

10. Bulygin, S.Ju. et.al. (1990). Pochvozashchitnoye ustroystvo agrolandshafta [Soil protection device agrolandscape]. *Zemledeliye – Agriculture*, 8, 24–27 [in Russian].
11. Bulygin, S.Ju. (1990). Prognoz erozionnoy opasnosti (po materialam issledovaniy Levoberezhnoy i Severnoy Stepi USSR) [Forecast of erosion hazard (based on studies of the left-bank and northern steppes of the USSR)]. *Vestnik s.-kh. nauki – Bulletin of Agricultural Sciences. Science*, 9, 70–75 [in Russian].
12. Bulygin, S.Yu. (1990). Agrofizicheskaya kharakteristika pochv i proyektirovaniye ikh protiverozionnoy zashchity [Agrophysical characteristics of soils and design of their anti-erosion protection]. *Pochvovedeniye – Soil Science*, 5, 107–117 [in Russian].
13. Bulygin, S.Yu., Komarova, T.D. (1990). K otsenke vliyaniya mekhanicheskoy obrabotki na pochvu [To assess the effect of mechanical treatment on soil]. *Pochvovedeniye – Soil Science*, 6, 135–138 [in Russian].
14. Bulygin, S.Yu., Lisetski, F.N. (1996). Formirovaniye agregatnogo sostava pochv i otsenka yego izmeneniya [Formation of aggregate composition of soils and assessment of its changes]. *Pochvovedeniye – Soil Science*, 6, 783–786 [in Russian].
15. Bulygin, S.Yu., Belolipsky, V.A. (2012). *Pochvo-vodookhrannaya optimizatsiya agrolandshaftov [Soil and water conservation optimization of agrolandscapes]*. Kyiv: Aghrarna nauka [in Russian].
16. Bulygin, S.Yu. (2005). *Formuvannya yekologichno stalikh agrolandshaftiv: pidruchnik [Formation of environmentally stable agrolandscapes (textbook)]*. – Kyiv: Urozhaj [in Ukrainian].
17. Buligin, S., Achasov, A., Achasova, A, et al. (2014). *Sistema otsinki ta prognozu yakosti zemel' (sostoyaniye, kontseptsiya ta algoritmi) [The system of assessment and forecasting of the land (state, concept and algorithms)]*. Kyiv: Aghrarna nauka [in Ukrainian].

УДК 631.95:631.45:632.95.025:631.461

## ПРИРОДООХОРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕГРАДОВАНИХ ҐРУНТІВ У ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Л.І. Моклячук, І.М. Городиська, А.М. Ліщук

*Інститут агроекології і природокористування НААН*

*Проаналізовано та узагальнено літературні джерела та результати власних досліджень щодо взаємозалежності екологічного стану ґрунтів та систем землеробства. Висвітлено, що для отримання високих урожаїв екологічно безпечної сільськогосподарської продукції та сировини в умовах органічного землеробства насамперед необхідно розробити науково-методичні основи збереження родючості ґрунтів і належного управління їх експлуатацією, акцентуючи увагу на їх відновленні та охороні за допомогою екологічно збалансованих методів. Визначено, що фіторе mediaція та фітомеліорація є екологічними інструментами сталого розвитку агроecosystem.*

**Ключові слова:** агроecosystem, органічне землеробство, фіторе mediaція, фітомеліорація.

Нині світова наукова спільнота та агровиробники зосереджують свою увагу на впровадженні альтернативних систем землеробства. Так, дедалі більшої популярності набуває органічний шлях ведення сільськогосподарської практики, що повністю виключає використання будь-яких синтетичних хімічних речовин. Міжнародна фе-

дерація органічного сільськогосподарського руху (IFOAM) визначає органічне сільське господарство як «виробничу систему, що підтримує якісний стан ґрунтів» [1].

Органічна продукція у світі стає дедалі популярнішою в аспекті філософії споживання. Сучасний органічний ринок України стабільно розвивається, щороку зростає кількість компаній, що обирають для себе органічний напрям розвитку. За даними

Міністерства аграрної політики та продовольства України в нашій державі налічується близько 210 виробників органічної продукції. В основному, це — родинні господарства, що вирощують органічні овочі, ягоди, зелень, плоди, продукцію тваринництва на невеликих площах — 1–2 га. Всього під органічне виробництво відведено лише 400 тис. га, що становить трохи більше 1% від загальної площі орних земель України, проте кожна четверта тонна органічної пшениці в Європі — з України. Значний попит за кордоном спостерігається на продукти тваринництва, заморожені ягоди та плодovu продукцію (яблука, груші) у свіжому вигляді та перероблену. Органічні свіжі овочі, зелень і продукти переробки також орієнтовано на збут на внутрішньому ринку. Ринок органіки в Україні у 2016 р. досяг близько 20 млн євро, що на 17% більше порівняно з 2015 р. Зростання обсягів органічного виробництва — це шлях, що сприяє як зростанню економічного благополуччя України, так і збереженню найбільшого багатства держави — родючих ґрунтів. Обґрунтований і зважений підхід до широкого впровадження органічного виробництва потребує, за визначенням В. Камінського [2], формування на базі господарств з органічним землеробством екологічно збалансованих цілісних наземних екосистем, умови яких забезпечують гармонізацію сільськогосподарських і природних угідь. Отже, наукове забезпечення органічного виробництва в Україні на основі збереження родючості ґрунтів є одним із основних завдань аграрної науки на шляху до збалансованого розвитку агроекосистем.

Метою роботи було оцінювання природоохоронних технологій відновлення забруднених та деградованих ґрунтів у органічному землеробстві за допомогою екологічно збалансованих методів.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Теоретичну і методологічну базу дослідження становлять наукові праці вітчизняних і зарубіжних вчених з екології, ґрунтознавства, теорії та практики органічного

виробництва, сучасні дослідження щодо боротьби з ерозією ґрунтів та методичні рекомендації з розрахунку збитків, що виникають внаслідок ерозії та забруднення земель. У процесі дослідження застосували методи: абстрактно-логічний, аналітичний, оцінки ризику, математичного моделювання тощо. Інформаційно-емпіричною та нормативною базою дослідження слугували міжнародні угоди, стороною яких є Україна, закони та нормативні документи, що регулюють відновлення порушених та деградованих земель, а також підтримання родючості земель та охорони навколишнього природного середовища.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У листопаді 2016 р. було зареєстровано проект Закону «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції» [3]. Цей законопроект розроблено відповідно до п. 3 Розпорядження Кабінету Міністрів «Про затвердження плану заходів щодо дерегуляції господарської діяльності», затвердженого Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 23.08.2016 р. № 615 [4]. Станом на сьогодні в Україні діє Закон «Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини» (2013 р.) зі змінами і доповненнями, внесеними Законом України від 12.02.2015 р. № 191-VIII [5], проте його положення не забезпечують належної діяльності ринку органічної продукції. Це уможливило введення в обіг фальсифікованої «органічної» продукції та дає змогу уникати недобросовісному виробнику відповідальності за порушення законодавства у цій сфері. Іншим істотним недоліком чинного Закону є його невідповідність законодавству Європейського Союзу. Основною метою законопроекту 2016 р. є вдосконалення правового регулювання органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції.

Проте, на відміну від Закону редакції 2013 р., у новому законопроекті зник розділ, який врегулював питання щодо придатності земель для виробництва органічної продукції та сировини. За таких умов

збільшується ризик отримання сертифікату на ведення органічного виробництва господарствами, ґрунтовий покрив яких не відповідає вимогам отримання безпечної продукції. Адже розвиток сільського господарства на засадах тотальної хімізації, що панував на теренах колишнього Радянського Союзу у минулому столітті та передбачав отримання максимально можливого виходу продукції з одиниці площі, не враховував усіх можливих негативних наслідків такого господарювання. У підсумку маємо глобальне забруднення сільськогосподарських угідь залишками стійких пестицидів, важкими металами, що надійшли з мінеральними добривами, збіднення біологічного різноманіття агроландшафтів тощо. Все це, безперечно, впливає на стійкість агроекосистеми загалом та на здоров'я людини зокрема внаслідок міграційних процесів ксенобіотиків у просторі і переміщенні їх трофічними ланцюгами.

Вихід продукції українських агровиробників на світовий ринок потребує забезпечення її конкурентоздатності, що залежить від чіткого контролю якості на всіх етапах, починаючи від вирощування і закінчуючи її збутом. За інформацією консультанта з експорту органічної продукції з України М. Махновець, одним з яскравих прикладів втрати репутації української компанії-виробника є виявлення у продукції, що реалізувалася у супермаркетах США, заборонених в органічних продуктах речовин, наразі курячих яйцях. За результатами дослідження етапів виробництва органічної продукції міжнародні експерти ринку дійшли висновків, що саме сировина для корму птахів від українського постачальника не відповідає нормам та правилам органічного законодавства. У підсумку український органічний постачальник втратив довіру, потерпів мільйонні збитки, орган сертифікації, що надав йому відповідний статус, було відсторонено, а Україна, загалом, втратила репутацію надійного постачальника [6].

Тому, безперечно, необхідною умовою успішного ведення органічної сільськогосподарської практики є обов'язкове обсте-

ження ґрунтів стосовно вмісту речовин, що унеможливають отримання екологічно безпечної органічної продукції. До таких небезпечних речовин, насамперед, відносяться радіонукліди, важкі метали, залишки персистентних пестицидів. Виявлення забруднених ділянок потребує застосування природоохоронних технологій для їх очищення. Найперспективнішим методом для очищення забруднень у промислових розвинених країнах на сьогодні вважається фіторе mediaція — очищення ґрунту і води за допомогою рослин. Основною перевагою такого методу очищення є його високі рівні економічної ефективності. Фіторе mediaція об'єднує значну кількість методів, які базуються на таких процесах: 1) *фітостабілізація* — іммобілізація органічних і неорганічних забруднювачів шляхом адсорбції коренями рослини, часточками ґрунту або осадження в прикореневій зоні; передбачає перетворення полютантів у нерозчинні, малорухомі форми і подальше підтримання їх у такому стані завдяки сполукам, що виділяються кореневою системою рослин у ґрунтовий комплекс; запобігає переміщенню полютантів у ґрунті, ґрунтових водах або повітрі, зменшує ерозію, винос і вилуговування, сприяє відновленню екосистем і біорізноманіття; 2) *фітоекстракція* — поглинання полютантів коренями і переміщення у надземну частину, акумуляція у різних органах; супроводжується збиранням врожаю і розкладанням рослин; 3) *фітостимуляція* збільшує мікробний метаболізм у рослинній ризосфері, що важливо для процесу очищення; 4) *фітодеградація* і *фітотрансформація* — розкладання ксенобіотиків до нетоксичних сполук, базується на значному потенціалі метаболізму і біорізноманітті рослин; 5) *фітовипаровування* — вилучення токсикантів з ґрунту рослинами і виділення в атмосферу легких неотруйних сполук; 6) *ризофільтрація* — вилучення рослинами розчинених форм токсикантів з рідкої фази завдяки значній поглинальній здатності кореневої системи рослин; 7) *ризодеградація* — розкладання ксенобіотиків у ризосферній зоні рослин за допомогою мікроорганізмів.

Ці технології є ґрунтоохоронними, тобто після їх застосування ґрунти не втрачають своїх природних властивостей. Розробка фітореMediaційних технологій складається з двох напрямів досліджень, які проводяться паралельно — це добір рослин, здатних накопичувати з ґрунту, а інколи і сприяти їх розкладанню, органічні ксенобіотики, та різнобічна характеристика ділянок, що потребують ремедіації. Такі технології, як біореMediaція та фітореMediaція, дають змогу відновити якість уже забруднених земель, збільшити виробництво продукції рослинництва [7]. Отже, фітореMediaція — комплекс заходів з відновлення родючості земель, екологічної безпеки за допомогою введення в сівозміну сільськогосподарських культур, що характеризуються високою біопродуктивністю, інтенсивним винесенням біогенних і токсичних речовин з ґрунту. Існує думка, що найбільш рентабельним та безпечним є біологічний спосіб відновлення антропогенно порушених екосистем. Індійський вчений М.Н. Прасад дослідив, що вартість очищення забрудненого ґрунту від важких металів, радіонуклідів, нафти чи пестицидів за допомогою рослин, що використовують тільки енергію сонця, становить лише 5% від затрат на інші способи відновлення [8]. Науковцями Інституту агроєкології і природокористування (ІАП) НААН за допомогою математичних методів багатокритеріальної оптимізації було побудовано скалярну функцію якості ремедіаційного методу, максимізація якої дає змогу встановити найбільш економічно рентабельний та екологічно безпечний його рівень. Визначено, що оптимальним у цьому аспекті методом ремедіації ґрунтів, забруднених залишками пестицидів, є фітореMediaція [9].

За результатами наукових досліджень відділу екоотоксикології ІАП НААН визначено перелік культурних та дикорослих рослин, придатних до використання у фітореMediaційних технологіях відновлення забруднених пестицидами ґрунтів. Встановлено, що найбільш придатними для використання у фітотехнологіях відновлення забруднених хлороорганічними пестицида-

ми (ХОП) ґрунтів є рослини родини гарбузових (*Cucurbitaceae*) та бобових (*Fabaceae*). Також виявлено, що злакові рослини найменше накопичують ХОП [10].

Проте використання культурних рослин у технологіях фітореMediaції в умовах полікомпонентного забруднення обмежується фітотоксичністю ґрунтів, оскільки вони у значних кількостях містять залишки гербіцидів. Тому доволі перспективними на сьогодні є фітореMediaційні технології відновлення ґрунтів за допомогою дикорослих рослин. Вони прості щодо практичного втілення у життя, можуть застосовуватись у будь-яких екологічно несприятливих зонах, а вирощування таких рослин не створює адаптаційних проблем і не потребує високих економічних витрат на проведення агротехнічних заходів. Пошук видів-гіперакумуляторів полутантів необхідно здійснювати серед домінуючих на забрудненій території рослин із значною вегетативною масою, адаптованих до цього забруднення [11, 12].

Для боротьби з однорічними злаковими та дводольними бур'янами на посівах більш як 45-ти культур широко застосовується у сільському господарстві досходовий гербіцид селективної дії з групи динітроанілінів — Трефлан. Численними дослідженнями виявлено значні залишки трифлураліну в кінцевій продукції, що має істотний токсичний вплив на організм людини. Розроблено наукові фітореMediaційні підходи до відновлення забруднених трифлураліном ґрунтів культурними видами рослин. Визначено, що найбільш перспективними для фітореMediaції забрудненого трифлураліном ґрунту є рослини родини бобових (*Fabaceae*). Зокрема, рослини квасолі (*Phaseolus vulgaris* L.) порівняно з іншими видами рослин проявили здатність до найбільш інтенсивного накопичення ксенобіотика у надземній частині [13].

Після аварії на Чорнобильській АЕС, у процесі проведення робіт із агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення у шести областях України, що зазнали найбільш інтенсивного радіоактивного забруднення, виявлено 885 тис. га

земель із щільністю забруднення  $^{137}\text{Cs}$  37–85 кБк/м<sup>2</sup>, 96,9 тис. га — 185–555, 27,1 тис. га — понад 555 кБк/м<sup>2</sup>. Площа земель, забруднених  $^{90}\text{Sr}$ , становила 3 млн 59 тис. га із щільністю забруднення 0,75–5,55 кБк/м<sup>2</sup>, 237 тис. га — 5,55–1112, 1398 га — понад 111 кБк/м<sup>2</sup> [14]. Сільськогосподарське виробництво на цих територіях ускладнилось через підвищені рівні радіоактивності в сільськогосподарській сировині. Це потребує розроблення комплексних і екологічно обґрунтованих підходів до ведення землеробства. Очищення значних площ, забруднених радіонуклідами сільгоспугідь, є складним завданням. Для збереження сільгоспугідь слід застосовувати ресурсозберігаючі технології, які зменшують ризик деградації ґрунтів. Дослідження, проведені в Україні і за кордоном, засвідчили, що для відновлення великих площ радіоактивно забруднених земель найбільш придатними є фітореMediaційні методи, основані на використанні рослин для вилучення полютантів (фітоекстракція) [15]. Одним із важливих фітореMediaційних заходів є заміна продовольчих культур непродовольчими. Серед перспективних, але недостатньо вивчених методів фітореMediaції, є вирощування луб'яних культур — технічних сортів конопель та льону на радіаційно забруднених землях. За літературними даними накопичення  $^{137}\text{Cs}$  у луб'яних культурах відбувається у стеблах рослин, тоді як насіння значно менше забруднюється радіонуклідами. До того ж під час виробництва волокна близько 90% радіонуклідів переходить у воду [16]. Вирощування цих культур є економічно рентабельним завдяки можливості отримання текстилю, олій, композитів тощо. Але льон потребує родючих ґрунтів та складної агротехнології вирощування, тоді як рослини конопель є менш вибагливими. Тому вирощування льону можна пропонувати у традиційних районах льоносія, а конопель — у більшості природно-кліматичних зон.

Отже, фітореMediaція вважається найбільш перспективною, економічно рентабельною, високопродуктивною, ефек-

тивною, основою на природних закономірностях технологією очищення агроценозів.

Позитивний вплив органічного землеробства на стан ґрунтів неодноразово доведено науковцями та підтверджено практикою [17]. Складним етапом для виробників органічної сільськогосподарської сировини є перехідний період від інтенсивного до органічного землеробства. Оскільки кількість і якість продуктів харчування залежить від стану ґрунтів сільськогосподарського призначення, ерозія та зниження їх родючості є тривожним сигналом для сільського господарства. Від родючості ґрунтів залежить рентабельність органічного землеробства. Перехід до виробництва органічної сільськогосподарської продукції та сировини на незабруднених, але деградованих землях є критичною межею для виробників за співвідношенням втрат та вигоди. Поліпшення родючості земель без застосування заборонених в органічному землеробстві добрив та пестицидів потребує значних капіталовкладень. Ця проблема досі залишається нерозв'язаною у багатьох країнах.

За результатами експериментальних досліджень ученими США зроблено висновки, що за неорганічного землеробства верхній шар ґрунту буде втрачено впродовж 50–100 років, якщо не буде покращено практику землеробства [18]. Упродовж останніх 20–25 років в Україні процеси дегуміфікації ґрунтів також продовжують поглиблюватися з високою інтенсивністю. Цю проблему всебічно висвітлено у низці наукових публікацій. Загалом, процесами дегуміфікації охоплено 39 млн га сільськогосподарських угідь країни. За використанням прогнозної математичної моделі визначено загальну тенденцію динаміки вмісту гумусу у ґрунтах сільгоспугідь зон Полісся та Лісостепу та проаналізовано результати обрахунків гіпотетичного періоду втрати родючості ґрунтів, що становить від 100 до 400 років [19, 20].

Тому дуже важливим питанням є розроблення теоретичних основ покращення поживного режиму ґрунту без використання синтетичних мінеральних добрив.

Фітомеліорація передбачає заходи з покращення якості ґрунту (вмісту поживних речовин, структури тощо) шляхом вирощування певної рослинності. У цьому аспекті на особливу увагу в органічному землеробстві заслуговує вирощування сидеральних культур для використання як добрив. Сидерати, або зелене добриво, — це рослини, які тимчасово вирощують на відкритих, вільних ділянках ґрунту чи як суміжну культуру. Вони ростуть до, після або в проміжках між основними культурами і створюють щільний листяний покрив. Такі рослини захищають ґрунт від вивітрювання і мінералізації органічної речовини, знижують вимивання поживних речовин у глибокі шари й утримують їх у верхньому родючому шарі. Відомо, що «зелені добрива» застосовувались у землеробстві понад 9000 років поспіль, аж до середини минулого століття. За своєю дією на ґрунт сидерати є рівноцінними середнім дозам внесення гною [21]. На жаль, масове виробництво мінеральних добрив у минулому столітті надовго витіснило сидерацію з практики ведення сільського господарства.

Науковцями підраховано, що потенційні можливості вирощування сидератів (у т.ч. зайняті пари, поукісна, поживна та підсівна сидерація) можуть сягати 3,5 млн га, на відміну від 231 тис. га, що були зайняті під сидеральними культурами станом на 2011 р. Не менш важливим є питання удосконалення агротехніки вирощування сидеральних культур з метою підвищення їх урожайності. Значення рослин-сидератів важко переоцінити, адже вони виконують роль не лише зеленого добрива, але й завдяки розвиненій кореневій системі розпушують ґрунт, поліпшуючи щільність його складення. Ці культури є джерелом живлення для представників ґрунтової фауни та мікроорганізмів, чим сприяють підвищенню біорізноманіття та біологічної активності ґрунту. Скошені сидерати ефективно використовують як мульчу для боротьби з бур'янами, захисту від надмірного перегрівання ґрунту влітку та переохолодження взимку. Рослини-сидерати є

ефективними у процесі відновлення еродованих ґрунтів — виконують фітосанітарну функцію, перешкоджаючи розвитку патогенної мікрофлори. Багато рослин-сидератів є ефективними медоносними, що сприяє одночасному запиленню комахами і овочевих культур. Функції, що виконують сидеральні культури, багато в чому залежать від їх хімічного складу та морфологічних особливостей. Площа поверхні листя, глибина проникнення коренів, тип кореневої системи, швидкість росту, ентомофільні квіти — це основні морфологічні характеристики сидератів, на які звертають увагу під час вибору рослини для висіву. Сидерати можна вирощувати починаючи з ранньої весни і закінчуючи пізньою осінню в періодах між посадками основних сільськогосподарських культур.

Для фітомеліорації можна використовувати будь-які однорічні рослини з потужною і розгалуженою кореневою системою, налічується їх близько чотирьохсот. До переліку їх видів належать: хрестоцвіті (капустяні); бобові, гречані, злакові, амарантові, айстрові [22, 23]. Отже, фіторе-медіація і фітомеліорація є екологічними інструментами управління сталим розвитком ґрунтів в умовах органічного землеробства.

## ВИСНОВКИ

Аналіз літературних джерел та результати наших досліджень засвідчили, що для отримання високих урожаїв екологічно безпечної сільськогосподарської продукції та відповідної сировини в умовах органічного землеробства, насамперед, необхідно розробити науково-методичні основи збереження і належного управління ґрунтами в процесі його освоєння, акцентуючи увагу на відновленні та збереженні ґрунтів за допомогою екологічно збалансованих методів. Ці методи передбачають відновлення родючості ґрунтів, їх охорону від ерозії і забруднення та підвищення вмісту органічної речовини, що можливо досягти на основі розуміння біології ґрунтів та використання органічних методів їх удобрення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. International Federation for Organic Agricultural Movements (IFOAM) [Електронний ресурс] / Definition of Organic Agriculture in IFOAM, 2009. — Режим доступу: [http://www.ifoam.org/about\\_ifoam/principles/index.html](http://www.ifoam.org/about_ifoam/principles/index.html)
2. Камінський В. Органічне землеробство — шлях до продовольчої безпеки / В. Камінський // Віче. — 2014. — № 9. — С. 58–61.
3. Проект Закону України «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://minagro.gov.ua/node/21596>
4. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про затвердження плану заходів щодо дерегуляції господарської діяльності» від 23.08.2016 р. № 615 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/615-2016-%D1%80>
5. Закон України «Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини» із змінами і доповненнями, внесеними Законом України від 12.02.2015 р. № 191-VIII [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/425-18>
6. Робота над помилками, або репутація українських органічних виробників при виході на міжнародні ринки [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://agravery.com/uk/posts/show/roboata-nad-pomilkami-abo-reputacia-ukrainskih-organicznych-virobnikiv-pri-vihodi-na-miznarodni-rinki>
7. Concurrent plant uptake of heavy metals and persistent organic pollutants from soil / M.J. Mattinaa, W. Lannucci-Bergera, C. Musantea, J.C. White // Environmental Pollution. — 2003. — Vol. 124, No. 3. — P. 375–378.
8. Prasad M.N.V. Phytoremediation of metals in the environment for sustainable development / M.N.V. Prasad // Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section A: Physical Sciences. — 2004. — Vol. 70 (1). — P. 71–98.
9. Моклячук Т.О. Методологія еколого-економічного оцінювання ремедіації забруднених ґрунтів / Т.О. Моклячук // Збалансоване природокористування. — 2014. — № 4. — С. 54–58.
10. Phytoremediation or soil polluted with obsolete pesticides in Ukraine / L. Moklyachuk, I. Gorodiska, O. Slobodenyuk, V. Petryshyna // Application of Phytotechnologies for Cleanup of Industrial, Agricultural, and Wastewater contamination. — Springer, 2009. — P. 112–124. — (NATO Science for Peace and Security Series).
11. Моклячук Л.І. Науково-методичні підходи до фіторемерації забруднених пестицидами ґрунтів / Л.І. Моклячук, О.А. Слободенюк, В.А. Петришина // Агроєкологічний журнал. — 2008. — С. 188–190. — (Спецвипуск).
12. Sustainable Strategies of Phytoremediation of the Sites Polluted with Obsolete Pesticides / L. Moklyachuk, V. Petryshyna, O. Slobodenyuk, Yu. Zatsarinna // Application of phytotechnologies for cleanup of industrial, agricultural, and wastewater contamination. — The Netherlands: Springer, 2012. — P. 81–89. — (NATO Science for Peace and Security. Series: C).
13. Моклячук Л.І. Екологічне обґрунтування фіторемерації забруднених трифлуораліном ґрунтів / Л.І. Моклячук, Ю.О. Зацарінна, М.В. Драга // Вісник Львівського університету. — 2012. — № 58. — С. 131–138. — (Серія: біологічна).
14. Радиологічне забруднення ґрунтів Київської області через 30 років після аварії на ЧАЕС / М.Г. Василенко, В.Д. Зосімов, О.В. Дмитренко та ін. // Агроєкологічний журнал. — 2016. — № 3. — С. 68–73.
15. Dushenkov S. Trends in phytoremediation of radionuclides / S. Dushenkov // Plant and Soil. — 2003. — Vol. 249 (1). — 167–175.
16. Vandenhove H. Fibre crops as alternative land use for radioactively contaminated arable land / H. Vandenhove, M. Van Hees // Journal of Environmental Radioactivity. — 2005. — Vol. 81 (2–3). — P. 131–141.
17. Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні: монографія / за ред. акад. НААН Я.М. Гадзала, чл.-кор. НААН В.Ф. Камінського. — К.: Аграрна наука, 2016. — 592 с.
18. Fookes C. Organic food and farming: myth and reality [Електронний ресурс] / C. Fookes, K. Dalmeny // Retrieved January. — 2013. — Vol. 20. — Режим доступу: <http://www.sustainweb.org/pdf/mythreal.pdf>
19. Mathematical modeling as a tool for determination of tendencies in changes of humus concentration in soil of arable lands / L. Moklyachuk, I. Yatsuk, O. Mokliachuk, L. Plaksiuk // Emir. J. Food Agric. — 2016. — Vol. 28 (6). — P. 438–448.
20. Прогнозна математична модель динаміки вмісту гумусу у ґрунтах зон Полісся і Лісостепу України / І.П. Яцук, А.М. Ліщук, О.М. Моклячук, Г.Д. Матусевич // Збалансоване природокористування. — 2015. — № 2. — С. 75–81.
21. Довбан К.І. Органічні добрива в інтенсивному землеробстві / К.І. Довбан. — К.: Колос, 1984. — С. 217–218.
22. Саранин К.И. Паживные сидераты в Нечерноземье / К.И. Саранин // Земледелие. — 1990. — № 1. — С. 39–44.
23. Дацько Л.В. Підбір сидератів для різних ґрунтово-кліматичних зон / Л.В. Дацько, М.О. Дацько // Зб. наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН». — К., 2009. — С. 58–66. — (Спецвипуск).

## REFERENCES

1. Definition of Organic Agriculture in IFOAM. (2009). International Federation for Organic Agricultural Movements (IFOAM). *ifoam.org*. Retrieved from [http://www.ifoam.org/about\\_ifoam/principles/index.html](http://www.ifoam.org/about_ifoam/principles/index.html) [in English].
2. Kamins'kyi, V. (2014). Orhanichne zemlerobstvo — shlyakh do prodovol'choyi bezpeky [Organic

- farming – the way to food security]. *Viche – Veche*, 9, 58–61 [in Ukrainian].
3. Proekt Zakonu Ukrainy «Pro osnovni pryntsypy ta vymohy do orhanichnoho vyrobnytstva, obihu ta markuvannya orhanichnoyi produktsiyi» [Draft Law of Ukraine «On basic principles and requirements for organic production, handling and labeling of organic products»]. *minagro.gov.ua*. Retrieved from <http://minagro.gov.ua/node/21596> [in Ukrainian].
  4. Rozporyadzhennya Kabinetu Ministriv Ukrainy «Pro zatverdzhennya planu zakhodiv shchodo derehulyatsiyi hospodars'koyi diyal'nosti» vid 23.08.2016 r. № 615 [Cabinet of Ministers of Ukraine «On approval of a plan for deregulation of economic activity» from 23.08.2016. № 615]. (n.d.). *zakon3.rada.gov.ua*. Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/615-2016> [in Ukrainian].
  5. Zakon Ukrainy «Pro vyrobnytstvo ta obih orhanichnoyi sil's'kohospodars'koyi produktsiyi ta syr-ovyny» iz zminyami i dopovnenniyamy, vnesenymy Zakonom Ukrainy vid 12.02. 2015. № 191-VIII [The Law of Ukraine «On the production and turnover of organic agricultural products and raw materials» as amended and supplemented by the Law of Ukraine on February 12, 2015 N 191-VIII]. (n.d.). *zakon3.rada.gov.ua*. Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/425-18> [in Ukrainian].
  6. Robota nad pomylkamy, abo reputatsiya ukra-yns'kykh orhanichnykh vyrobnykiv pry vykhodi na mizhnarodni rynky [Work on the bugs or reputation of the Ukrainian organic producers in entering the international markets]. *agravery.com*. Retrieved from <http://agravery.com/uk/posts/show/robotanad-pomilkami-abo-reputacia-ukrainskih-organic-nih-virobnikiv-pri-vihodi-na-miznarodni-rinky> [in Ukrainian].
  7. Mattina, M.J., Lannucci-Bergera, W., Musante, C., & White, J. C. (2003). Concurrent plant uptake of heavy metals and persistent organic pollutants from soil [Concurrent plant uptake of heavy metals and persistent organic pollutants from soil]. *Environmental Pollution*, 124, 3, 375–378 [in English].
  8. Prasad, M.N.V. Phytoremediation of metals in the environment for sustainable development (2004). *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section A: Physical Sciences*, 70, 1, 71–98 [in English].
  9. Moklyachuk, T.O. Metodolohiya ekoloho-ekonomichnoho otsynuyannya remediatsiyi zabrudnenykh gruntiv. (2014). [Methodology of ecological and economic evaluation of remediation of contaminated soils]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya – Balanced Nature Management*, 4, 54–58 [in Ukrainian].
  10. Moklyachuk, L., Gorodiska, I., Slobodenyuk, O., & Petryshyna, V. Phytoremediation of soil polluted with obsolete pesticides in Ukraine. (2009). *Application of Phytotechnologies for Cleanup of Industrial, Agricultural, and Wastewater contamination. Springer Netherlands. NATO Science for Peace and Security Series* [in English].
  11. Moklyachuk, L. Naukovo-metodychni pidkhody do fitoremediatsiyi zabrudnenykh pestytsydamy gruntiv. (2008). [Scientific and methodical approaches to phytoremediation of soils contaminated with pesticides]. *Ahroekolohichnyi zhurnal – Ahroecological journal, Special Issue*, 188–190 [in Ukrainian].
  12. Moklyachuk, L., Petryshyna, V., Slobodenyuk, O., & Zatsarinna, Yu. (2012). Sustainable Strategies of Phytoremediation of the Sites Polluted with Obsolete Pesticides Application of phytotechnologies for cleanup of industrial, agricultural, and wastewater contamination. *Springer Netherlands, NATO Science for Peace and Security. Series C* [in English].
  13. Moklyachuk, L., Zatsarinna, Yu., & Draha, M. (2012). Ekolohichne obruntuuvannya fitoremediatsiyi zabrudnenykh tryfluralinom gruntiv. [Environmental study phytoremediation of contaminated soils tryfluralinom]. *Visnyk Lvivs'koho universytetu (Seriya biolohichna) – Visnyk of the Lviv University (Series Biology)*, 58, 131–138 [in Ukrainian].
  14. Vasylenko, M.H., Zosimov, V.D., Dmytrenko, O.V., Shylo, L.H., & Kostyuchenko, M.V. (2016). Radiolohichne zabrudnennya gruntiv Kyivs'koyi oblasti cherez 30 rokiv pisllya avariyyi na ChAES. [Radiological contamination of soils of Kiev region 30 years after the Chernobyl accident]. *Ahroekolohichnyi zhurnal – Ahroecological journal*, 3, 68–73 [in Ukrainian].
  15. Dushenkov, S. Trends in phytoremediation of radionuclides. (2003). *Plant and Soil*, 249, 1, 167–175 [in English].
  16. Vandenhove, H., & Van, M. (2005). Hees Fibre crops as alternative land use for radioactively contaminated arable land. *Journal of Environmental Radioactivity*, 81 (2–3), 131–141 [in English].
  17. Hadzalo, Ya.M., Kamins'ky, V.F. (Ed.). (2016). Naukovi osnovy vyrobnytstva orhanichnoyi produktsiyi v Ukraini: monohrafiya [Scientific bases of organic products in Ukraine: monograph]. Kyiv: *Ahrarna nauka* [in Ukrainian].
  18. Fookes, & C. Dalmeny, K. (2013). Organic food and farming: myth and reality. Retrieved January, 20. [sustainweb.org. Retrieved from http://www.sustainweb.org/pdf/myth\\_real.pdf](http://www.sustainweb.org/pdf/myth_real.pdf) [in English].
  19. Moklyachuk, L., Yatsuk, I., Mokliachuk, O., & Plak-siuk, L. (2016). Mathematical modeling as a tool for determination of tendencies in changes of humus concentration in soil of arable lands. *Emir. J. Food Agric.*, 28 (6), 438–448 [in English].
  20. Yatsuk, I.P., Lishchuk, A.M., Moklyachuk, O.M., & Matushevych, H.D. (2015). Prohnozna matematychna model' dynamiky vmistu humusu u gruntakh zon Polissya i Lisostepu Ukrainy. [Predictive mathematical model of the dynamics of humus content in the soil zones Polesie and forest-steppe Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya – Balanced Nature Management*, 2, 75–81 [in Ukrainian].
  21. Dovban, K.I. (1984). Orhanichni dobriva v intensyvnomu zemlerobstvi [Organic fertilizers in intensive agriculture]. Kyiv: Kolos [in Ukrainian].
  22. Saranin, K.Y. (1990). Pozhnyvnyie sideraty v Nechernozeme [Stubble siderates in the Non-Black Earth Region]. *Zemledelie – Agriculture*, 1, 39–44 [in Ukrainian].
  23. Dats'ko, L.V., & Dats'ko, M.O. (2009). Pidbir syderativ dlya riznykh gruntovo-klimatychnykh zon. [Selection of green manure for different soil and climatic zones]. *Zbirnyk naukovykh prats' NNT «Instytut zemlerobstva UAAN» – Proceedings of the NSC «Institute of Agriculture UAAS», Special Issue*, 58–66 [in Ukrainian].