськ, Україна

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ КОНТРОЛЮ ЗНАТЬ В КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОМУ НАВЧАННІ

Питання автоматизованого контролю знань розглядається в багатьох дослідженнях. Так, М. А. Богданевич пропонує долучити до автоматизованої системи контролю знань такі основні можливості, як: автономна розробка тестових завдань; налагодження в діалоговому режимі параметрів системи; можливість переходу від виду введення відповідей з клавіатури до варіанта вибору відповідей зі списку; автоматизоване заповнення бази даних тестів з текстових файлів. Проте в цьому дослідженні описуються лише основні принципи автоматизованих систем тестування, але не розглядається питання адаптивного тестування [1]. Під час аналізу алгоритмів оцінки знань у дослідженні таких авторів, як Л. В. Зайцева, Н. О. Прокоф'єва, У. Г. Купліс, указується на те, що не існує універсального алгоритму, тому слід передбачити можливість зміни певних параметрів системи тестування, тобто пропонується використання адаптивного алгоритму тестування [2]. Викор-