

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО РЕАБІЛІТАЦІЇ ЗАБРУДНЕНИХ ПЕСТИЦИДАМИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ

А.М. Ліщук

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8339-9365>

М.В. Драга кандидат біологічних наук

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: m_draga@hotmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9456-4728>

І.М. Городиська

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: anni0479@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1580-3450>

Ю.В. Терновий

кандидат сільськогосподарських наук Скви́рська дослідна станція органічного виробництва ІАП НААН (м. Сквиря Україна)

e-mail: ternowoj@i.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5829-5089>

Розроблено Концепцію реабілітації забруднених ґрунтів, де обґрунтовано шляхи відновлення територій, забруднених стійкими органічними пестицидами. Практична реалізація Концепції сприятиме переведенню існуючих систем землекористування на засади збалансованого розвитку сільського господарства, а також збереженню, відтворенню і розширенню біорізноманіття, а також підвищенню екологічної безпеки агроєкосистем для сталого розвитку агросфери. Концепція об'єднує в собі шляхи практичного впровадження екологічно безпечних методів очищення забруднених пестицидами територій та подальше використання реабілітованих земель у процесі сільськогосподарської діяльності в Україні. Проблему пестицидного забруднення агроєкосистем запропоновано вирішувати шляхом використання науково обґрунтованих екологічно безпечних методів реабілітації ґрунтів із полікомпонентним забрудненням пестицидами, розроблених в Інституті агроєкології і природокористування НААН, зокрема за використання методів біоремедіації. Запропоновано до використання: методи проведення агроєкологічного моніторингу територій, забруднених стійкими органічними забруднювачами, методи фітотестування та фіторемедіації забруднених стійкими пестицидами ґрунтів. Для проведення фіторемедіації забруднених ґрунтів запропоновано використовувати однорічні культурні (ячмінь, пшеницю, квасолю, сою, кабачок, гарбуз) та дикорослі (культури лікарської, полин гіркий, полин звичайний, пирій повзучий) види рослин-ремедіаторів, які придатні для фітостабілізації та запобігання міграції пестицидів в умовах полікомпонентного забруднення ґрунту. Основними етапами реалізації Концепції є: комплексний агроєкологічний моніторинг ґрунтів, забруднених залишками стійких органічних забруднювачів (СОЗ); комплексна екотоксикологічна оцінка стану ґрунту; визначення ступеню хімічної деградації ґрунтів; адаптація ремедіаційних технологій до специфічності ділянки, що потребує очищення; впровадження екологічно безпечних ремедіаційних методів у практичне використання; реалізація перспективи подальшого використання реабілітованих ґрунтів у різних галузях сільського господарства; врахування екологічної та економічної ефективності використання методів ремедіації. Можливість та шляхи використання відновлених територій у процесі сільськогосподарської діяльності із врахуванням основних етапів реалізації Концепції викладено в розроблених в ІАП НААН «Науково-методичних рекомендаціях з відновлення забруднених хлороорганічними пестицидами ґрунтів залежно від їх токсичності» та «Науково-методичних рекомендаціях з використання відновлених територій у процесі сільськогосподарської діяльності».

Ключові слова: агроєкосистема, екологічна безпека, відновлення територій, концепція, стійкі органічні забруднювачі, фіторемедіація, фітостабілізація.

ВСТУП

У світі нині є актуальним питання щодо можливості підвищення безпеки агроєкосистем, які зазнали значного техногенного впливу,

на засадах збалансованого розвитку сільського господарства. В Україні до теперішнього часу не вирішена проблема очищення забруднених пестицидами ґрунтів, особливо в зонах роз-

ташування складів отрутохімікатів, які вже тривали десятиліття не використовуються та знаходяться в напівзруйнованому стані. У таких складах залишилися великі кількості пестицидів, що втратили придатність або заборонені до використання [1; 2]. Незважаючи на процес знешкодження та утилізації непридатних пестицидів, що тривалий час проводиться на державному рівні, залишаються дуже небезпечними локальні забруднення навколо таких складів отрутохімікатів, оскільки вони містять надзвичайно високі концентрації стійких органічних забруднювачів (СОЗ) — хлороорганічних пестицидів (ХОП) та поліхлорованих дифенілів (ПХД) [1]. У зв'язку з цим виникла необхідність у розробці Концепції реабілітації забруднених ґрунтів. Розробка такої концепції та впровадження екологічнобезпечних методів відновлення забруднених ґрунтів, підвищення їхньої якості з метою подальшого використання реабілітованих земель у сільськогосподарській практиці стане важливим аспектом досягнення збалансованого розвитку агросфери.

Мета роботи полягає в розробці Концепції реабілітації забруднених пестицидами ґрунтів та визначенні шляхів практичного її впровадження для підвищення безпеки агро-екоосистем на засадах збалансованого розвитку сільського господарства.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Нині у світовій практиці розвинених країн першочерговими завданнями підвищення безпеки агро-екоосистем є розроблення та дослідження методів очищення та відновлення деградованих і забруднених ґрунтів. Особливої актуальності в Україні набуває проблема пошуку шляхів реабілітації ґрунтів сільськогосподарського призначення, забруднених залишками пестицидів, зокрема, розробка наукових підходів до їх ремедіації (фітостабілізації та фітодеградації ксенобіотиків забрудненого ґрунту). Дослідження екологічного стану ґрунтів України описані в низці наукових праць [3–5]. У практиці розвинених країн першочерговими завданнями збалансованого розвитку в сільському господарстві є екоотоксикологічне оцінювання й розроблення методів очищення та відновлення деградованих і забруднених ґрунтів. В останні роки цим питанням приділяється багато уваги й у нашій країні [1; 3; 6–12].

Нині у світовій практиці охорони навколишнього природного середовища активно розвиваються фітореабілітаційні технології очищення ґрунтів — економічно ефективні та екологічно безпечні методи, що ґрунтуються на фізіологічній здатності рослин накопичу-

вати в біомасі ксенобіотики з подальшою їх деструкцією [13–16]. Особливості деструкції пестицидів мікроорганізмами ґрунту в агро-ценозах викладено в працях Копчі Н.М. [17; 18], Гафурова Р.М. [19]. Важливим аспектом досягнення збалансованого розвитку агросфери є розроблення Концепції реабілітації забруднених земель, зокрема їх очищення доступними методами ремедіації, підвищення їхньої якості та оцінювання придатності для використання в різних галузях сільського господарства.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Підґрунтям для цієї статті були результати власних попередніх досліджень щодо розроблення науково-методичних та теоретичних аспектів розв'язання проблеми подолання екологічних наслідків застосування пестицидів. За результатами кризового моніторингу забруднення ґрунтів залишками СОЗ в едафотопах складів отрутохімікатів у різних природно-кліматичних зонах України відмічено наявність досить потужного пестицидного навантаження на сільськогосподарські угіддя, що розташовані в межах санітарних зон складів отрутохімікатів. Зокрема, в орному шарі ґрунту сільськогосподарських угідь, що зосереджені в безпосередній близькості від таких складів (с. Гарячківка Вінницької обл.), спостерігалось перевищення концентрацій ХОП, таких як ДДТ (дихлордифенілтрихлорметилметан) та ГХЦГ (гексахлорциклогексан), а саме: ізомерів ГХЦГ (α і β) — від 3 до 120 ГДК, ізомерів та метаболітів ДДТ (4,4'-ДДЕ, 4,4'-ДДД, 4,4'-ДДТ) — від 23 до 63 ГДК [20]. У межах санітарно-захисних зон складів отрутохімікатів Ставищенського та Сквирського районів Київської обл. ґрунт містив значні кількості залишків стійких ХОП — від 22 до 145 ГДК ДДТ і ГХЦГ та від 3 до 10 ГДК ПХД [2].

Проблему пестицидного забруднення агро-екоосистем запропоновано вирішувати шляхом використання різних методів реабілітації ґрунтів, поліпшення екологічного стану та підвищення безпеки агро-екоосистеми. З цією метою в Інституті агро-екології і природокористування НААН розроблені науково обґрунтовані методи реабілітації ґрунтів із полікомпонентним забрудненням пестицидами: Методичні рекомендації з агро-екологічної оцінки забруднених ксенобіотиками ґрунтів, 2005; Методичні рекомендації з фітотестування забруднених стійкими пестицидами ґрунтів, 2008 [21]; Науково-методичні рекомендації з фітореабілітації ґрунтів з полікомпонентним забрудненням пестицидами, 2009 [22]; Методичні рекомендації з біотестування забруднених стійкими органічними забруднювачами ґрунтів, 2010;

Методичні рекомендації з агроекологічного моніторингу територій, забруднених стійкими органічними забруднювачами, 2010; Науково-методичні рекомендації «Екологічнобезпечні методи реабілітації забруднених ґрунтів» (видання друге, розширене), 2019 [23]. Можливість та шляхи використання відновлених територій у процесі сільськогосподарської діяльності із врахуванням загальної екологічної ситуації, специфічності ділянки, що потребує очищення, екологічної та економічної ефективності, перспективи подальшого використання реабілітованих ґрунтів у сільському господарстві та впливу методів очищення на навколишнє природне середовище і здоров'я людини представлено в розроблених: Науково-методичних рекомендаціях з відновлення забруднених хлорорганічними пестицидами ґрунтів залежно від їх токсичності (відповідно до міжнародних стандартів), 2010; Науково-методичних рекомендаціях з використання відновлених територій у процесі сільськогосподарської діяльності, 2013.

Вищенаведені наукові розробки щодо реабілітації забруднених СОЗ ґрунтів покладені в основу Концепції реабілітації забруднених ґрунтів.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В Інституті агроекології і природокористування НААН розроблено Концепцію реабілітації забруднених ґрунтів, де обґрунтовано шляхи реабілітації ґрунтів, забруднених стійкими органічними пестицидами. Практична реалізація Концепції сприятиме переведенню існуючих систем землекористування на засади сталого розвитку сільського господарства, а також збереженню, відтворенню і розширенню біорізноманіття, підвищенню екологічної безпеки агроecosистем для сталого розвитку агросфери. Розроблена Концепція об'єднує в собі шляхи практичного впровадження екологічнобезпечних методів очищення забруднених пестицидами територій та подальше використання реабілітованих земель у процесі сільськогосподарської діяльності в Україні.

Запропонована Концепція забезпечує реалізацію низки концептуальних положень, а саме:

1) подолання екологічних наслідків забруднення ґрунтів залишками СОЗ шляхом проведення комплексного агроекологічного моніторингу;

2) розроблення алгоритму реабілітації ґрунтів, забруднених СОЗ;

3) формування напрямів використання відновлених ґрунтів у сільськогосподарській діяльності.

Подолання екологічних наслідків забруднення ґрунтів залишками СОЗ передбачає проведення комплексного агроекологічного моніторингу, який, в свою чергу, забезпечить: виявлення зон підвищеного антропогенного навантаження; визначення ступеня хімічної деградації ґрунтів із полікомпонентним забрудненням пестицидами. Слід зазначити, що своєчасне виявлення зон хімічної деградації забезпечить цілеспрямованість застосування заходів ремедіації забруднених зон; покращення екологічної ситуації в зоні використання екологічнобезпечних методів очищення ґрунтів.

Алгоритм реабілітації забруднених ґрунтів забезпечить ефективність застосування екологічно безпечних методів очищення ґрунтів (або оптимальне їх поєднання), відновлення територій та повернення їх у сільськогосподарське використання.

Формування *напрямів використання відновлених ґрунтів у сільськогосподарській діяльності* слід проводити за врахування таких чинників: загальна екологічна ситуація; необхідність очищення ґрунту на ділянках, забруднених залишками пестицидів, у тому числі хлорорганічних; специфічність ділянки (її унікальні характеристики), що потребує очищення; початкова концентрація забруднювачів, обсяг забрудненого ґрунту; наявність карстових порід на ділянці або поруч із нею; міграція пестицидів профілем ґрунту та можливість вилуговування забруднюючих речовин у ґрунтові води; довгострокова ефективність та стабільність очищення ґрунту; практична та економічна ефективність технологій очищення; перспективи подальшого використання реабілітованих ґрунтів у аграрному секторі (під забудівлю, для посадки лісозахисних смуг, для вирощування сільськогосподарської продукції або з рекреаційною метою тощо); вплив методів очищення на навколишнє природне середовище та здоров'я людини.

Основними завданнями Концепції є:

1. Проведення комплексного агроекологічного моніторингу за забрудненням ґрунтів залишками СОЗ; визначення ступеня хімічної деградації ґрунтів за забрудненням хлорорганічними пестицидами.

2. Проведення оцінки екотоксикологічного стану ґрунту, яка включає: оцінку потенційних джерел забруднення ґрунту СОЗ та оцінку екологічного ризику забруднення ґрунту СОЗ.

3. Вибір методики реабілітації забрудненого ґрунту — проводиться обґрунтований вибір використання екологічно безпечних методів реабілітації забруднених поліюгантами ґрунтів для їх відновлення та повернення в сільськогосподарське використання.

4. Проведення хімічної ремедіації забруднених хлорорганічними пестицидами ґрунтів за допомогою карбонатних меліорантів.

5. Проведення фіторемердіації ґрунтів забруднених СОЗ за використання однорічних культурних видів рослин-ремедіаторів (ячменю (*Hordeum vulgare* L.), пшениці (*Triticum durum* L.), квасолі (*Phaseolus vulgaris* L.), сої (*Glycine max* L.), кабачків (*Cucurbita pepo* L.), гарбузів (*Cucurbita pepo* L.)), здатних поглинати ДДТ із забруднених ґрунтів [21].

6. Проведення фіторемердіації ґрунтів забруднених СОЗ за використання дикорослих видів рослин-ремедіаторів (*Taraxacum officinale* Wigg., *Artemisia vulgaris* L., *Elytrigia repens* L., *Artemisia absinthium* L.), які придатні для фітостабілізації та запобігання міграції ДДТ в умовах полікомпонентного забруднення ґрунту пестицидами [22].

7. Рекомендації щодо напрямів використання відновлених ґрунтів у сільськогосподарській діяльності.

8. Практичне впровадження Концепції реабілітації забруднених ґрунтів у сільськогосподарське виробництво.

Розроблено схему алгоритму Концепції реабілітації забруднених стійкими органічними забруднювачами ґрунтів за використання екологічно безпечних технологій (рис. 1). На основі запропонованої Концепції може бути забезпечено:

- комплексний агроекологічний моніторинг за забрудненням ґрунтів залишками СОЗ;
- комплексну екотоксикологічну оцінку стану ґрунту;
- інвентаризацію складів отрутохімікатів, визначення ступеня хімічної деградації ґрунтів у межах санітарних зон складів;

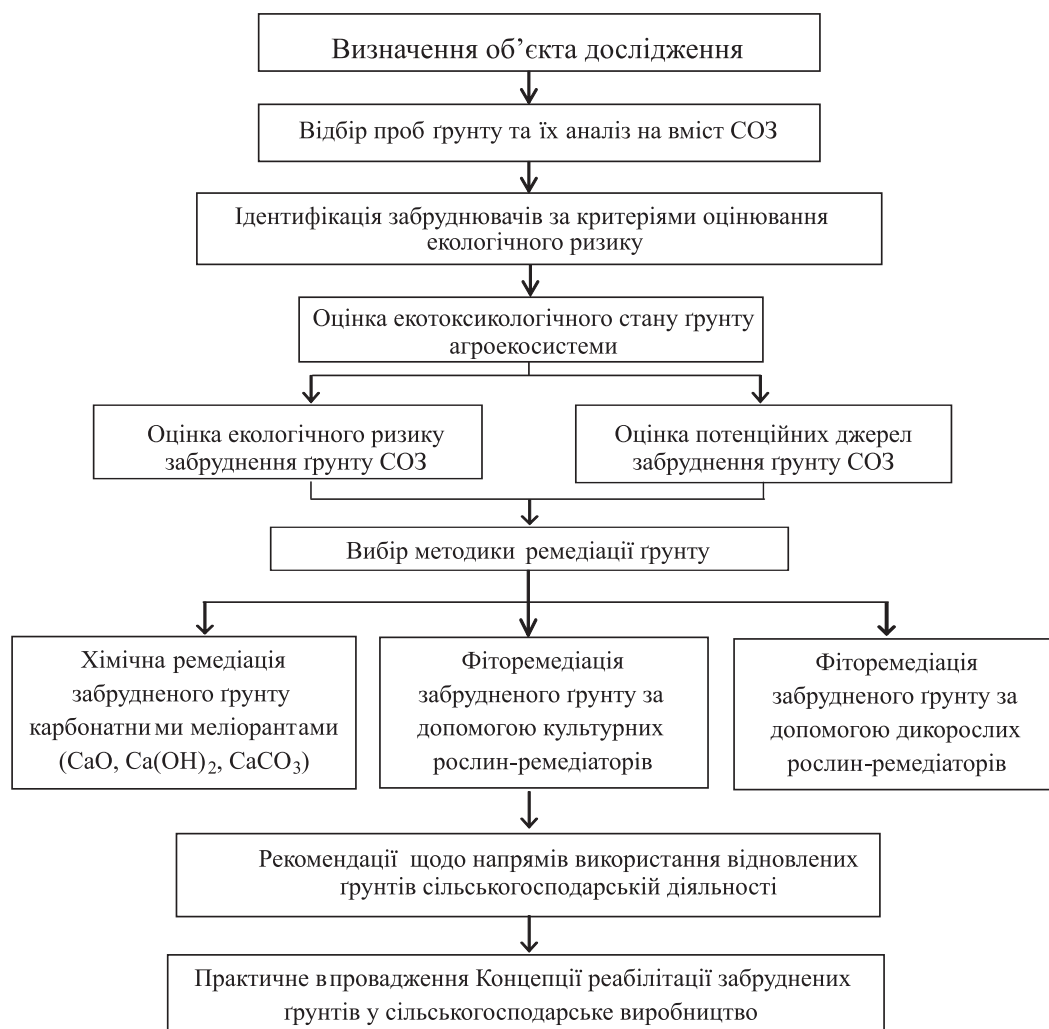


Рис. 1. Схема алгоритму Концепції реабілітації забруднених стійкими органічними забруднювачами ґрунтів

Джерело: розроблено авторами.

- удосконалення ремедіаційних технологій;

- впровадження екологобезпечних ремедіаційних методів у широкомасштабне практичне використання;

- реалізацію напрямів використання відновлених ґрунтів у різних галузях сільського господарства.

Запропонована Концепція забезпечує реалізацію низки концептуальних положень, а саме:

- подолання екологічних наслідків забруднення ґрунтів залишками СОЗ шляхом проведення комплексного агроекологічного моніторингу;

- розроблення алгоритму реабілітації ґрунтів, забруднених СОЗ;

- формування напрямів використання відновлених ґрунтів у сільськогосподарській діяльності.

Подолання екологічних наслідків забруднення ґрунтів залишками СОЗ передбачає проведення комплексного агроекологічного моніторингу, який, в свою чергу, забезпечить: виявлення зон підвищеного антропогенного навантаження; визначення ступеня хімічної деградації ґрунтів із полікомпонентним забрудненням пестицидами. Слід зазначити, що своєчасне виявлення зон хімічної деградації забезпечить цілеспрямованість застосування заходів ремедіації забруднених зон та покращення екологічної ситуації в зоні використання екологобезпечних методів очищення ґрунтів.

Алгоритм реабілітації забруднених ґрунтів забезпечить ефективність застосування екологічно безпечних методів очищення ґрунтів (або оптимальне їх поєднання), відновлення територій та повернення їх у сільськогосподарське використання.

Практична реалізація Концепції спрямована на відтворення ґрунтів в агроекосистемах, підвищення їх якості та збільшення біорізноманіття. Концепція сприятиме впровадженню екологобезпечних методів очищення забруднених пестицидами територій та використанню відновлених земель у процесі сільськогосподарської діяльності в Україні.

Очікувані результати. Реалізація запропонованої Концепції дасть можливість забезпечити:

- покращення екологічного стану агроекосистем; запобігання поширенню деградації земель та опустелювання; запобігання вертикальної і горизонтальної міграції токсикантів у навколишньому природному середовищі;

- зменшення обсягу забруднених пестицидами ґрунтів; збереження ґрунтів та відтворення їх родючості; збереження і відновлення біорізноманіття;

- запобігання ризику забруднення підземних вод стійкими органічними забруднювачами (СОЗ);

- мобілізацію додаткових ресурсів для реабілітації забруднених земель і їх введення в сільськогосподарське використання.

ВИСНОВКИ

Розроблена Концепція реабілітації забруднених ґрунтів базується на практичному впровадженні екологобезпечних методів очищення забруднених пестицидами територій переважно за використання методів біоремедіації з подальшим використанням відновлених територій у процесі сільськогосподарської діяльності. Для фіторемедіації забруднених ґрунтів запропоновано використовувати однорічні культурні види рослин-ремедіаторів (ячмінь (*Hordeum vulgare* L.), пшеницю (*Triticum durum* L.), квасолю (*Phaseolus vulgaris* L.), сою (*Glycine max* L.), кабачок (*Cucurbita pepo* L.), гарбуз (*Cucurbita pepo* L.)) та дикорослі види рослин-ремедіаторів (кульбабу лікарську (*Taraxacum officinale* Wigg.), полин звичайний (*Artemisia vulgaris* L.), полин гіркий (*Artemisia absinthium* L.), пирій повзучий (*Elytrigia repens* L.)), які придатні для фітостабілізації та запобігання міграції пестицидів в умовах полікомпонентного забруднення ґрунту.

Концепція реабілітації забруднених ґрунтів спрямована на відновлення забруднених пестицидами ґрунтів, покращення їх якості та підвищення екологічної безпеки агроекосистем. Практична реалізація Концепції сприятиме впровадженню екологобезпечних методів очищення забруднених пестицидами територій та використанню відновлених земель у процесі сільськогосподарської діяльності в Україні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Городиська І.М., Монарх В.В., Моклячук Т.О. та ін. Екологічні ризики забруднення сільськогосподарської продукції непридатними пестицидами. *Збалансоване природокористування*. 2013. № 4. С. 17–22.
2. Моклячук Л.І., Ліщук А.М., Яцук І.П., Городиська І.М. Забруднення агроекосистем непридатними пестицидами як регіональний індикатор стану земельних ресурсів. *Збалансоване природокористування*. 2017. № 2. С. 140–144.
3. Моклячук Л.І., Яцук І.П., Ліщук А.М., Городиська І.М. Оцінювання екологічного стану ґрунтів земель

- сільськогосподарського призначення. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 1. С. 52–56.
4. Наукові дослідження з моніторингу та обстеження сільськогосподарських угідь України: за результатами X туру (2011–2015 рр.) / за ред. І.П. Яцука. Київ: Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», 2017. 68 с.
 5. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФООП Грінв Д.С., 2017. 308 с.
 6. Моклячук Л.І., Городиська І.М., Ліщук А.І. Природоохоронні технології відновлення деградованих ґрунтів у органічному землеробстві. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 134–141.
 7. Лоханська В.Й. Вивчення забруднення агроценозів пестицидами. *Наукові доповіді НАУ*. 2008. №2 (10). URL: <http://www.nbu.gov.ua/e-Journals/nd/2008-2/08lvioap.pdf>.
 8. Лоханська В.Й., Самкова О.П., Гутовська Г.Ф. Біоекологічний моніторинг забруднення ґрунту, підданого біоремедіації, у зоні складу з непридатними пестицидами. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2012. № 1. С. 157–161.
 9. White J.C. Phytoremediation of weathered p, p'-DDE residues in soil. *International Journal of Phytoremediation*. 2000. Vol.2. No.2. P. 133–144.
 10. Newman L., Reynolds C. Phytodegradation of organic compounds. *Current Opinion in Biotechnology*. 2004. Vol. 15. P. 225–230.
 11. Green C., Hoffnagle A. Phytoremediation field studies database for chlorinated solvents, pesticides, explosives, and metals. Washington, DC: US Environmental Protection Agency, 2004. 168 p.
 12. Ekta P., Modi N.R. A review of phytoremediation. *J. Pharmacogn Phytochem*. Vol. 7. No 4. 2018. P. 1485–1489.
 13. Abdel-Shafy H.I. and Mansour M.S. Phytoremediation for the elimination of metals, pesticides, PAHs, and other pollutants from wastewater and soil. In *Phytobiont and ecosystem restitution*. Springer, Singapore, 2018. P. 101–136.
 14. Singh T. and Singh D.K. Phytoremediation of organochlorine pesticides: Concept, method, and recent developments. *International journal of phytoremediation*. 2017. Vol. 19. No. 9. P. 834–843.
 15. Green C., Hoffnagle A. Phytoremediation field studies database for chlorinated solvents, pesticides, explosives, and metals. Washington, DC: US Environmental Protection Agency, 2004. 168 p.
 16. Newman L., Reynolds C. Phytodegradation of organic compounds. *Current Opinion in Biotechnology*. 2004. Vol. 15. P. 225–230.
 17. Копча Н.М. Стійкість та деструктивна активність мікробіоти плодового саду до сучасних пестицидів. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 1. С. 101–106.
 18. Копча Н.М. Асоційовані з рослинами бактерії — біодеструктори пестицидів у агроценозах плодових культур: автореф. дис. ... канд. с.-г.н.: спец. 03.00.16. Київ: ЦП «Компринт», 2021. 24 с.
 19. Гафуров Р.М., Митрофанов Э.В., Коршунов А.П., Цымбалова В.А., Тучкина Ю.В. Влияние гербицидов на почвенные микроорганизмы при разных фонах минерального питания. *Агрохимический вестник*. 2016. № 6. С. 50–52.
 20. Моклячук Л.І., Баранов Ю.С., Городиська І.М., Монарх В.В., Білоус А.О. Склади зберігання непридатних та заборонених до використання хімічних засобів захисту рослин — джерело небезпеки для навколишнього середовища. *Зб. наук. пр. ВНАУ. Сер. сільськогосподарські науки*. 2012. №1 (57). С. 65–69.
 21. Методичні рекомендації з фітотестування забруднених стійкими пестицидами ґрунтів / Фурдичко О.І., Мовчан М.М., Моклячук Л.І. та ін.; під ред. О.І. Фурдичка. К.: ЦНТИ, 2008. 24 с.
 22. Науково-методичні рекомендації з фіторемедіації ґрунтів з полікомпонентним забрудненням пестицидами / Фурдичко О.І., Моклячук Л.І., Ліщук А.М. та ін.; під ред. акад. НААН О.І. Фурдичка. К.: ДІА, 2009. 28 с.
 23. Науково-методичні рекомендації «Екологічнобезпечні методи реабілітації забруднених ґрунтів»: (видання друге, розширене) / Моклячук Л.І., Ліщук А.М., Драга М.В., Городиська І.М. та ін.; за наук. ред. академіка НААН О.І. Фурдичка. К.: ДІА, 2019. 43 с.

CONCEPTUAL APPROACHES TO REHABILITATION OF PESTICIDE-POLLUTED SOILS OF UKRAINE

Lishchuk A.

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS
(Kyiv, Ukraine)

e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8339-9365>

Draga M.

Candidate of Biological Sciences
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS
(Kyiv, Ukraine)

e-mail: m_draga@hotmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9456-4728>

Horodyska I.

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS
(Kyiv, Ukraine)e-mail: anni0479@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1580-3450>

Ternovyi Yu.

Candidate of Agricultural Sciences
Skvyra Research Station of Organic Production
of the Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS
(Skvyra, Ukraine)e-mail: ternowoj@i.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5829-5089>

The Concept of Rehabilitation of Contaminated Soils has been developed, which substantiates the ways to restore areas contaminated with persistent organic pesticides. The practical implementation of the Concept will contribute to the transfer of existing land use systems to the principles of sustainable agricultural development, as well as the preservation, reproduction and expansion of biodiversity, as well as improving the environmental safety of agro-ecosystems for sustainable development of the Agrosphere. The Concept combines ways of practical implementation of environmentally friendly methods of cleaning pesticide-contaminated areas and further use of rehabilitated land in the process of agricultural activity in Ukraine. The problem of pesticide pollution of agroecosystems is proposed to be solved by using scientifically sound ecologically safe methods of soil remediation with multicomponent pesticide pollution developed at the Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, in particular using bioremediation methods. The following are proposed for use: methods of agroecological monitoring of areas contaminated with persistent organic pollutants, methods of phytotesting and phytoremediation of soils contaminated with resistant pesticides. For phytoremediation of contaminated soils, it is proposed to use annual cultivated (barley, wheat, beans, soybeans, zucchini, pumpkin) and wild (dandelion, bitter wormwood, common wormwood, wheatgrass) species of plant-mediators, which are suitable for phytostabilization and in the conditions of multicomponent soil pollution. The main stages of the Concept implementation are: complex agroecological monitoring of soils contaminated with residues of persistent organic pollutants (POPs); comprehensive ecotoxicological assessment of soil condition; determining the degree of chemical degradation of soils; adaptation of remediation technologies to the specifics of the area in need of cleaning; introduction of ecologically safe remediation methods into practical use; realization of prospects of further use of rehabilitated soils in various branches of agriculture; taking into account the ecological and economic efficiency of the use of remediation methods. Possibility and ways of using restored areas in the process of agricultural activity, taking into account the main stages of implementation of the Concept are set out in the developed in the Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS «Scientific and methodological recommendations for restoration of soil contaminated with organochlorine pesticides depending on their toxicity» and «Scientific and methodological recommendations for the use of restored areas in the process of agricultural activity».

Keywords: agroecosystem, ecological safety, restoration of territories, Concept, persistent organic pollutants, phytoremediation, phytostabilization.

REFERENCES

1. Horodyska, I.M., Monarch, V.V., Moklyachuk, T.O. et al. (2013). Ekolohichni ryzyky zabrudnennya sil's'kohospodars'koyi produktsiyi neprydatnyimi pestytsydami [Environmental risks of contamination of agricultural products with unusable pesticides]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced environmental management*, 4, 17–22 [in Ukrainian].
2. Moklyachuk, L.I., Lishchuk, A.M., Yatsuk, I.P. & Horodyska, I.M. (2017). Zabrudnennya ahroekosystem neprydatnyimi pestytsydami yak rehional'nyy indyikator stanu zemel'nykh resursiv [Pollution of agroecosystems by unusable pesticides as a regional indicator of the state of land resources]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced environmental management*, 2, 140–144 [in Ukrainian].
3. Moklyachuk, L.I., Yatsuk, I.P., Lishchuk, A.M. & Horodyska, I.M. (2017). Otsynuyannya ekolohichnoho stanu gruntiv zemel' sil's'kohospodars'koho pryznachennya [Assessment of the ecological condition of soils of agricultural lands]. *Visnyk ahrarnoyi nauky — Bulletin of Agricultural Science*, 1, 52–56 [in Ukrainian].
4. Yatsuk, I.P. (Ed.) (2017). *Naukovi doslidzhennya z monitorynhu ta obstezhennya sil's'kohospodars'kykh uhid' Ukrainy: za rezul'tatamy X turu (2011–2015)* [Scientific research on monitoring and survey of agricultural lands of Ukraine: according to the results of the X round (2011–2015)]. Kyiv: Government Agency «Institute of Soil Protection of Ukraine» [in Ukrainian].

5. *Natsional'na dopovid' pro stan navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyscha v Ukrayini u 2015 rotsi* [National report on the state of the environment in Ukraine in 2015]. (2017). Kyiv: Ministerstvo ekolohiyi ta pryrodnykh resursiv Ukrayiny, FOP Hrin' DS [in Ukrainian].
6. Moklyachuk, L.I., Horodys'ka, I.M. & Lishchuk, A.I. (2017). Pryrodookhoronni tekhnolohiyi vidnovlennya dehradovanykh gruntiv u orhanichnomu zemlerobstvi [Environmental technologies for restoration of degraded soils in organic farming]. *Agroekolohichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 134–141 [in Ukrainian].
7. Lokhans'ka, V.Y. (2008). Vyvchennya zabrudnennya ahrotsenoziv pestytsydamy [Study of agrocenosis pollution by pesticides]. *Naukovi dopovidi NAU — Scientific reports of NAU*, 2 (10). URL: <http://www.nbu.gov.ua/e-Journals/nd/2008-2/08lvioap.pdf> [in Ukrainian].
8. Lokhans'ka, V.Y., Samkova, O.P. & Gutovs'ka, G.F. (2012). Bioekolohichnyy monitorynh zabrudnennya gruntu, piddanoho bioremediatsiyi, u zoni skladu z neprydatnymy pestytsydamy [Bioecological monitoring of soil contamination subjected to bioremediation in the area of storage with unsuitable pesticides]. *Visnyk Dnipropetrovs'koho derzhavnogo ahrarnoho universytetu — Bulletin of Dnipropetrovsk State Agrarian University*, 1, 157–161 [in Ukrainian].
9. White, J.C. (2000). Phytoremediation of weathered p,p'-DDE residues in soil. *International Journal of Phytoremediation*, 2 (2), 133–144 [in English].
10. Newman, L. & Reynolds, C. (2004). Phytodegradation of organic compounds. *Current Opinion in Biotechnology*, 15, 225–230 [in English].
11. Green, C. & Hoffnagle A. (2004). Phytoremediation field studies database for chlorinated solvents, pesticides, explosives, and metals. Washington, DC: US Environmental Protection Agency [in English].
12. Ekta, P. & Modi, N.R. (2018). A review of phytoremediation. *J. Pharmacogn Phytochem.*, 7(4), 1485–1489 [in English].
13. Abdel-Shafy, H.I. & Mansour, M.S. (2018). *Phytoremediation for the elimination of metals, pesticides, PAHs, and other pollutants from wastewater and soil*. In: Phytobiont and ecosystem restitution. Singapore: Springer, 101–136 [in English].
14. Singh, T. & Singh, D.K. (2017). Phytoremediation of organochlorine pesticides: Concept, method, and recent developments. *International journal of phytoremediation*, 19(9), 834–843 [in English].
15. Green, C. & Hoffnagle, A. (2004). *Phytoremediation field studies database for chlorinated solvents, pesticides, explosives, and metals*. Washington, DC: US Environmental Protection Agency [in English].
16. Newman, L. & Reynolds, C. (2004). Phytodegradation of organic compounds. *Current Opinion in Biotechnology*, 15, 225–230 [in English].
17. Kopcha, N.M. (2017). Stiykist' ta destruktyvna aktyvnist' mikrobioty plodovoho sadu do suchasnykh pestytsydiv [Resistance and destructive activity of orchard microbiota to modern pesticides]. *Ahroekolohichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 1, 101–106 [in Ukrainian].
18. Kopcha, N.M. (2021). Asotsiyovani z roslynamy bakteriyi — biodestruktory pestytsydiv u ahrotsenozakh plodovykh kul'tur [Plant-associated bacteria — biodestructors of pesticides in agrocenoses of fruit crops]. *Candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
19. Gafurov, R.M., Mitrofanov, E.V., Korshunov, A.P., Tsymbalova, V.A. & Tuchkina, Yu.V. (2016). Vliyaniye gerbitsidov na pochvennyye mikroorganizmy pri raznykh fonakh mineral'nogo pitaniya [The effect of herbicides on soil microorganisms under different backgrounds of mineral nutrition]. *Agrokhimicheskyy vestnik — Agrochemical Bulletin*, 6, 50–52 [in Russian].
20. Moklyachuk, L.I., Baranov, Yu.S., Horodyska, I.M., Monarkh, V.V. & Bilous, A.O. (2012). Sklady zberihannya neprydatnykh ta zaboronenykh do vykorystannya khimichnykh zasobiv zakhystu roslyn — dzherele nebezpeky dlya navkolyshn'oho seredovyscha [Storage warehouses for unusable and prohibited chemical plant protection products are a source of danger to the environment]. *Zbirnyk naukovykh prats' VNAU. Seriya Sil's'kohospodars'ki nauky — Collection of scientific works of VNAU. Series Agricultural sciences*, 1 (57), 65–69 [in Ukrainian].
21. Furdychko, O.I. (Ed.), Movchan, M.M., Moklyachuk, L.I. et al. (2008). *Metodychni rekomendatsiyi z fitotestuvannya zabrudnennykh stiykymy pestytsydamy gruntiv* [Methodical recommendations for phytotesting of soils contaminated with resistant pesticides]. Kyiv: TSNTI [in Ukrainian].
22. Furdychko, O.I. (Ed.), Moklyachuk, L.I., Lishchuk, A.M. et al. (2009). *Naukovo-metodychni rekomendatsiyi z fitoremediatsiyi gruntiv z polikomponentnym zabrudnennym pestytsydamy* [Scientific and methodical recommendations for phytoremediation of soils with multicomponent pesticide contamination]. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
23. Moklyachuk, L.I., Lishchuk, A.M., Draga, M.V., Horodys'ka, I.M. et al./Ed. Furdychko, O.I. (2019). *Naukovo-metodychni rekomendatsiyi «Ekolohobezpechni metody rehabilitatsiyi zabrudnennykh gruntiv» (vydannya druhe, rozshyrene)* [Scientific and methodical recommendations «Ecologically safe methods of rehabilitation of contaminated soils» (2nd, rev.)]. Kyiv: DIA [in Ukrainian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Ліщук Алла Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії біоконтролю агроєкосистем і органічного виробництва, Інститут агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8339-9365>)

Драга Мар'яна Василівна, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник лабораторії біоконтролю агроєкосистем і органічного виробництва, Інститут агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: m_druga@hotmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9456-4728>)

Городиська Інна Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, заступник завідуючого відділу підготовки наукових кадрів та методично-інформаційного забезпечення, Інститут агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: anni0479@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1580-3450>)

Терновий Юрій Вікторович, кандидат сільськогосподарських наук, директор, Сквирська дослідна станція органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України (вул. Селекційна, 1, м. Сквиря, Сквирський р-н, Київська обл., Україна, 09000; e-mail: ternowoj@i.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5829-5089>)

УДК 631.8

DOI: 10.33730/2310-4678.3.2021.247144

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПОБІЧНИХ ПРОДУКТІВ КАРТОННО-ПАПЕРОВОГО ВИРОБНИЦТВА В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Т.Б. Романенко

кандидат економічних наук

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: trs83@ukr.net; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4178-7773>

Н.В. Зіновчук

доктор економічних наук, професор

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: nataliazin@rambler.ru

Промисловий сектор відіграє значну роль у зростанні світової економіки, але збільшення об'ємів промислового виробництва призводить до збільшення кількості промислових відходів. Аналіз позитивних властивостей відходів целюлозно-паперового виробництва дозволяє розглядати скоп волокнистий як побічний продукт виробництва картону та паперу. Встановлено, що скоп містить як органічні, так і неорганічні речовини, які мають властивості, необхідні для сільськогосподарських культур та ґрунтів. Скоп може використовуватися як добавка до ґрунтів (меліорант) для покращення їх якості і навіть як органо-мінеральне добриво для покращення врожайності як у чистому вигляді, так і в суміші з іншими компонентами. Існує необхідність у подальших дослідженнях властивостей скопу макулатурного волокнистого для використання в аграрній сфері в українських екосистемах. Розроблено низку рекомендацій, на які потрібно звернути увагу при проведенні досліджень з використання скопу в агроєкосистемах України.

Ключові слова: *скоп волокнистий, утилізація відходів целюлозної промисловості, добавка до ґрунту, меліоранти, органо-мінеральні добрива.*

ВСТУП

Незважаючи на зростаючу роль цифрових технологій, целюлозно-паперова промисловість досі залишається активною та відіграє фунда-

ментальну роль у світовій економіці. Попит на папір і целюлозу продовжує зростати у всьому світі через їх велике споживання. Процес переробки паперу продукує значну кількість