

## БІОСОРБЦІЙНИЙ КОМПЗИТ ДЛЯ ДЕТОКСИКАЦІЇ ПЕСТИЦИДІВ У ҐРУНТАХ

Хохлов А.В., Хохлова Л.Й., Купчик Л.А., Титаренко М.В.

Відділ екологічної хімії  
Інституту сорбції та проблем ендоекології  
Національної академії наук України  
вул. Генерала Наумова, 13, 03164, м. Київ  
[ispe@ispe.kiev.ua](mailto:ispe@ispe.kiev.ua), [techsorb@ukr.net](mailto:techsorb@ukr.net)

Запропоновано новий підхід до вирішення проблем біоочищення забруднених пестицидами середовищ, що полягає в створенні біосорбційних комплексів, в яких мікроорганізми-деструктори закріплюються на носіях не інертних, а сорбційно-активних до забруднювача та мікроорганізмів. Показано, що біосорбційні композити на основі рослинних матеріалів ефективні для детоксикації пестицидів різного хімічного складу. Встановлено оптимальні умови модифікування спеціалізованих біосорбційних комплексів деструктивної дії відносно органічних забруднювачів. Визначено структурні, біокаталітичні та деструктивні властивості одержаних біосорбційних композитів. Досліджено взаємозв'язок функціонального сорбційного зв'язування пестицидів біосорбційними комплексами та деструкції сорбованих пестицидів мікроорганізмами-деструкторами, що іммобілізовані на їх поверхні. Найбільш ефективним є застосування в якості носія комплексного сорбційного матеріалу на основі рослинної сировини. Іммобілізовані клітини мікроорганізмів-деструкторів на сорбційному носії мають клітинні титри в межах від  $10^3$  до  $10^7$  кл/г. Показано, що такий біосорбційний комплекс має сорбційну активність до забруднювача та до мікроорганізмів – деструктивів. Деструктивна активність такого комплексу відносно пестицидів становить до 90% у водних та ґрунтових системах. Доведено, що природна мікрофлора адаптована до природних кліматичних умов, є стабільною та володіє синергізмом. Крім того, повернення мікробного комплексу в природне середовище надає йому селективні переваги. Вивчено закономірності перетворення компонентів в гетерогенній системі ґрунт – біосорбент – рослина. Відзначено технологічні особливості отримання біосорбційних препаратів-детоксикантів комплексної дії. Надані рекомендації по практичному використанню біоактивних сорбційних комплексів для знешкодження пестицидів. Очищення і знешкодження пестицидів різного призначення здійснюється після закінчення їх функціональної дії. *Ключові слова:* рослинні відходи, біосумісність, біосорбційні комплекси, мікроорганізми-деструктори, деструкція, пестициди, продукція землеробства.

### **Biosorption composite for detoxification of pesticides in soil. Khokhlov A.V., Khokhlova L.Y., Kupchik L.A., Titarenko M.V.**

A new approach to solving the problems of bio-cleaning of media polluted with pesticides has been proposed, which consists in creating biosorption complexes where microorganisms-destroyers are fixed on carriers not inert, but sorption-active to the pollutant and microorganisms. It has been shown that biosorption composites based on plant materials are effective for detoxifying pesticides of different chemical composition. The optimal conditions for the modification of specialized biosorption complexes of destructive action with respect to organic pollutants are established. The structural, biocatalytic and destructive properties of the obtained biosorption composites are determined. The interrelation of the functional sorption binding of pesticides by biosorption complexes and the destruction of sorbed pesticides by destructive microorganisms immobilized on their surface was studied. The most effective is the use as a carrier of a complex sorption material based on vegetable raw materials. Immobilized cells of microorganisms-destroyers on sorption carriers have cell titers ranging from  $10^3$  to  $10^7$  cells / g. It has been shown that such a biosorption complex has sorption activity to the pollutant and to microorganisms – destroyers. The destructive activity of such a complex relative to pesticides is up to 90% in water and soil systems. It is proved that the natural microflora is adapted to the natural climatic conditions, is stable and has synergism. In addition, the return of the microbial complex to the natural environment has selective advantages. The laws governing the transformations of the components in an inhomogeneous soil – biosorbent – plant system are studied. The technological features of obtaining a biosorption detoxicant of complex action are noted. Recommendations on the practical use of bioactive sorption complexes for the detoxification of pesticides are given. Purification and detoxification of pesticides of different purposes are carried out after the end of their functional action. *Key words:* vegetable waste, biocompatibility, biosorption complexes, microorganisms-destroyers, destruction, pesticides, agricultural products.

**Постановка проблеми.** На сучасному етапі історичну перспективу людства визначає екологічний фактор. Хімічні речовини, до яких належать пестициди, являють собою ксенобіотики, тобто речовини чужі по відношенню до природного середовища, що не входять в природний біотичний кругообіг. Інтенсифікація сільського господарства, перехід до індустріальних методів виробництва, створення великих агропромислових і тваринницьких комп-

лексів, широкий розмах меліоративного будівництва та хімізації сільськогосподарських угідь із метою сталого нарощування продовольчого фонду країни вимагають особливо уважного і дбайливого ставлення до ґрунту. Пестициди (гербіциди, інсектициди, фунгіциди) є отрутохімікатами. Головна їхня властивість і роль – знищувати різні форми життя: бур'яни, грибки, бактерії, комахи, гризуни. Тепер загальноприйнятим стала назва «пестициди» (або ж засоби

захисту рослин). На всіх рівнях виробництва, транспортування, застосування, зберігання та утилізації пестициди забруднюють навколишнє середовище. Більшість пестицидів є синтетичними хімікатами з токсичними властивостями. Підтвердженням того, що пестициди небезпечні, може служити, зокрема, їх визначення в «Довіднику про пестициди» [1].

Хімічні засоби надають лише тимчасову допомогу, оскільки з часом сприяють виробленню стійкості до постійно застосовуваних засобів. Це викликає необхідність використання нових, ще сильніших речовин, які паралельно посилюють негативний вплив на ґрунт, воду, повітря, якість продукції, на корисну флору і фауну, тим самим прискорюючи процес порушення біологічної рівноваги в природному середовищі [2; 3].

Хімізацію, що інтенсивно розвивається в сільському господарстві, можна оцінювати з двох позицій: як економічно вигідну і як екологічно небезпечну для навколишнього середовища і для самої людини. Забруднення біосфери хімічними сполуками, що використовуються в землеробстві є однією з негативних проблем сучасності. Спеціальними дослідженнями було показано, що в деяких регіонах небезпека забруднення ґрунтів, внаслідок хімізації землеробства, накопичення пестицидів у ґрунті після функціонального застосування за призначенням, взаємодія їх з ґрунтовою мікрофлорою, може бути вищою, ніж забруднення за рахунок викидів промислових підприємств. Охорона ґрунтів, їх раціональне використання, розробка та впровадження новітніх технологій очищення та відновлення забруднених ксенобіотиками ґрунтів мають першорядне значення для економічного і соціального розвитку країни.

У світовій практиці застосовують фізичні, хімічні, електрокінетичні методи очищення довкілля. Слід зазначити, що ці засоби найчастіше малоефективні і надмірно дорогі [4; 5]. З метою відновлення деградованих і забруднених ґрунтів використовують цілий ряд агротехнологічних заходів. Підтверджено [6] перспективу застосування фітотехнологій для відновлення ґрунтів.

У багатьох роботах підкреслюється значення ґрунтових мікроорганізмів у розкладанні пестицидів. Доведено [7; 8; 9], що практично всі хімічні сполуки, що застосовуються в якості пестицидів, утилізуються мікроорганізмами. Переваги використання біологічних методів дезактивації пестицидів над фізико-хімічними обумовлюється тим, що мікроорганізми мінералізують пестициди в природному циклі кругообігу речовин без від'ємного впливу на екосистему.

Максимального результату в біодеструктивних процесах можна досягти, використовуючи окремі штами-деструктори або асоціації мікроорганізмів виділених з ґрунтів, що тривалий час піддавалися впливу забруднювачів і тому пристосувалися до виживання в нових умовах. В результаті викори-

стання мікроорганізмів-деструкторів відбувається не тільки очищення ґрунту від ксенобіотиків, але й підвищення родючості ґрунту, відновлення основних функцій. Саме мікроорганізми здійснюють у ґрунті розкладання рослинних і тваринних залишків, перетворюючи їх в нові органічні речовини, які при взаємодії з мінеральними компонентами надають ґрунту специфічні властивості. Високі концентрації забруднювача згубні для мікроорганізмів-деструкторів, що обмежує застосування мікробіологічного методу очищення ґрунтів.

**Актуальність досліджень.** Для вирішення проблеми доцільно застосування сорбенту, що забезпечує швидку локалізацію забруднення, а мікроорганізми-деструктори, іммобілізовані на його поверхні, здатні здійснювати подальшу ремедіацію забрудненої території. Розробка принципів спільного використання сорбентів і мікроорганізмів-деструкторів для очищення ґрунту, забрудненого ксенобіотиками, встановлення параметрів одержання біосорбційного комплексу та його застосування в біотехнології буде сприяти ефективному та якісному відновленню забруднених ґрунтів. Крім того, відновлення забруднених ґрунтів біологічними методами вимагають набагато менше витрат для свого застосування, ніж відомі небіологічні технології. Отже, проведення досліджень по розробці і застосуванню на практиці біосорбційного комплексу для очищення ґрунту від пестицидів є надзвичайно важливим. Актуальність розробки комплексних технологій, спрямованих на відновлення основних функцій ґрунтів і підвищення їх родючості, пов'язана з рішенням великої народно-господарської проблеми, що має державне значення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання впливу пестицидів на ґрунтові мікроорганізми і їх мікробна деструкція складають значну частину зарубіжних та вітчизняних досліджень в області ґрунтової мікробіології. На основі аналітичного огляду наукової літератури обґрунтовано необхідність та перспективність проведення досліджень по створенню біосорбційних комплексів, в яких мікроорганізми-деструктори іммобілізовані на носіях, які сорбційно активні до забруднювача (пестициду) та біосумісні з мікроорганізмами.

За даними аналізу результатів досліджень щодо впливу пестицидів на мікроорганізми ґрунту та вивчення здатності мікроорганізмів розкладати пестициди відмічено відсутність даних про формування мікробного ценозу ґрунту при високому рівні його забруднення пестицидами (у зонах розташування складів із непридатними для використання пестицидами). Головним чином роботи проводились по визначенню впливу різних пестицидів на загальну чисельність, видовий склад і структуру ґрунтових організмів та їх чутливості до пестициду [10; 11]. Вплив різних пестицидів на ґрунтові мікроорганізми і їх мікробна деструкція досліджені в працях

сучасних вітчизняних вчених [12; 13]. Дослідження з пошуку мікроорганізмів-біодеструкторів пестицидів раніше були проведені і відображені в роботі А.В. Колупасєва [14].

Однією з актуальних завдань є створення біопрепаратів на основі штамів-деструкторів ксенобіотиків, виділених з аборигенної мікрофлори. Створення біопрепаратів (включаючи біосорбційні комплекси) та розробка технології їх застосування для ремедіації ґрунтів, забруднених пестицидами, в умовах взаємодії з аборигенною мікрофлорою і під впливом природних і антропогенних факторів, становить значний науковий та практичний інтерес.

**Мета роботи.** Комплексне дослідження сорбційних, деструктивних (щодо пестицидів) та інших фізико-хімічних властивостей біологічно модифікованих сорбентів на основі рослинних матеріалів для очищення ґрунтів від забруднення пестицидами. Відновлення ґрунтів в агропромисловому комплексі з метою підвищення їх продуктивності та отримання високоякісної та екологічно безпечної аграрної продукції.

**Матеріали й методи досліджень.** Методологічною базою досліджень були використані праці вітчизняних і зарубіжних дослідників з питань виділення з аборигенної мікрофлори забруднених пестицидами ґрунтів мікроорганізмів-деструкторів пестицидів і оцінки їх деструктивних властивостей. Вивчено умови іммобілізації клітин на сорбентах різного типу, біотехнологічних методів вирощування мікробної біомаси, технічних прийомів внесення біосорбційних композитів для ремедіації ґрунтів, забруднених пестицидами. Застосування зазначених методів, а також аналіз фактичного матеріалу дозволив забезпечити об'єктивність отриманих висновків і результатів.

Об'єктами досліджень були рослинні відходи, вуглецеві матеріали, природні мінеральні сорбенти, біосорбційні комплекси, пестициди, ґрунти, продукція землеробства.

Відбір зразків ґрунту та їх мікробіологічний аналіз проведено за загально прийнятими методиками ґрунтової мікробіології. Чисельність ґрунтових мікроорганізмів різних груп визначали методом висіву граничних розведень суспензії ґрунту на селективні поживні середовища. Виділені авторами із ґрунту культури мікроорганізмів відносяться до родів *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Penicillium*, *Emericella*, *Copriophora*, *Rhizobium*.

Досліджувались зразки ґрунту, відібрані на дослідному полі в межах діяльності агрофірми «Мир» (с. Мирівка Кагарлицького району) та у зоні розташування складу пестицидів (Миколаївська область, Першотравневий район). Виділення мікроорганізмів, потенційних деструкторів пестицидів, здійснювали методом накопичувальних культур із ґрунтів (чорноземів), забруднених пестицидами.

Природна мікрофлора адаптована до природних кліматичних умов, є стабільною та володіє синергіз-

мом. Крім того, повернення мікробного комплексу в природне середовище надає йому селективні переваги. Експерименти проводили на мінеральному середовищі складу (г/л):  $K_2HPO_4$  – 0,5;  $NaNO_3$  – 0,5;  $(NH_4)_2SO_4$  – 0,5;  $MgSO_4 \times 7H_2O$  – 0,2;  $CaCl_2 \times 2H_2O$  – 0,01;  $FeSO_4 \times 7H_2O$  – 0,01; в дистильованій воді. В якості єдиного джерела вуглецю та енергії використовували пестициди: бетанес – (фенמידифам); карібу – (трифлусульфурон-метил); пірамін – турбо – (хлорідазон); нурел-Д – (хлортефіс циперметрин); ПХБ – (поліхлорований біфеніл).

Кожен зразок забрудненого ґрунту вносили в качалочну колбу, що містила поживне середовище та пестицид, і в умовах перемішування при температурі 25-30°C проводили вирощування мікроорганізмів. Потім культуральну рідину (КР) пересівали в свіже середовище того ж складу та проводили повторне культивування в присутності пестициду. Після 3 вирощування суміш мікробних клітин висівали на щільні поживні середовища (на основі агар-агару), які використовували в подальших дослідях для іммобілізації МО-деструкторів на поверхні сорбенту-носія. Дослідження процесу деструкції пестицидів здійснювали на забруднених ґрунтах та у водному середовищі при внесенні мікроорганізмів-деструкторів у вигляді культуральної рідини та іммобілізованих на сорбенті.

Визначення кількості пестицидів у ґрунті проводили методом вискоєфективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) та газорідинної хроматографії на базі промислової лабораторії. Метод ВЕРХ у поєднанні з газовою хроматографією дозволяє вирішити практично всі завдання, і саме ці два методи знайшли найбільше поширення в сучасній екологічній аналітичній хімії.

Біодеструктивну спроможність сорбенту з іммобілізованими мікроорганізмами-деструкторами пестицидів контролювали за зниженням концентрації забруднюючої речовини (пестициду) та накопиченням біомаси в системі. Ступінь деструкції пестициду при дії біосорбційного комплексу також оцінювали за допомогою редокс-індикатора ТТХ-трифенілтетразоліхлорид.

Про розмноження мікроорганізмів-деструкторів при деструкції пестициду свідчить виникнення червоного кольору, що вказує на утворення відновленого трифенілформазана (ТФФ) під дією мікробної дегідрогенази, що виділяється при біодеструкції пестицидів. Якісну оцінку здатності мікроорганізмів руйнувати пестициди проводили при візуальному спостереженні за зміною рівня дегідрогеназної активності мікроорганізмів та розмірами зони їх зростання.

**Виклад основного матеріалу.** Ґрунт є приймальником пестицидів, де вони розкладаються і звідки постійно переміщуються в рослини та навколишнє середовище. Деякі пестициди можуть існувати багато років після внесення. Очищення ґрунту

від пестицидів являє собою самий важкий випадок внаслідок складності властивостей і різноманітності типів ґрунтів і концентрацій накопичених пестицидів. Очищувати забруднений ґрунт необхідно відразу після того, як констатовано забруднення для того, щоб звести до мінімуму можливість забруднення пестицидами поверхневих і підземних вод.

Доведено, що практично всі хімічні сполуки, що застосовуються в якості пестицидів, утилізуються мікроорганізмами. Імобілізації мікробних клітин-деструкторів забруднення на поверхні сорбційного носія підвищує їх деструктивну ефективність. Метод адсорбції на поверхні сорбційного матеріалу є одним з найбільш простих та поширених засобів імобілізації мікробних клітин. Перспективними сорбентами для використання їх в якості носія мікробних клітин є вуглецеві матеріали як окремо так і в комплексі з певними мінеральними та рослинними сорбційними матеріалами. Авторами запропоновано новий підхід до вирішення проблем біоочищення забруднених пестицидами середовищ, що полягає в створенні біосорбційних комплексів, в яких мікроорганізми-деструктори закріплюються на носіях не інертних, а сорбційно-активних до забруднювача та мікроорганізмів.

Дослідження проводили на модельних та реальних системах ґрунт – вода – пестициди. В якості пестицидів застосовано пірамін-турбо (хлорідазон) та нурел-Д (хлортефіс циперметрин), що вносили в систему в різних кількостях. Як носії мікроорганізмів досліджено матеріали: каолін, вермікуліт, піролізат деревини та рослинні сорбенти (торф, подрібнена солома пшениці, буряковий жом, багаса). Вивчення здатності біосорбційного матеріалу розкладати та знешкоджувати пестициди перевіряли в умовах лабораторної моделі. Контроль за ефективністю дії біосорбенту-детоксиканту здійснювали шляхом визначення залишкового вмісту пестициду у водному середовищі, на носії та у ґрунті.

У таблиці 1 наведені сорбційні характеристики носія для імобілізації мікроорганізмів-деструкторів (МОД) пестицидів та мікробіологічна активність біосорбційного комплексу з МОД.

Кращу поглинальну здатність до пестицидів мають носії на основі рослинної сировини. Сорбційну ємність сорбенту-носія перевіряли на суміші пестицидів у вигляді водної емульсії пестицидного препарату концентрацією 1 мг/л. Досліджено взаємозв'язок сорбційного зв'язування та деструктивної спроможності комплексу. Імобілізація на поверхні сорбенту мікроорганізмів-деструкторів забруднення дає змогу одержати сорбуючий матеріал біодеструктивного типу. Ефективний сорбент-носій мав спрямовану адсорбційну здатність та був біосумісним.

Найбільш ефективним сорбентом-носієм мікроорганізмів-деструкторів пестицидів є композит складу: солома пшениці подрібнена + торф + буряковий жом. Імобілізація мікроорганізмів-деструкторів (МОД) пестицидів на рослинному носії активізує деструктивну здатність мікроорганізмів та в декілька разів перевищує в порівнянні з мінеральними сорбентами-носіями (рис. 1).

Кожна складова несе свою функцію. Солома – активний поглинач органічного забруднювача, носій МО та джерело ферменту (жовта лаказа, що ініціює деструктивний процес); торф – консервант МО, джерело органічного постачання; буряковий жом (або багаса-відходи цукрового виробництва) – джерело полісахаридів та ефективний утримувач вологи (1/5). Імобілізовані клітини мікроорганізмів-деструкторів на сорбційному носії мали клітинні титри в межах від  $10^3$  до  $10^7$  кл/г. Деструктивна активність такого комплексу відносно пестицидів становила до 90%.

Ефективність деструктивної дії біосорбційного матеріалу виявлена при обробці ґрунту, забрудненого пестицидом. Модифікаційні зміни в структурі пестицидів під дією мікроорганізмів оцінювали по параметрам ІЧ-спектрів (рис. 2). Якісні та кіль-

Таблиця 1

**Сорбційна ємність відносно пестициду матричного сорбційного матеріалу для імобілізації мікроорганізмів-деструкторів та мікробіологічна активність комплексу**

Адсорбент	Хлорідазон		Хлортефіс	
	Сорбційна ємність сорбенту, г/г	Активність комплексу, мг сухої біомаси	Сорбційна ємність сорбенту, г/г	Активність комплексу, мг сухої біомаси
Каолін	0,02	Немає росту	0,06	Немає росту
Вермікуліт	0,03	Немає росту	0,08	Немає росту
Подрібнена пшенична солома	20,8	0,14	29,4	0,18
Торф осоковий	14,6	0,07	18,1	0,11
Піролізат деревини	0,6	0,02	0,34	Немає росту
Буряковий жом	9,0	0,09	7,6	0,07
Композит: солома пшениці – 50%, торф – 20%, буряковий жом – 30%	22,9	0,21	36,2	0,32

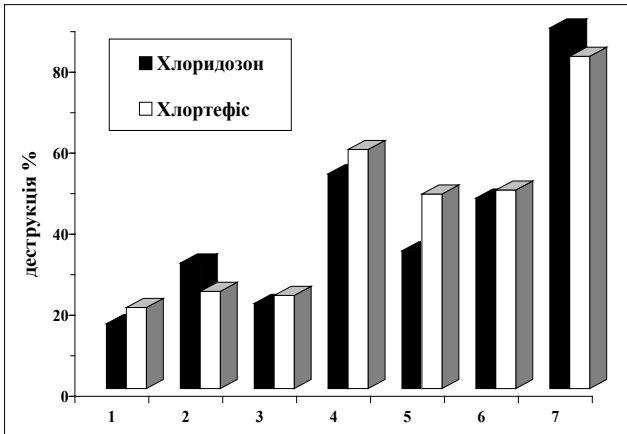


Рис. 1. Вплив типу матричного сорбційного матеріалу на деструктивну активність МОД : 1-МОД в культуральній рідині; 2-МОД на вуглецевій матриці (піролізат деревини); 3-МОД на каоліні; 4- МОД на соломі (пшениця); 5-МОД на торфі; 6-МОД на буряковому жомі; 7-МОД на композиті (солома + торф + буряковий жом)

кісні зміни в ІЧ-спектрах свідчили про перебудову структури пестициду. Дослідження зразків ґрунту (етанольних екстрактів) методом високоефективної рідинної хроматографії визначили зниження початкової концентрації пестициду в ґрунті до 30% протягом 30 днів та повну перебудову структури забруднювача за більш тривалий час.

Найбільш сприятливі умови для деградації пестицидів складаються на ґрунтах, слабо кислих і нейтральних (рН 6-7), яким є чорнозем. Незважаючи на те що мікроорганізми можуть розвиватися в широкому діапазоні вологозабезпечення ґрунтів, оптимальна вологість для них становить 50-70% від повної вологоємності. Таку вологість забезпечує складова композиту-буряковий жом. Лабораторно-вегетаційні дослідження виявили, що при введенні біосорбційного детоксиканту в забруднений пестицидами ґрунт пригнічуюча дія пестицидів знижується, в результаті чого зелена маса рослин збільшується.

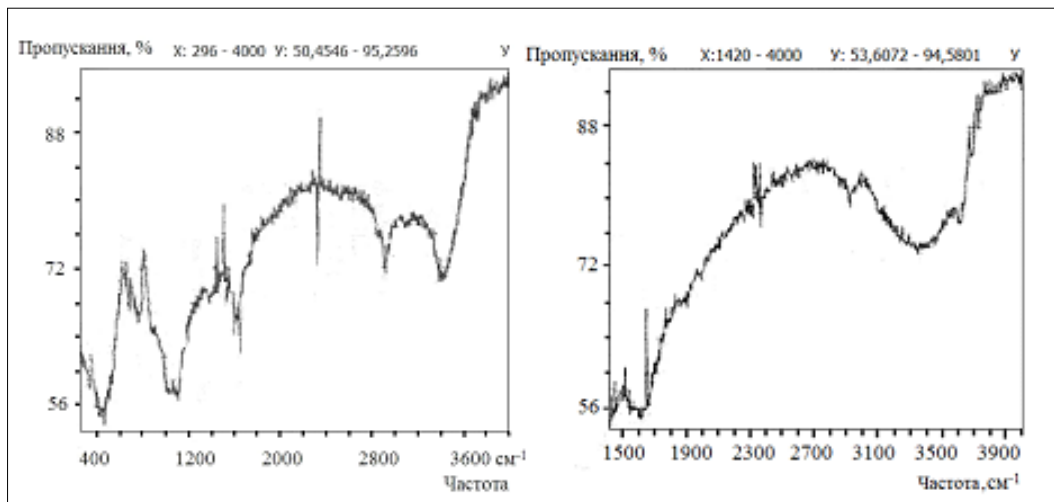


Рис. 2. ІЧ-спектри ґрунтів, забруднених пестицидами: 1 – до обробки; 2 – після обробки біосорбційним детоксикантом

Таблиця 2

Деструктивна активність біосорбційного комплексу та мікроорганізмів-деструкторів у вільному стані відносно пестицидів у водному середовищі (вміст пестицидів мг/100мл води)

Час від початку обробки	Варіант внесення МО-деструктора			
	МОД у вільному стані (культуральна рідина)		МОД іммобілізовані на сорбційному матеріалі (композиті)	
	хлоридазон	хлортефіс	хлоридазон	хлортефіс
Вихідний	50,0	30	50,0	30,0
через 10 днів	49,2	25	44,0	21,0
через 30 днів	42,0	19	32,0	12,0
через 40 днів	38,0	18	24,0	8,0
через 50 днів	36,5	17,4	21,0	4,0
через 60 днів	34,5	16,2	18,1	2,0
через 80 днів	25,0	15,4	10,2	1,5
через 100 днів	24,0	15,0	4,2	0,9
через 120 днів	21,0	14,9	0,8	0,4

Практична доцільність розробленої біосорбційної технології із застосуванням препарату підтверджена актами виробничих випробувань на полях агропромислового комплексу та на особливо забруднених ґрунтах на території покинутого несанкціонованого складу неідентифікованих пестицидів.

Отримані результати були використані для створення практичних рекомендацій по застосуванню біосорбційного препарату-детоксиканту комплексної дії.

Щодо застосування біосорбційного препарату, його ефективність як детоксиканту залежить від способу внесення. Очищення і знешкодження пестицидів різного призначення здійснюється після закінчення їх функціональної дії. Основна частина розрахункової дози вноситься рядковим внесенням. Передбачається обов'язковий рясний полив після внесення. В сильно зволжених умовах, а також в умовах зрошення полив не обов'язковий.

При внесенні в основний прийом важливо вибрати правильну глибину загорання. Вона повинна здійснюватися саме в той шар ґрунту, де розміщується основна маса коренів культури. Необроблені дози внесення біосорбційного препарату можуть вплинути на природний біоценоз ґрунту. Препарат вноситься в забруднений ґрунт в розрахунку 0,2-0,3 кг на 1 м<sup>2</sup> ґрунту. При його використанні не відбувається мінералізація ґрунту, оскільки він є екологічно чистим продуктом.

Терміни застосування: квітень – посів сільгоспкультур; травень – обробка сходів пестицидами (гербицидами); червень – 1 декада – обробка культур пестицидами (фунгіциди, інсектициди та ін.); 2-3 декада – обробка біосорбційним детоксикантом

Препарат застосовують як детоксикант накопичених в ґрунті пестицидів, нівелює їх шкідливий вплив на сільськогосподарські культури. Біосорбційний препарат-детоксикант може використовуватися під будь-які культури і на будь-яких типах ґрунтів.

**Головні висновки.** Вивчено умови одержання біосорбційного детоксиканту пестицидів цілеспрямованої комплексної дії.

Виділено специфічний деструктивний мікробний комплекс відносно пестицидів шляхом селекції в умовах періодичного культивування на сорбційних матеріалах різної природи (вуглецеві, природні мінеральні та рослинні матеріали, сільгоспвідходи). Обґрунтована перспективність застосування адаптованої аборигенної природної популяції мікроорганізмів при створенні сорбційних біокомплексів, враховуючи її стійкість, стабільність, широкий діапазон дії, синергізм і селективні переваги.

Досліджено взаємозв'язок функціонального сорбційного зв'язування пестицидів біосорбційними комплексами та деструкції сорбованих пестицидів мікроорганізмами-деструкторами, що іммобілізовані на їх поверхні. Показано, що біосорбційний комплекс повинен мати сорбційну активність до забруднювача та до мікроорганізмів – деструктивів. Найбільш ефективним є застосування в якості носія комплексного сорбційного матеріалу на основі рослинної сировини. Іммобілізовані клітини мікроорганізмів-деструкторів на сорбційному носії мають клітинні титри в межах від 10<sup>3</sup> до 10<sup>7</sup> кл/г. Деструктивна активність такого комплексу відносно пестицидів становить до 90% у водних та ґрунтових системах.

Розроблено технологічну схему застосування біосорбційного препарату-детоксиканту комплексної дії.

### Література

1. М.П. Секун, В.М. Жеребко та ін. Довідник із пестицидів. К. : Коло-біг. 2007. 360 с.
2. О.В. Тертична, І.М. Городиська. Оцінка впливу забруднення стійкими пестицидами на формування мікробіоценозу ґрунту // Науковий вісник Національного аграрного університету. К., 2006. Вип. 100. С. 281-287.
3. В.О. Мандрик. Управління відтворенням порушених земель: вибір інструментів екологічної політики / В.О. Мандрик // Вісник аграрної науки. 2000. № 11. С. 117-121.
4. Наукові основи сталого розвитку агроєкосистем України. Екологічна безпека агропромислового виробництва. Т. 1. Монографія / За ред. О.І. Фурдичка. К. : ДІА. 2012. 352 с.
5. Пестициди та агрохімікати України: практичний довідник для фахівців сільського господарства. Д. : Арт-Прес. 2006. 319 с.
6. Н.О. Горбатенко. Пестициды: структура и процессы деградации // Успехи биологической химии. 2006. Т. 4. С. 323-348.
7. О.С. Игнатовец. Деградация сим-триазиновых гербицидов бактериями рода *Pseudomonas* / О.С. Игнатовец, Т.И. Ахрамович, В.Н. Леонтьев [и др.] // Микробиология. Труды БГ. 2008. Т. 3. С. 61-64.
8. Коломієць Н.Д., Матусевич Г.Д., Моклячук Л.І., Кавецький В.М. Дослідження персистентності гербицидів Півот та Стомп у ґрунті та рослинах // Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2001. Т. 2. спец. вип. 3 (12). С. 89-95.
9. О. Н. Горбатова. Триазиновые пестициды: структура, действие на живые организмы, процессы деградации / О.Н. Горбатова, А.В. Жердев, О.В. Королева // Успехи биологической химии. 2006. Т.46. № 2. С. 323-348.
10. В.А. Калюжин. Утилизация техногенных органических соединений аборигенной микрофлорой / В.А. Калюжин // Вестник Томского государственного университета. 2009. № 328. С. 200-201.
11. О.С.Игнатович, В.Н. Леонтьев. Механизм разложения прометрина бактериями рода *Pseudomonas*. Докл. НАН Беларуси. 2008. 3. С. 82-86.
12. Патент №88046 UA Біосорбційний матеріал деструктивного типу для очищення водних та ґрунтових середовищ від пестицидів. Хохлова А.В., Стрелко В.В., Хохлова Л.Й. Опубл. 25.02.2014. Бюл. № 4.
13. Н.Д. Ананьева. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв / Н.Д. Ананьева. М. : Наука. 2003. 223 с.
14. А.В. Колупаев, Т.Я. Ашихмина, И.Г. Широких. Реакция почвенных микромицетов на пестицидное загрязнение / А.В. Колупаев, Т.Я. Ашихмина, И.Г. Широких // Иммунология, аллергология, инфектология. 2009. № 2. С. 50-51.