

ISSN 0201-8462



# МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Mikrobiologichny Zhurnal

6

ТОМ 70

2008

ISSN 0201-8462



9 770201 846004



## Огляд літератури

УДК 579.26:[631.461+661.16]:620.193.92+620.197.3

**Н.В. Смикун**

Чернігівський державний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка,  
вул. Гетьмана Полуботка, 53, Чернігів, 14013, Україна

### РОЗВИТОК КОРОЗІЙНО НЕБЕЗПЕЧНОЇ МІКРОФЛОРИ ГРУНТУ ПІД ВПЛИВОМ ДЕЯКИХ ПЕСТИЦИДІВ

*В огляді наведено літературні дані щодо розвитку ґрунтової корозійно небезпечної мікрофлори під впливом пестицидів симазину, лінуруону, рамроду, ДНОКа, гексилура та їх деградації в ґрунті. Узагальнено можливості запобігання мікробного пошкодження сталі застосуванням пестицидів.*

*К л ю ч о в і с л о в а:* мікробні пошкодження металів, корозійно небезпечна мікрофлора ґрунту, пестициди, біоциди-інгібітори корозії.

Мікробні пошкодження металів у ґрунті привертають все більшу увагу в зв'язку з величезними збитками як через прямі втрати металу, так і в результаті техногенних аварій [101]. Встановлено визначальну роль мікроорганізмів, зокрема бактерій циклу сірки, у процесі мікробно індукованої корозії металів [3, 49, 63, 100, 108—110, 115, 120, 132, 138]. Корозійно небезпечні мікробні угруповання формуються в феросфері (зоні ґрунту, що безпосередньо контактує з поверхнею металу) і характеризуються сталістю якісного складу [3, 50, 105, 109]. Сучасні уявлення про спрямованість та активність процесу корозії металів у ґрунті головним чином пов'язані з різними аспектами взаємодії між мікроорганізмами і металами [3, 15, 16, 99, 102—104, 107, 111, 114, 130]. При цьому участь мікроорганізмів розглядають у зв'язку з їх геохімічною діяльністю, яка, за В.І. Вернадським [14] активізується в умовах техногенезу.

Техногенний пресинг на ґрунтову екосистему веде до порушення мікробної сукцесії, пригнічення або зникнення одних видів мікроорганізмів та активного розвитку інших [8, 13, 32, 46, 134, 137]. Часто такі модифікації спричиняють незворотні порушення екологічної рівноваги [13, 46], і при високих рівнях техногенних забруднень можлива трансформація мікробних угруповань в корозійно активні [3].

Одним із факторів техногенного впливу на ґрунти є пестициди, які застосовують у сільськогосподарському виробництві протягом тривалого періоду. На території України розташовано майже 40 тис. км магістральних нафто- та газопроводів [60], частина з яких проходить у безпосередній близькості від сільськогосподарських угідь. Пестициди можуть попадати до феросфери внаслідок змішування ґрунтових горизонтів у траншеї, і при цьому продуктивний шар буде розподілений по всій її глибині [50]. У ґрунті можлива деградація пестицидів з утворенням речовин-субстратів для розвитку ґрунтової мікрофлори [38, 46, 52, 61, 67, 74, 97]. Крім того, такі сполуки можуть бути агресивними щодо металів [3, 49, 50, 109, 115, 132]. Тому пестициди поряд з паливно-мастильними матеріалами,



деревиною тощо відносять до екзогенних органічних речовин, наявність яких у ґрунті траншеї при проведенні трубопроводів необхідно попереджувати [50].

Поряд з цим серед пестицидів і продуктів їх деградації є сполуки, токсичні щодо мікробного ценозу ґрунту [38, 46, 52, 61, 67, 74, 97]. Це ставить питання оцінки наслідків застосування пестицидів щодо розвитку корозійно небезпечних мікробних угруповань й швидкості корозії. Зокрема, можливість використання пестицидів як біоцидів, що рекомендують додавати до шару ґрунту (2—15 см), який безпосередньо контактує із підземним металевим об'єктом [10].

Насамперед практичний інтерес становлять пестициди симазин, лінурон, рамрод, ДНОК і гексилур, які можуть виявляти протикорозійні властивості за умов кислотної корозії у стерильних умовах [26, 39, 40, 82]. Ці пестициди посідають особливе місце, оскільки належать до некондиційних і накопичені в деяких областях України. Зокрема, у Чернігівській обл. їх кількість становить близько 803 т [12, 24, 53, 58, 79, 80]. Порушення правил зберігання таких речовин забруднює довкілля. У зв'язку з цим актуальною є проблема утилізації некондиційних пестицидів, важливим напрямом якої є використання їх у протикорозійному захисті [26, 39, 40, 82].

**Розвиток мікроорганізмів корозійно небезпечних груп агроценозів за умов застосування пестицидів.** Систематичне та зростаюче застосування пестицидів зумовлює їх постійну наявність у ґрунті і призводить до забруднення навколишнього середовища [32, 38, 46, 51, 57, 78, 136]. Значна увага приділяється вивченню розвитку мікроорганізмів, що беруть участь у процесах ґрунтоутворення, трансформації основних елементів живлення рослин під впливом пестицидів [31, 38, 46, 51, 57, 78, 119, 124].

Розвиток ґрунтової мікрофлори під впливом симазину, який належить до групи сим-триазинів, детально розглянуто у працях [21, 25, 28—30, 44, 45, 47, 48, 56, 64, 84, 86]. Дію симазину, який має доволі високу токсичність [44], досліджено як у тривалому (роки), так і в короткотривалому (до 3 міс) експериментах за різних концентрацій у ґрунті. При цьому дані щодо розвитку ґрунтових мікроорганізмів неоднозначні. Так, амоніфікувальні, нітрифікувальні бактерії, гриби пригнічуються пестицидом як під час тривалого застосування в низьких (0,25—5,0 кг/га) і високих дозах [28—30, 47, 48, 64, 84, 86], так і при короткотривалому в низьких дозах [25, 28—30, 45, 47, 64]. Стимулювання розвитку амоніфікувальних, нітрифікувальних бактерій, грибів відбувається при одноразовому внесенні високих доз пестициду [29] і в перший рік обробки [86]. Також стимуляцію розвитку мікрофлори, що бере участь у процесах трансформації азоту та вуглецю, активізацію процесів нітрифікації та накопичення нітратів, відмічено М.В. Горленком зі співавторами [21]. При цьому змінюється структура ценозів різних груп мікроорганізмів, а не їхня чисельність (за виключенням амоніфікувальних бактерій) [21, 29, 47, 48, 64, 86]. Проте є дані, що пригнічення мікрофлори ґрунту симaziном не відбувається навіть у разі його багаторічного використання у дозах, які перевищують 6 кг/га [56].

Характер впливу сим-триазинів на мікроорганізми чіткіше виявляється у лабораторних умовах при використанні селективних середовищ з внесенням виробничих доз пестицидів. Відмічено зниження понад у 10 разів кількості амоніфікаторів — 0,2—0,5 млн кл/1 г ґрунту, водночас як без пестицидів їхня чисельність становить 2—7 млн [45].

Похідні сечовини (лінурон) у виробничих дозах суттєво не впливають на мікроорганізми [34, 56]. Використання лінурону в короткотривалому досліді показало, що в дозі 1,5 кг діючої речовини на 1 га у ґрунті зменшується чисельність мікроорганізмів, які використовують органічний та мінеральний азот (зокрема,



амоніфікаторів і денітрифікаторів) [47]. Аналогічні результати було отримано при внесенні лінуруну в дозі 0,5 кг/га протягом 3 років під картоплю [48]. Також відмічено інгібування росту грибів за зазначених умов [48] і під бобовими рослинами [17]. Однак є дані стосовно збільшення чисельності сапротрофних грибів та якісних змін в їх угрупованні [47].

У лабораторних умовах спостереження за ростом мікроорганізмів, які культивували в рідких живильних середовищах з лінуроном, показали стійкість *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus mycoides*, *B. megaterium*, *B. mesentericus*, грибів роду *Penicillium* та *Trichoderma* до виробничої дози препарату. Інгібуючий ефект реєстрували лише в разі зростання дози. Затримка росту була нетривалою (декілька діб) і в подальшому ці мікроорганізми в розвитку не відставали від контрольних штамів [34].

Гербіцид рамрод (похідне хлорациланіліду) концентрацією 10 мг/кг ґрунту не впливав на мікробні угруповання. Проте в ґрунті соснового лісу стійкість мікробних угруповань помітно порушувалась, що було визначено за величиною коефіцієнта мікробного дихання (відношення швидкостей базального та субстратіндукованого дихання) [2].

Гексилур (похідне піримідину) є помірно небезпечним гербіцидом [44]. У виробничих дозах при вирощуванні цукрових буряків він негативно не впливає на амоніфікатори та бактерії, які використовують мінеральний азот. Збільшення концентрації від виробничої в 10 разів і більше негативно (у 2—3 рази) впливає на чисельність бактерій-амоніфікаторів, нітрифікаторів чорноземного ґрунту [65]. При застосуванні підвищеної дози гербіциду (2,1 кг/га) під цукровою буряком у перший рік кількість грибів зменшувалась [88]. Між тим, за середніми даними 3 років експерименту, негативного впливу пестициду на гриби, азотфіксувальні та целюлозоруйнівні мікроорганізми не спостерігали.

Відомостей щодо дії нітропохідних фенолу (ДНОК) на ґрунтову мікрофлору недостатньо. Зокрема, відмічено різке зниження загальної чисельності мікроорганізмів, а також пригнічення нітрифікувальних і целюлозоруйнівних бактерій на 3-й місяць після внесення пестициду ДНОК (30—300 мг/кг ґрунту) [35].

Середні дані щорічного та багаторічного (16 років) дослідження внесення ДНОК в дозі 3 кг/га під зернову культуру не показали суттєвих змін чисельності ґрунтових мікроорганізмів, зокрема амоніфікувальних бактерій і грибів. Відмічено лише слабку пригнічуючу дію на споруутворювальні бактерії у шарі ґрунту 0—10 см та їх стимулювання в шарі 10—20 см, де концентрація гербіциду зменшувалась [70], тобто ступінь антибактеріальної дії препарату залежить від його концентрації.

Таким чином, літературні дані засвідчують вибірковість дії гербіцидів симазину, лінуруну, рамроду, ДНОКу і гексилуру щодо мікроорганізмів еколого-трофічних груп, які можуть бути чинниками корозії металу в ґрунті. Зміни в мікробному ценозі ґрунту під дією пестицидів різноманітні, в основному вони залежать від хімічної природи препарату, його дози, часу наявності в ґрунті, типу ґрунту, вмісту в ньому органічних речовин та інших екологічних чинників. Завдяки активності зазначених пестицидів виникає питання щодо змін у структурі корозійно небезпечного мікробного ценозу ґрунту під їх дією та впливу на процес мікробно індукованої корозії металів.

**Мікробна деградація пестицидів.** Пестициди в ґрунті зазнають трансформації та деградації під впливом фізичних, хімічних і біологічних чинників [38, 46, 52, 61, 67, 74, 93, 97, 113, 121]. Наприклад, на швидкість розкладання ксенобіотиків впливають іони  $Fe^{2+}$  та  $Fe^{3+}$  [46, 67, 96, 117, 133].



Перетворення пестицидів можливе такими шляхами [97]: 1) трансформація, яка веде до повної втрати токсичних властивостей (детоксикація, або інактивація); 2) трансформація, результатом якої є перетворення пестициду в сполуку з іншим спектром токсичної дії; 3) трансформація з утворенням сполуки-стимулятора; 4) перетворення пестицидів у токсичні речовини — процес активації.

Серед мікроорганізмів корозійно небезпечних груп у процесах утилізації та деструкції пестицидів відома участь денітрифікувальних бактерій [22, 46, 92, 98, 126, 129]. Здатність до трансформації та деградації органічних забруднювачів властива також й деяким штамам сульфатвідновлювальних бактерій [59, 95, 116—118, 128, 135], зокрема *Desulfovibrio strain HDv*, *D. alcoholovorans* DSM 5433, двом мезофільним штамам сульфатвідновлювальних бактерій (Hxd3 та Pnd 3), *D. desulfuricans* 1388, *Desulfotomaculum* sp. OX339.

Множинний характер мікробної трансформації пестицидів зумовлює накопичення різних проміжних продуктів деградації, які відрізняються від вихідних сполук фізико-хімічними властивостями, реакційною здатністю та фізіологічною активністю. У ряді випадків вони за токсичністю переважають вихідні речовини [38, 46, 52, 67, 74]. Які з цих метаболітів будуть утворюватись та накопичуватись в кожному конкретному випадку, залежить від культури мікроорганізмів, природи субстрату та умов культивування.

За тривалістю збереження активності в ґрунті Р.Дж. Хенк [106] розділяє гербіциди на ті, що практично не зберігаються в ґрунті (період напіврозпаду становить 2 міс), слабо зберігаються в ґрунті (2—6 міс), середньо зберігаються (6—26 міс) і тривало зберігаються (понад 26 міс). Чим повільніше відбувається процес розкладання, тим стійкіше препарат, а його післядія триваліша [45].

Симазин зберігається в ґрунті до 2 років [81]. За даними Т.П. Дворнікової зі співавт. [45], найбільш різке зменшення кількості симазину в чорноземі карбонатному спостерігали в перші 1—2 міс після внесення в ґрунт — розклатось 34 % препарату. Через рік повного руйнування не відбулося — залишкова кількість симазину становила 6,2 % вихідної кількості за діючою речовиною препарату. Автори припускають, що швидкість руйнування останнього залежить від його кількості.

Виділено ґрунтову бактерію *Klebsiella planticola* DSZ, здатну мінералізувати на штучних середовищах  $71,6 \pm 1,3$  % симазину (0,025 мМ) як джерело карбону [124]. Метаболіти представлені амеліном, ціанурою, сечовиною, N-формілсечовиною та сечовиною.

Симазин деградується в декілька стадій. Насамперед галоген замінюється на гідроксил; далі йде деалкілювання в положеннях 4 і 6 і, нарешті, руйнування гетероциклічного ядра. Безсумнівно, що деякі з цих процесів відбуваються одночасно [44]. У процесі деградації симазину можуть утворюватись 2-хлор-4-аміно-6-етил-аміно-сим-триазин (фітотоксична речовина з високою персистентністю, виявляється в ґрунті протягом 3 років після внесення симазину) [45, 56, 74], 2-окси-4,6-біс-(етиламіно)-сим-триазин (нетоксична речовина) [56] та 2-метил-4,6-біс-(аміно)-сим-триазин [45].

У деструкції сим-триазинів показано участь відновлених сполук азоту (азотних добрив: сульфат амонію, нітрат амонію та сечовина) і сірки [38]. Швидкість деградації цієї групи пестицидів пропорційна інтенсивності процесів нітрифікації, що, можливо, пов'язано з накопиченням  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  та інших аніонів. Окиснення сірки з утворенням і накопиченням на різних етапах сульфоксиду, сірчистої та сірчаної кислот підкислює ґрунт, що сприяє деградації сим-триазинів.

У деградації триазинів у ґрунті беруть участь *Aspergillus fumigatus*, *Trichoderma virida*, *Pseudomonas aureofaciens*, *Pseudomonas* sp. [45], представники



родів *Arthrobacter*, *Nocardia*, *Micromonospora* [25]. Перетворювати симазин у ґрунті та використовувати його як джерело азоту, але не вуглецю, здатні гриби *Fusarium oxysporum*, *F. avenaceum*, *Penicillium cyclopium*, *P. lanosocoerubum*, *Cylindrocarpon radicum*, *Stachybotrys* sp. [74]. В умовах кометаболізму *Aspergillus fumigatus* Fresen. протягом 2—3 тижнів трансформував симазин з утворенням стійких метаболітів [45]. Засвоювати його як єдине джерело азоту здатні ізолювані з коренів кукурудзи та бульбочок сої штами *Agrobacterium radiobacter* та *Bradyrhizobium japonicum* [119].

Лінурон в ґрунті майже повністю розкладається за 10 міс [81]. Шляхи деструкції азотовмісних пестицидів, до яких відносять лінурон, лежать через утворення амінів та аміаку [67]. Це відбувається послідовним деметилуванням і гідролізом. Монометильовані похідні лінурону порівняно з вихідною сполукою звичайно менш токсичні, а деметильовані похідні взагалі неактивні [74]. Вважається, що таке N-деметилування — основний шлях ензиматичного розкладання сечовини. Деметилування звичайно супроводжує гідролітичне розщеплення амідного зв'язку арилациламідазами. Так, лінурон розкладається до 3,4-дихлораніліну, N,O-диметилгідроксиаміну та CO<sub>2</sub> [23].

Інший шлях розкладання сечовини — гідроксилювання кільця. Заміщення в кільці, очевидно, відбувається в орто-положенні, тому що звичайно найсприятливіше пара-положення або зайняте замісниками, або захищене стерично. Після цього відбувається розкриття циклу з утворенням муконової кислоти, сукцинату та ацетату [74]. Гідроксилювати фенілсечовинний гербіцид ізопротурон здатні аскоміцети, базидіоміцети та зигоміцети, зокрема штами *Mortierella* sp. Gr4, *Phoma* cf. *euryrena* Gr61 та *Alternaria* sp. Gr174 [123, 125].

Утворення відповідних амінів та аміаку в ґрунті відбувається також при руйнуванні ациланілідів (рамрод) під впливом бактерій, актиноміцетів і грибів [74, 125]. Активними щодо ациланілідів є ферментні препарати з *Pseudomonas striat*, *Penicillium* sp., *Fusarium solani* [67]. Зокрема, рамрод у ґрунті розкладається протягом 2 міс [81]. Основною реакцією руйнування ациланілідів є гідроліз амідного зв'язку з утворенням заміщених анілінів, які можуть перетворюватись в заміщені азобензолу. Наявність алкільної групи при атомі азоту молекули рамрода підвищує стійкість препарату в ґрунті та попереджає його руйнування до аніліну або азобензольних залишків [43].

Проте є дані, що ациланіліди (зокрема, хлорацетаміди) не розщеплюються за амідним зв'язком [36]. Так, у культуральному середовищі штаму роду *Moraxella*, виділеного з ґрунту D.T. Villarreal зі співавт. [131], накопичувався метаболіт рамроду — 2-хлор-N-ізопропілацетамід та спостерігалось накопичення біомаси, що дало змогу припустити здатність штаму утилізувати ароматичні C-атоми молекули пестициду. Крім того, на середовищі із зазначеним метаболітом відмічено ріст штаму роду *Xanthobacter*.

При розгляді перетворень нітрофенолів, до яких належить ДНОК, відмічено, що у деяких випадках концентрація іонів водню в середовищі може мати вирішальне значення з погляду ефективності і навіть самої можливості цих перетворень [52]. При підвищенні рН від рК нітрофенолів кількість недисоційованих молекул закономірно зменшується. Водночас імовірно саме недисоційовані молекули мають токсичну дію, проникаючи крізь клітинну мембрану. Залежно від рК нітрофенолів (4,4 для ДНОК) ріст мікроорганізмів за наявності цих речовин найактивніший в інтервалі рН 7,3—8,5 [52, 112].

Руйнування ДНОКу в ґрунті відбувається протягом 1 міс [23]. Відомо два шляхи його мікробного руйнування [52, 67, 74, 112, 127]:



• менш поширений в природі — пряме гідролітичне (окиснювальне) відщеплення нітрогрупи з утворенням нітритів (нітратів) і фенілпохідних сполук з наступною їх трансформацією гідроксилуванням, низкою окиснювальних реакцій, розкриттям ароматичного кільця та повною його мінералізацією; утворення нітритів як метаболітів ДНОК властиве представникам родів *Pseudomonas*, *Corinebacterium* та *Arthrobacter*; деструкція органічних нітросполук прямим гідролітичним відщепленням нітрогрупи відома також у актиноміцетів і грибів; зокрема, відмічено перетворення 4-нітрофенолу лігніндеградуючим базидіоміцетом *Phanerochaeta chrysosporium* в 1,2-диметокси-4-нітробензол через утворення проміжного продукту 4-нітроанізоли [127];

• найобґрунтованіший і більш поширений в природі — відновлення нітрогрупи до аміногрупи з наступним переамінуванням або дезамінуванням утвореної речовини; оскільки проміжні продукти відновлення нітратів (нітрит, закис азоту, нітроксил, нітрамід, гідроксиламін) нестабільні, леткі та отруйні, то досить правдоподібно, що вони зв'язуються у процесі метаболізму якимись органічними структурами клітин і в такому зв'язаному вигляді проходять усі відновні етапи обміну; таке припущення дає змогу розглядати перетворення органічних нітросполук у тісному взаємозв'язку з процесом денітрифікації; відомо також утворення ариламінів із ДНОКу представниками роду *Pseudomonas*, а також азотфіксувальними бактеріями [52, 67, 74].

У разі глибокого розщеплення ДНОКу можлива конвергенція двох шляхів [52].

Таким чином, склад мікробного ценозу ґрунту змінюється під впливом пестицидів — техногенних забруднювачів, які діють на мікроорганізми безпосередньо (вибіркова токсичність) та опосередковано (зміни умов живлення, енергетичного забезпечення мікроорганізмів, рН та інших фізико-хімічних показників стану ґрунту). Попередження негативних наслідків техногенезу неможливе без всебічного вивчення механізмів взаємодії екосистем ґрунту, в якому експлуатуються промислові споруди, та ксенобіотиків.

#### **Перспективи застосування пестицидів для уникнення біопозшкоджень.**

Б.В. Бочаров зазначає [9], що пестициди є найбільш близькими аналогами хімічних засобів захисту матеріалів від біопозшкоджень, тому автор вважає за доцільне використання накопичених на складах пестицидів з обмеженим застосуванням або заборонених у сільському господарстві для попередження біопозшкоджень. У деяких роботах відмічено високий екологічний та економічний ефект використання як інгібіторів-біоцидів відходів, вторинних продуктів виробництв або сполук, отриманих на їх основі. Зокрема, пропонують інгібітори корозії, одержані з компоненту ракетного палива [68], продуктів переробки рослинної сировини [7, 37, 69, 71, 87, 122], відходів хімічної промисловості [1, 4, 33, 42, 54, 55, 62, 66, 73, 83, 85, 94]. Біоцидні властивості таких інгібіторів активно досліджуються [1, 4, 33, 42, 66, 69, 73, 91]. Проте відомості щодо перебігу процесів мікробних позшкоджень металів під впливом пестицидів досить обмежені. Так, відомо використання деяких засобів захисту рослин як фунгіцидів [89] та інгібіторів-біоцидів мікробної корозії металів у водних системах [5, 6, 11, 18—20, 27]. При цьому досліджено бактерицидні властивості гербіцидів, фунгіцидів і родентицидів щодо сульфатвідновлювальних бактерій [27], зокрема на нафтових родовищах [11]. З'ясовано, що бактеріостатичну дію на накопичення корозійно небезпечних мікроорганізмів, виділених з оборотних вод підприємств виробництва синтетичного каучуку (бактерії роду *Thiobacillus* та денітрифікувальні бактерії), виявляє симазин концентрацією 30 мг/л. Розвиток бактерій роду *Desulfovibrio* він, навпаки, стимулює [27].



Вплив на мікробну корозію препаратів сільськогосподарського та медичного призначення, що виробляються серійно, вивчає група російських учених [5, 18—20]. Так, досліджено як інгібуючі, так і бактерицидні властивості тризаміщених ароматичних амінів і фенолів [5, 20]. Біоциди виявлено також серед похідних аренів і речовин з аміногрупами [19], триазинів [6].

Досліджено протикорозійні властивості некондиційних фармпрепаратів дибазол (2-бензimidазол гідрохлорид), фторурацил (2-оксо-5-фторхіназолін-4-он), верапаміл (ускладнений варіант молекули фенілалкіламіну) в кислому, нейтральному та лужному середовищах без бактерій [72]. З'ясовано, що ці препарати є інгібіторами кислотної корозії сталі.

Таким чином, потенційні можливості використання пестицидів як інгібіторів-біоцидів певною мірою вивчено для захисту металів від мікробної корозії у водних середовищах. Проте щодо мікробних пошкоджень металів у ґрунті під впливом пестицидів є лише окремі роботи [75, 77, 90].

Зокрема, досліджено біоцидні властивості пестицидів симазину, лінуруну, рамроду, ДНОКу, гексилиуру та їх інгібуючу дію за умов ґрунтової корозії [75, 77]. При цьому показано, що наявність симазину, рамроду та гексилиуру забезпечує захист сталі в умовах ґрунтової корозії перші 2—5 міс експерименту, а ДНОКу — лише 5 міс. Лінурон стимулював корозійний процес протягом усього експерименту. Крім того, наприкінці експерименту швидкість біопшкодження сталі за наявності усіх досліджених пестицидів виявилась більшою, ніж у контролі. Відмічена тенденція інтенсифікації процесу пошкодження сталі узгоджується з утворенням корозійно небезпечних угруповань феросфери сталі у ґрунтах із зазначеними пестицидами. Найвираженіші антимікробні та протикорозійні властивості відмічено для пестицидів рамроду та симазину, що є важливим для пошуку інгібіторів-біоцидів в ряду сполук, отриманих при їх хімічній модифікації. Зокрема, діюча речовина пестициду симазину поряд з іншими похідними триазину розглядається як ефективний інгібітор мікробно індукованої корозії [90].

Показано, що пошук інгібіторів-біоцидів перспективний серед азотовмісних гетероциклічних похідних діючої речовини пестициду рамроду — четвертинних солей піридинію та тіазольних сполук [76]. Зокрема, виявлено можливість використання як інгібіторів-біоцидів для попередження мікробних пошкоджень сталі четвертинної солі стирилпіридинію та тіазольної сполуки з двома N-фенільними радикалами. Показано, що використання зазначеної солі піридинію у середовищах з сульфатвідновлювальними бактеріями дасть змогу значно обмежити біопшкодження металу [41].

Таким чином, сучасні уявлення про спрямованість та активність процесу руйнування металів головним чином пов'язують з хімічною та біохімічною взаємодією між мікроорганізмами і металами, розглядаючи останні як фактор техногенезу. Між тим суттєвим техногенним чинником є забруднення ґрунтів пестицидами.

Пестициди є сполуками, характер і ступінь дії яких на мікроорганізми змінюється під впливом фізичних, хімічних і біологічних факторів. Зокрема, вони підлягають мікробній трансформації з утворенням як токсичних проміжних сполук або речовин-субстратів метаболізму мікроорганізмів, так і агресивних щодо металів речовин. Разом з тим наявність пестицидів може змінювати характер корозійного процесу завдяки безпосередньому впливу на кінетику корозійних реакцій. Зміни, спричинені пестицидами, є специфічними, оскільки визначаються хімічним складом препаратів, тому необхідно оцінювати розвиток корозійно небезпечних мікробних угруповань ґрунту та швидкість корозійного процесу при



застосуванні пестицидів. Крім того, можливість хімічної модифікації пестицидів виявляє практичний інтерес щодо використання похідних як інгібіторів-біоцидів для захисту металів від мікробно індукованої корозії.

*Н.В. Смыкун*

Черниговский государственный педагогический университет имени Т.Г. Шевченко

РАЗВИТИЕ КОРРОЗИОННО ОПАСНОЙ МИКРОФЛОРЫ ПОЧВЫ  
ПОД ВЛИЯНИЕМ НЕКОТОРЫХ ПЕСТИЦИДОВ

Резюме

В обзоре приведены литературные данные развития почвенной коррозионно опасной микрофлоры под действием пестицидов симазина, линурона, рамрода, ДНОКа, гексилура и их деградации в почве. Обобщено данные возможности предупреждения микробного повреждения стали применением пестицидов.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** микробные повреждения металлов, коррозионно опасная микрофлора почвы, пестициды, биоциды-ингибиторы коррозии.

*N. V. Smykun*

Shevchenko State Pedagogical University of Chernihiv,  
53 Hetman Polubotok St., Chernihiv, 14013, Ukraine

DEVELOPMENT OF CORROSION-DANGEROUS  
MICROFLORA OF SOIL UNDER THE INFLUENCE OF SOME PESTICIDES

Summary

The literature data of the development of corrosion-dangerous microbial flora of soil under the influence of pesticides simazin, linuron, ramrod, DNOK, gexilur and their degradation in soil has been cited. Data on the possibility of prevention of microbial deterioration of steel with the use of pesticides have been generalized.

**К e y w o r d s:** microbial deterioration of metal, corrosion-dangerous microbial flora of soil, pesticides, biocides-inhibitors of corrosion.

**T h e a u t h o r ' s a d d r e s s:** *N. B. Smykun*, Shevchenko State Pedagogical University of Chernihiv; 53 Hetman Polubotok St., Chernihiv, 14013, Ukraine.

1. Агаев Н.М., Смородин А.Е., Аллахвердова А.В. Роль сульфатредуцирующих бактерий в коррозионном разрушении стали и подавление их развития бактерицидами // Биоповреждение и защита материалов биоцидами. — Москва: Ин-т эволюц. морфологии и экологии животных им. А.Н. Северцова, 1988. — С. 121—129.
2. Анянueva Н.Д., Демкина Т.С., Стин У.Ч. Устойчивость микробных сообществ почв при внесении пестицидов // Почвоведение. — 1997. — № 1. — С. 69—74.
3. Андреюк К.І., Козлова І.П., Коптева Ж.П., Піляшенко-Новохатний А.І., Заніна В.В., Пуриш Л.М. Мікробна корозія підземних споруд. — Київ: Наук. думка, 2005. — 260 с.
4. Антипов В.А. Экологические технологии: утилизация кубовых остатков производства металлхлорида // Инжен. экология. — 2003. — № 2. — С. 50—58.
5. Белоглазов С.М., Мяміна А.А., Малащенко Л.В. Ингибирование микробиологической коррозии алюминия органическими веществами-гербицидами // Матеріали ІV Міжпар. конф.-виставки "Проблеми корозії та протикороз. захисту матеріалів" (Корозія-98). — Львів: Фізико-механічний ін-т ім. Г.В. Карпенка НАН України, 1998. — С. 366—371.
6. Белоглазов С.М., Кондрашева Е.М., Чупахина Г.Н. Замещенные триазины как ингибиторы-биоциды при коррозии мартенситных сталей в водно-солевой среде с СРБ // Вестн. Тамб. ун-та. Серия: Естеств. и техн. науки. — 1999. — 4, № 2. — С. 202—203.
7. Белопухов С.Л., Дмитриевский А.Л., Пархоменко А.О. Исследование защитных свойств ингибитора коррозии ИМЛ-1 // Практика противокорроз. защита. — 2006. — № 4 (42). — С. 39—41.
8. Благодатская Е.В., Анянueva Н.Д. Оценка устойчивости микробных сообществ в процессе разложения поллютантов в почве // Почвоведение. — 1996. — № 1. — С. 1341—1346.



9. Бочаров Б.В. Вопросы регламентации применения химических средств защиты от биоповреждений // Биоповреждения в промышленности: Межвуз. сб. — Горький: Изд-во Горьк. ун-та, 1983. — С. 17—27.
10. Бочаров Б.В. Защита от биоповреждений с помощью биоцидов // Актуальные вопросы биоповреждений. — Москва: Наука, 1983. — С. 174—202.
11. Бочаров Б.В., Крючков А.А. Химические средства защиты от биоповреждений // Сб. тр. конф. “Биоповреждения, методы защиты”. — Полтава, 1985. — С. 56—69.
12. Бутко М.П., Саранин О.Л. Региональный аспект проблемы сбора, утилизации та переробки промислових відходів // Экологические технологии и ресурсосбережение. — 1998. — № 1. — С. 46—49.
13. Васильева В.Л., Кулиниченко В.Л. Світоглядні та методологічні засади мікробіологічного методу захисту рослин від шкідників і хвороб // Мікробіол. журн. — 1999. — 61, № 6. — С. 75—85.
14. Вернадский В.И. Биосфера. — Москва: Мысль, 1967. — 376 с.
15. Герасименко А.А. Биокоррозия и защита металлоконструкций. 1. Особенности процесса биокоррозии. Микробная коррозия в природных средах // Практика противокорроз. защиты. — 1998. — № 4 (10). — С. 14—26.
16. Герасименко А.А., Калиновский С.А., Палагин В.Н., Матюша Г.В., Иванов С.Н., Плаксин Ю.В., Андрищенко Т.А., Лукина Н.Б. Микробная коррозия металлов // Материалы семин. “Защита оборудования и сооружений от коррозии”. — Москва, 1999. — С. 32—37.
17. Гербициды в окружающей среде // Материалы Второго междунар. конгресса по борьбе с сорными растениями. Копенгаген (Дания), 25—26 июня 1996 г. // Агрехимия. — 1997. — № 2. — С. 95—96.
18. Голяк Ю.В., Белоглазов С.М. Исследование некоторых промышленных гербицидов как ингибиторов коррозии алюминия в водно-солевых средах и биоцидов на СРБ // Сб. материалов Всерос. конф. “Экологические проблемы биодеградации промышленных строительных материалов и отходов производств”. — Пенза, 1998. — С. 24—28.
19. Голяк Ю.В., Белоглазов С.М. Ингибирующие свойства некоторых органических биоцидов при коррозии алюминия в средах с бактериальной (СРБ) сульфоредукцией // Вестн. Тамб. ун-та. Серия: Естеств. и техн. науки. — 1999. — 4, № 2. — С. 209—210.
20. Голяк Ю.В., Белоглазов С.М. Ингибирующее и бактерицидное действие замещенных фенолов при коррозии алюминия под действием сульфатредуцирующих бактерий // Практика противокорроз. защиты. — 2001. — № 1 (19). — С. 11—16.
21. Горленко М.В., Лебедева Г.Ф., Мантуровская Н.В. Производные триазины и микрофлора почвы // Агрехимия. — 1969. — № 8. — С. 122—128.
22. Григорьева Т.Ю. Денитрифицирующие бактерии — деструкторы анионных ПАВ и использование их для очистки сточных вод // Тез. докл. VII съезда Укр. микробиол. об-ва. — Киев; Черновцы, 1989. — Ч. 1. — С. 144.
23. Дворникова Т.П., Гранатская Т.А., Плацында В.А., Ильинская С.П., Бойко И.И. Микробиологические превращения гербицидов // Взаимодействие пестицидов с микроорганизмами. — Кишинев: Штиинца, 1984. — С. 91—123.
24. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2000 р. — Чернігів, 2001. — 182 с.
25. Емцев В.Т., Майорова Л.Г., Максимова Е.Н. Интенсификация процессов микробной деградации симазина в дерново-подзолистой почве // Тр. ВНИИ с.-х. микробиологии. — 1983. — 52. — С. 75—77.
26. Замай Ж.В. Дослідження та розробка методів утилізації некондиційного пестициду Рамрод у технології обробки металів: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Запоріжжя, 1997. — 21 с.
27. Землянухин А.А., Райхшпитейн М.В., Савенко Л.Г., Сватиков В.П. К выбору биоцидов для оборотных вод предприятий СК // Биоповреждения в промышленности: Межвуз. сб. — Горький: Изд-во Горьк. ун-та, 1983. — С. 89—94.
28. Зенова Г.М., Лебедева Г.Ф. Микроорганизмы как компонент биоценоза // Материалы Всесоюз. симп. — Алма-Ата, 1982. — С. 108—109.
29. Зенова Г.М., Лебедева Г.Ф., Лысак Л.В. Динамика микробных популяций в почве при повторных внесениях симазина и прометрина // Тр. ВНИИ с.-х. микробиологии. — 1983. — 52. — С. 101—105.
30. Зенова Г.М., Лебедева Г.Ф. Перестройка комплекса почвенных стрептомицетов под влиянием многократного применения симазина // Бюл. ВНИИ с.-х. микробиологии. — 1987. — № 47. — С. 39—40.



31. *Лутинська Г.О., Ямборко Н.А.* Мутагенна дія синтетичних фунгіцидів і препаратів біологічного походження на мікроорганізми // *Мікробіол. журн.* — 2004. — 66, № 5. — С. 57—61.
32. *Казеев К.Ш.* Токсичність пестицидів по отношению к сапрофитной микрофлоре чернозема // *Экология и биология почв: Материалы междунар. науч. конф. Ростов-на-Дону, 21—22 апр. 2005 г.: К 90-летию Рост. гос. ун-та.* — Ростов н/Д, 2005. — С. 209—215.
33. *Каплин А.Л., Пономарева Н.Н.* Новые ингибиторы биообрастания // *Коррозия: материалы, защита.* — 2005. — № 2. — С. 28—31.
34. *Карпина Н.Н., Вакараш Н.А., Кодрян В.А., Негарэ С.Г.* Действие пестицидов на жизнеспособность микроорганизмов // *Взаимодействие пестицидов с микроорганизмами.* — Кишинев: Штиинца, 1984. — С. 18—30.
35. *Катрук Э.А., Усатая А.С., Тарасевич Л.И.* Действие пестицидов на почвенную микрофлору // *Взаимодействие пестицидов с микроорганизмами.* — Кишинев: Штиинца, 1984. — С. 60—78.
36. *Клисенко М.А., Паньшина Т.Н.* Превращение в организме живогных гербицидов-галоидзамещенных анилидов карбоновых кислот // *Материалы X Междунар. симп. "Механизм действия гербицидов и синтетических регуляторов роста растений и их судьба в биосфере".* — Пушино, 1975. — Ч. 2. — С. 19—21.
37. *Костылев В.В., Кулагин Е.П.* Лесохимические отходы — модификаторы противокоррозионных композиций // 8 Нижегород. сессия молодых ученых. Технические науки (Нижний Новгород, 10—14 февр., 2003 г.). — Н. Новгород: Изд. Гладкова О.В., 2003. — С. 160—161.
38. *Круглов Ю.В.* Микрофлора почв и пестициды. — Москва: Агропромиздат, 1991. — 129 с.
39. *Курмакова И.Н.* Использование отходов производства в противокоррозионной защите // *Экотехнологии и ресурсосбережение.* — 1998. — С. 34—40.
40. *Курмакова І.М., Приходько С.В., Штіль Н.А.* Використання відходів для одержання інгібіторів кислотної корозії // *Наук. вісн.: Сучасна екологія і проблеми сталого розвитку суспільства / Збірник наук.-техн. праць.* — Львів: УкрДІТУ, 1999. — Вип. 9.7. — С. 205—209.
41. *Курмакова І.М., Смикун Н.В., Третьяк О.П.* Влияние сульфатвредоносных бактерий на коррозионно-электрохимичну поведінку сталі в присутності біоцидів // *Вісн. Чернігів. держ. педагог. ун-ту.* Вип. 40. Серія: Біол. науки. — 2006. — № 1. — С. 37—41.
42. *Лудянский М.Л.* Новые биоциды на основе отходов химических производств // *Тез. докл. Третьей Всесоюз. конф. по биоповреждениям (Полтава, 19—21 окт. 1987).* — Москва, 1987. — Ч. 2. — С. 279.
43. *Мельников Н.Н., Волков А.И., Короткова О.А.* Пестициды и окружающая среда. — Москва: Химия, 1977. — 240 с.
44. *Мельников Н.Н., Белан С.Р.* Сравнительная опасность загрязнения почвы гербицидами — производными симм-триазинов и некоторых других шестичленных гетероциклических соединений // *Агрехимия.* — 1997. — № 2. — С. 66—67.
45. *Микробная деградация пестицидов / Т.П. Дворникова, Т.А. Гранатская, С.А. Толочкина и др.* — Кишинев: Штиинца, 1991. — 79 с.
46. *Микроорганизмы и охрана почв / Под ред. Д.Г. Звягинцева.* — Москва: Изд-во Моск ун-та, 1989. — 206 с.
47. *Минеев В.Г., Ремпе Е.Х., Воронина Л.П., Соловей И.Н.* Оценка экологических последствий применения химических средств защиты растений // *Почвоведение.* — 1992. — № 2. — С. 61—69.
48. *Мищенко А.К.* Биологическая активность супесчаной дерново-подзолистой почвы при систематическом применении гербицидов в севообороте // *Тр. ВНИИ с.-х. микробиологии.* — 1983. — 52. — С. 94—98.
49. *Могильницкий Г.М., Зиневич А.М.* Микробиологическая коррозия магистральных газо- и нефтепроводов в грунте // *Биоповреждения / II Всесоюз. конф. по биоповреждениям.* — Горький: Изд-во Горьк. ун-та, 1981. — № 1. — С. 106—107.
50. *Могильницкий Г.М.* Микробиологическая коррозия магистральных трубопроводов и методы, предотвращающие ее развитие // *Биоповреждения в строительстве.* — Москва: Стройиздат, 1984. — С. 230—245.
51. *Монастырский О.А., Лысов А.К., Спиридонов Ю.Я., Веретенников Ю.М., Ермолин А.В., Алекперова Е.А., Финатьев Ю.П.* Россия на весах продовольственной безопасности. — СПб: ИЦЗР, ВИЗР, 1999. — 20 с.
52. *Наумова Р.П.* Микробный метаболизм не природных соединений. — Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1985. — 240 с.



53. *Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні.* — Київ: Міністерство охорони навколишнього середовища та ядерної безпеки України, 1995. — 110 с.
54. *Образцов В., Балиоз А., Образцов Е.* Ингибиторы коррозии металлов на основе гетероциклических аминов // Проблемы коррозии та протикорозійний захист матеріалів: У 2 т. / Спецвипуск журн. "Фізико-хімічна механіка матеріалів". — № 5. — Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2006. — Т. 2. — С. 857—862.
55. *Ольхов Г.Р., Козловская Л.С.* Решение проблем экологии и ресурсосбережения путем разработки ингибиторов коррозии и солеотложения на основе отходов химических и коксохимических производств // Теория и практика металлургии. — 2004. — № 5. — С. 130—132.
56. *Охрана окружающей среды при использовании пестицидов / Л.И. Бублик, В.П. Васильев, Н.А. Гороховский и др. : Под ред. В.П. Васильева.* — Киев: Урожай, 1983. — 128 с.
57. *Патика В.П., Тараріко Ю.О., Вергунов В.А., Калініченко А.В.* Сучасне біологічне землеробство і місце в ньому пестицидів : Зб. наук. праць Ін-ту землеробства УААН. — Київ: Нора-прінт, 1998. — Вип. 2. — С. 66—78.
58. *Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні.* — Київ: Юнівест Маркетинг, 1996. — 158 с.
59. *Петрова О.Е.* Трансформация нитроэфира целлюлозы сульфатредуцирующей бактерией *Desulfovibrio desulfuricans* 1388: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Казань, 2004. — 23 с.
60. *Похмурський В.І.* Стан і перспективи досліджень в галузі корозії та протикорозійного захисту // Захист від корозії і моніторинг залишкового ресурсу промислових будівель, споруд та інженерних мереж : Матеріали наук.-прак. конф. (м. Донецьк, 9—12 черв. 2003 р.). — Донецьк: УАМК, 2003. — С. 20—23.
61. *Разложение гербицидов: Пер. с англ. / Под ред. П. Керни и Д. Кауфмана.* — Москва: Мир, 1971. — 360 с.
62. *Рахимкулов Р.А.* Разработка технологии производства ингибиторов коррозии на основе альдегидов и аминов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Уфа, 2005. — 23 с.
63. *Ребров И.Ю., Крылов Г.В., Маслов В.Н., Быков В.Ф., Дворцов В.В., Дорошина М.А.* Биогенная сульфатредукция и способы борьбы с ней / Сер.: Защита от коррозии оборудования в газ. пром-сти. Газпром. — Москва: ИРЦ Газпром, 2004. — 64 с.
64. *Ремпе Е.Х., Коваленко Л.В.* Экологическая оценка применения химических средств защиты растений на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве // Почвоведение. — 1994. — № 6. — С. 115—122.
65. *Рибак В.К.* Вплив гербицидів на основні фізіологічні групи мікроорганізмів на чорноземах // Бюл. Ін-ту с.-г. мікробіології. — 2000. — № 7. — С. 92.
66. *Романенко И.В.* Новые бизарядные ингибиторы коррозии и биоциды // Матеріали Міжнар. конф.-виставки "Проблеми корозії та протикорозійного захисту конструкційних матеріалів" (Корозія-94). — Львів: Фізико-механ. ін-т ім. Г.В. Карпенка НАН України, 1994. — С. 181.
67. *Ротмистров М.Н., Гвоздяк П.И., Ставская С.С.* Микробная деструкция синтетических органических веществ. — Киев: Наук. думка, 1975. — 224 с.
68. *Роцин В.А., Фриндланд С.В.* Утилизация несимметричного диметилгидразина // Правовые и инженерные вопросы промышленной безопасности, охраны труда и экологии: Сб. науч. статей и сообщ. Казан. гос. технол. ун-т. — Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2004. — С. 202—205.
69. *Савченко О.Н., Сизая О.И.* Ингибиторная защита системы теплообменного оборудования промышленных предприятий от коррозии и бактериального загрязнения // Экология и ресурсосбережение. — 2005. — № 3. — С. 20—24.
70. *Свирскене А.К., Якшитайте А.В.* Влияние многолетнего систематического применения гербицидов в полевом севообороте на почвенную микрофлору // Тр. ВНИИ с.-х. микробиологии. — 1983. — 52. — С. 98—101.
71. *Сиза О., Корольов О., Савченко О., Гаценко С., Пасічніченко І.* Протикорозійні властивості продуктів переробки рослинної сировини // Проблемы коррозии та протикорозійний захист матеріалів: В 2 т. / Спецвипуск журн. "Фізико-хімічна механіка матеріалів". — № 5. — Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2006. — Т. 2. — С. 874—879.
72. *Сизая О.И., Гуменюк О.Л., Корольев А.А.* Использование некондиционных фармпрепаратов в противокоррозионной защите стали // Экология и ресурсосбережение. — 2005. — № 4. — С. 13—17.
73. *Скрипник Ю.Г., Васильева Н.В., Дорошенко Т.Ф., Попов В.В.* Інгібіторний захист металевого обладнання за допомогою коксохімічних гетероциклічних сполук // Матеріали III



- Міжнар. конф.-виставки "Проблеми корозії та протикорозійного захисту конструкційних матеріалів" (Корозія-96). — Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 1996. — С. 243—246.
74. *Скрябин Г.К., Головлева Л.А.* Использование микроорганизмов в органическом синтезе. — Москва: Наука, 1976. — 336 с.
  75. *Смикун Н.В., Курмакова І.М., Третяк О.П.* Вплив пестицидів на процес корозії сталі у ґрунті // Проблеми корозії та протикорозійного захисту конструкційних матеріалів: В 2 т. / Спецвипуск журн. "Фізико-хімічна механіка матеріалів". — Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2000. — Т. 2. — С. 756—760.
  76. *Смикун Н.В., Янченко В.А., Третяк А.П., Курмакова І.Н.* Влияние некоторых гетероциклических соединений на коррозионно-опасные группы микроорганизмов почвы // Бюл. Ин-ту с.-г. микробиологии. — 2000. — № 7. — С. 87—88.
  77. *Смикун Н.В., Третяк А.П., Курмакова І.Н.* Бицидное и защитное действие некоторых пестицидов в условиях почвенной коррозии // Микробиол. журн. — 2001. — 63, № 4. — С. 85—90.
  78. *Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г.* Гербициды и окружающая среда // Агрохимия. — 2000. — № 1. — С. 37—41.
  79. *Список пестицидів та агрохімікатів, дозволених до використання в Україні // Захист рослин.* — 2000. — № 2. — С. 11—26.
  80. *Список пестицидів та агрохімікатів, дозволених до використання в Україні // Там само.* — 2000. — № 3. — С. 9—31.
  81. *Справочник по пестицидам (гигиена применения и токсикология) /* Под ред. А.В. Павлова. — Киев: Урожай, 1986. — 432 с.
  82. *Старчак В.Г., Замай Ж.В., Курмакова І.М., Аніщенко В.О., Кузіна Н.О., Демченко А.М.* Інгібітори корозії на основі невикористаних пестицидів як один з можливих шляхів їх утилізації // Екологія, охорона природи, екологічна освіта і виховання: Зб. праць ЧДПІ ім. Т.Г. Шевченка. — Чернігів, 1996. — С. 98—110.
  83. *Таджикходжиев З.А.* Композиции для ингибирования коррозии металлов в сероводородсодержащих средах // Журн. прикл. химии. — 2000. — 73, № 2. — С. 335—337.
  84. *Усатая А.С., Катрук Э.А., Меренюк Г.В., Тарасевич Л.И.* Действие гербицидов симм-триазиновой группы на микрофлору черноземов // Изв. АН МССР. — 1985. — № 3. — С. 35—38.
  85. *Фёдоров Ю.В.* Принципы разработки комбинированных ингибиторов коррозии // Матеріали Міжнар. конф.-виставки "Проблеми корозії та протикороз. захисту конструкційних матеріалів" (Корозія-94). — Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 1994. — С. 167.
  86. *Химек Л.А., Карпова Г.Я., Колтыпина С.Б., Якубович А.Д., Бондаренко Т.И.* Влияние систематического внесения гербицидов из группы сим-триазинов на микрофлору почвы под многолетними эфиромасличными культурами // Тр. ВНИИ с.-х. микробиологии: Вклад микробиологии в интенсивное земледелие. — 1981. — С. 80—90.
  87. *Чигиринец Е., Гальченко Г., Стовиченко А.* Исследование механизма защитного действия ингибитора ИПС-1, синтезированного из отходов растительного происхождения // Проблеми корозії та протикорозійний захист матеріалів: В 2 т. / Спецвипуск журн. "Фізико-хімічна механіка матеріалів". — № 4. — Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2004. — Т. 2. — С. 805—810.
  88. *Чулаков Ш.А., Жарасов Ш.У.* Микробиологические и биохимические процессы в орошаемых почвах Казахстана при использовании гербицидов // Тр. ВНИИ с.-х. микробиологии. — 1983. — 52. — С. 91—94.
  89. *Юргелайтис Н.Г., Кошелева О.В., Чичкина М.А., Бельская И.А., Дячина Ж.С.* Применение производных бензо-2,1,3-тиа- и селендиазола для защиты материалов и изделий от повреждения мицелиальными грибами // Тез. докл. Третьей всесоюз. конф. по биоповреждениям (Полтава, 19—21 окт. 1987). — Москва, 1987. — С. 226.
  90. *Пат. 2151819 Россия, МПК С 23 F 11/14.* Ингибиторы микробиологической коррозии и наводороживания стали: Пат. 2151819 Россия, МПК С 23 F 11/14/ Белоглазов С.М., Мямнина А.А. (Россия); Калинингр. гос. ун-т. — № 97115208/02; Заявл. 03.09.97; Опубл. 27.06.00. — 12 с.
  91. *Пат. 2268593 Россия, МПК А01 N 63/00, С02F 1/50.* Способ подавления роста сульфатвосстанавливающих бактерий: Пат. 2268593 Россия, МПК А01 N 63/00, С02F 1/50/ Бушковский А.Л., Прасс Л.В., Сваровская Л.И. (Россия); ОАО Том. н.-и. и проект. ин-т нефти и газа Вост. неф. компании ВНК ОАО Томск НИПИ нефть ВНК. — № 2004113342/13; Заявл. 29.04.04; Опубл. 27.01.06.



92. Пат. 5908774 США, МПК А 01 N 25/00, В 09 В 3/00. Remediation of pesticide-contaminated soil: Пат. 5908774 США, МПК А 01 N 25/00, В 09 В 3/00/ Shaw Edward A. — № 08/426971; Заявл. 24.04.95; Опубл. 01.06.99; НПК 435/262.5. — 24 с.
93. Пат. 6905288. США, МПК В09 С 1/10, С12N 1/14. Method of remedying contaminated soil by microorganism: Пат.6905288, США, МПК В09 С 1/10, С12N 1/14/ Miyazaki Hideo; Fuji Photo Film Co., Ltd. — N 10/237730; Заявл. 10.09.02. Опубл. 14.06.05; НПК 405/128.75.
94. Agaev N.V., Chalabiev Ch.A., Dzharchieva S.S. Mamedov B.A. Inhibitors of acidic steel corrosion on the base of side products of epichlorohydrin production // 10 Eur. Symp. on Corrosion and Scale Inhibitors (274 Manifestation of the European Federation of Corrosion), Ferrara, 29 Aug.-2 Sept., 2005. — Ann. Univ. Ferrara. — 2005. — P. 629—639.
95. Aeckersberg F., Rainey F.A., Widdel F. Growth, natural relationships, cellular fatty acids and metabolic adaptation long-chain alkanes under anoxic conditions // Arch. Microbiol. — 1998. — 170, N 5. — P. 361—369.
96. Albrechtsen H.J., Lyngkilde J. Microbial iron reduction in a landfill leachate polluted aquifer // 6th Int. Symp. Microbiol. Ecol. (ISME-6). — Barcelona, 1992. — P. 97.
97. Alexander F. The breakdown of herbicides in soil // Herbicides in soil. — Oxford: Blackwell, 1960. — P. 331—342.
98. Barbaro J.R., Barker J.F., Lemon L.A. Nitrate addition as an alternate electron acceptor BTEX contaminated groundwater's // 1st Annu. Symp. "Ground, water and Soil Remediat". — Ottawa, 1991. — P. 70—73.
99. Beech Parwona B. La corrosion microbienn // Biofutur. — 1999. — N 186. — P. 36—41.
100. Booth G.H., Tiller A.K. Cathodic characteristics of mild steel in suspensions in sulphate-reducing bacteria // Corr. Sci. — 1968. — N 8. — P. 583—600.
101. Corrosion 2005: Int. conf. "Science and Economy, New Challenges" // Inž. powierzchni. — 2005. — N 2A. — Vol. 3. — P. 1—3.
102. Dumas S., Magot M., Crolet J.-L. Measurement of the net production of acidity by a sulphate-reducing bacterium: experimental checking of theoretical modes of microbially influenced corrosion // Res. Microbiol. — 1993. — 144. — P. 327—332.
103. Die Materialzerstörer Mikroorganismen — Neul Aspekte für die Bewertung von Schädigungen // Bautenschutz und Bausanier. — 1999. — 22, N 4. — P. 54—56.
104. Guo Peng, Yan Min, Huang Guiqiao, Du Min, Han Dongrui. A research for corrosive microbe in internal rust layer of carbon steel in seawater // 16th Int. Corrosion Congr. "Corrosion and Protection in High Technology Era", Beijing, Sept., 19—24, 2005. — Beijing: Chin. Soc. Corros. and Prot., 2005. — P. 889—894.
105. Hamilton W.A. Sulphate-reducing bacteria and anaerobic corrosion // Ann. Rev. Microbiol. — 1985. — 39. — P. 195—217.
106. Hance R.J. Herbicide residues in the soil: some aspects of their behavior and agricultural significance // Austral. Weeds. — 1984. — 3, N 1. — P. 26—34.
107. Huang G., Guo P. Effect of environment factors on corrosion rate of carbon steel in seawater // 16th Int. Corrosion Congr. "Corrosion and Protection in High Technology Era", Beijing, Sept., 19—24, 2005. — Beijing: Chin. Soc. Corros. and Prot., 2005. — P. 845—851.
108. Hubert C., Nemati M., Jenneman G., Voordouw G. Corrosion risk associated with microbial souring control using nitrate or nitrite // Appl. Microbiol. and Biotechnol. — 2005. — 68, N 2. — P. 272—282.
109. Iverson W.P. Microbial corrosion of metals // Adv. Appl. Microbiol. — 1987. — 32. — P. 1—36.
110. Jan-Roblero J., Romero J.M., Amaya M., Le Borgne S. Phylogenetic characterization of a corrosive consortium isolated from a sour gas pipeline // Appl. Microbiol. and Biotechnol. — 2004. — 64, N 6. — P. 862—867.
111. Javaherdashti R. A review of some characteristics of MIC caused by sulfate-reducing bacteria: past, present and future // Anti-Corros. Meth. and Mater. — 1999. — 46, N 3. — P. 173—180.
112. Labana S., Singh O.V., Basu A., Pandey G., Jain R.K. A microcosm study on bioremediation of p-nitrophenol-contaminated soil using *Arthrobacter protophormiae* RKJ100 // Appl. Microbiol. and Biotechnol. — 2005. — 68, N 3. — P. 417—424.
113. Lallai A., Mura G. Biodegradation of 2-chlorophenol in forest soil: Effect of inoculation with aerobic sewage sludge // Environ. Toxicol. and Chem. — 2004. — 23, N 2. — P. 325—330.
114. Marchal R. Rôle des bactériés sulfurogènes dans la corrosion du fer // Oil and Gas Sci. and Techn.: Rev. Inst. fr. petrole. — 1999. — 54, N 5. — P. 649—659.
115. Miller J.D.A. Corrosion: the influence of microorganisms // Ins. Petrol. (Techn. Pap.). — 1976. — N 1. — P. 3—11.



116. Morasch B., Schink B., Tebbe Ch.C., Meckenstock R.U. Degradation of o-xylene and m-xylene by a novel sulfate-reducer belonging to the genus *Desulfotomaculum* // Arch. Microbiol. — 2004. — **181**, N 6. — P. 407—417.
117. Morasch B., Meckenstock R.U. Anaerobic degradation of p-xylene by a sulfate-reducing enrichment culture // Curr. Microbiol. — 2005. — **51**, N 2. — P. 127—130.
118. Ouattara A.S., Cuzin N., Traore A.S., Garcia J.-L. Anaerobic degradation of 1,2-propanediol by a new *Desulfovibrio* strain and *D. alcoholovorans* // Arch. Microbiol. — 1992. — **158**, N 3. — P. 218—225.
119. Ozawa T., Yoshida R., Wakashiro Y., Hase H. Improvement of simazine degradation by inoculation of corn and soybean plants with rhizobacteria // Soil Sci. and Plant Nutr. — 2004. — **50**, N 8. — P. 1295—1299.
120. Parande A.K., Ramsamy P.L., Ethirajan S., Rao C.R.K., Palanisamy N. Deterioration of reinforced concrete in sewer environments // Proc. Inst. Civ. Eng. Munic. Eng. — 2006. — **159**, N 1. — P. 11—20.
121. Polymenakou P.N., Stephanou E.G. Effect of temperature and additional carbon sources on phenol degradation by phenol degradation by an indigenous soil *Pseudomonas* // Biodegradation. — 2005. — **16**, N 5. — P. 403—413.
122. Ritoles M.C., Adames Y., Casas M.E. Inhibitor formulation from Cuban raw material // 10 Eur. Symp. on Corrosion and Scale Inhibitors (274 Manifestation of the European Federation of Corrosion), Ferrara, 29 Aug.-2 Sept., 2005. — Ann. Univ. Ferrara. — 2005. — P. 1035—1042.
123. Ronhede Stig, Jensen Bo, Rosendahl Soren, Kragelund Birtne B., Juhler Rene K., Aamand Jens. Hydroxylation of the herbicide isoproturon by fungi isolated from agricultural soil // Appl. and Environ. Microbiol. — 2005. — **71**, N 12. — P. 7927—7932.
124. Sanchez M., Garbi C., Martinez-Alvarez R., Ortiz L.T., Allende J.L., Martin M. Klebsiella planticola strain DSZ mineralizes simazine: Physiologicae adaptations involved in the process // Appl. Microbiol. and Biotechnol. — 2005. — **66**, N 5. — P. 589—596.
125. Sette L.D., de Oliveira V.M., Manfio G.P. Isolation and characterization of alachlor-degrading actinomycetes from soil // Antonie Van Leeuwenhoek. — 2005. — **87**, N 2. — P. 81—89.
126. Song B., Palleroni J.N., Haggblom M.M. Isolation and characterization of diverse halobenzoate-degrading denitrifying bacteria from soils and sediments // Appl. and Environ. Microbiol. — 2000. — N 66. — P. 3446—3453.
127. Teramoto H., Tanaka H., Wariishi H. Degradation of 4-nitrophenol by the lignin-degrading bisidiomycete *Phanerochaete chrysosporium* // Appl. Microbiol. and Biotechnol. — 2004. — **66**, N 3. — P. 312—317.
128. Ulrich A., Edwards E.A. Physiological and molecular characterization of anaerobic benzenedegrading mixed cultures // Environ. Microbiol. — 2003. — **5**, N 2. — P. 92—102.
129. Van Schie Paula M., Young L.Y. Isolation and characterization of phenol-degrading denitrifying bacteria // Appl. and Environ. Microbiol. — 1998. — **64**, N 7. — P. 2432—2438.
130. Videla H.A. Biocorrosion and biofouling of industrial systems. A state of the art at the beginning of the new millennium // 15th Int. Corrosion Congr., Frontiers in Corrosion Science and Technology, Granada (Spain), September 22 to 27, 2002. Abstracts. — Granada, 2007. — P. 103.
131. Villarreal D.T., Turco R.F., Konopka A. Propachlor degradation by a soil bacterial community // Appl. and Environ. Microbiol. — 1991. — **57**, N 8. — P. 2135—2140.
132. Wakerley D.S. Microbial corrosion in UK industry a preliminary survey of the problem // Chem. and Ind. — 1979. — N 19. — P. 656—658.
133. Wang Yi-Tin. Effect of chemical pretreatment on anaerobic biodegradation of refractory organic compounds // Environ. Progr. — 1992. — **11**, N 3. — P. 210—215.
134. Wardle D.A., Parkinson D. Interactions between microclimatic variables and the soil microbial biomass // Biol. and Fertility Soils. — 1990. — **9**. — P. 273—280.
135. White G.F., Russell N.J. Biodegradation of anionic surfactants — a bacterial perspective // J. Chem. Technol. and Biotechnol. — 1992. — **55**, N 4. — P. 409—411.
136. Zhou Q., Hua T. Bioremediation. A review of applications and problems to be resolved // Progr. Nat. Sci. — 2004. — **14**, N 11. — P. 937—944.
137. Zokwood J.P. Species: would any of them be missed? // Curr. Biol. — 1994. — **4/5**. — P. 455—457.
138. Zou R., Wood T.K. Inhibiting mild steel corrosion from sulfatereducing and iron-oxidizing bacteria using gramicidin-S-producing biofilms // Appl. Microbiol. and Biotechnol. — 2004. — **65**, N 6. — P. 747—753.

Отримано 12.03.2007