

*Проф. Л.І. Моклячук, д-р с.-г. наук;
 пров. наук. співроб. О.І. Дребот, д-р екон. наук;
 пров. наук. співроб. Г.Д. Матусевич, канд. с.-г. наук; аспір. Т.О. Моклячук –
 Інститут агроекології і природокористування НААН*

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ПІДХОДИ ДО ВІДНОВЛЕННЯ ЗАБРУДНЕНИХ ПЕСТИЦИДАМИ ҐРУНТІВ

Розглянуто сучасний стан проблеми непридатних пестицидів та етапи її вирішення в Україні. Визначено два аспекти знешкодження непридатних пестицидів (НП) – ліквідація запасів НП та очищення забруднених ґрунтів. Науково обґрунтовано доцільність фіторе mediaції ґрунтів з полікомпонентним забрудненням пестицидами та наведено алгоритм її здійснення. Представлено еколого-економічні підходи до впровадження заходів з очищення забруднених ґрунтів.

Ключові слова: непридатні пестициди, стійкі органічні забруднювачі, фіторе mediaція.

Пестицидами називають велику групу хімічних речовин, які використовують для боротьби зі шкідниками і хворобами рослин, бур'янами, шкідниками зернопродуктів, деревини та ін., а також з комахами і кліщами – переносниками інфекційних хвороб людини і тварини [1]. Як пестициди використовують більш ніж 700 хімічних речовин, з яких виробляється декілька тисяч препаративних форм. Особливість пестицидів, порівняно з іншими хімічними речовинами, полягає у неминучості їх циркуляції в біосфері протягом тривалого часу.

Пестициди, або хімічні засоби захисту рослин, широко використовуються в Україні. Результатом широкого застосування пестицидів у господарствах України в минулі роки стало повсюдне забруднення сільськогосподарських ґрунтів, інших територій і як наслідок – харчових продуктів. Водними та повітряними потоками пестициди розповсюдились по всій території країни та за її межами. Внаслідок розкладання багатьох пестицидів можуть утворюватися метаболіти небезпечні для навколишнього середовища і біоти.

Застосування пестицидів також призвело до забруднення підземних вод (пестициди ідентифіковані в підземній геосистемі на глибині до 1000 м). Особливе занепокоєння спричиняє забруднення пестицидами ґрунтових вод та продуктів харчування, а також накопичення деяких пестицидів у рослинах та тваринах, яке триває й досі.

Непридатні пестициди (НП) складають окрему групу високотоксичних речовин, які неможливо використовувати за прямим призначенням внаслідок втрати ними своїх властивостей, закінченням терміну придатності, заборони використання, втрати маркування (етикеток) або неконтрольованого перемішування. Проблема непридатних пестицидів пов'язана з їх накопиченням та відсутністю умов для їх контрольованого зберігання або безпечного знищення. В Україні накопичення НП почалося в 70-х роках ХХ ст. після заборони використання пестицидів під час виробництва продуктів харчування. Парадокс полягав у тому, що при забороні використання не було заборони на виробництво цих пестицидів, оскільки воно було одним з елементів складного технологічного процесу продукування речовин для військово-промислового комплексу. Тому заборонені для використання пестициди продовжували

надходити в господарства, де і накопичувалися. Ускладненню ситуації сприяла також низька культура використання та зберігання пестицидів, що призводило до втрати маркування, неконтрольованого перемішування тощо. Накопичування непридатних пестицидів переважно відбувалося в місцях, не пристосованих для тривалого зберігання небезпечних речовин.

Інвентаризація непридатних пестицидів, яка є дуже важливою складовою вирішення проблеми НП в Україні, розпочалася в 90-х роках ХХ ст. і триває до сьогодні, оскільки точна кількість запасів непридатних пестицидів у країні з різних причин залишається невідомою. Ситуація ускладнюється тим, що після розпаду колишнього СРСР власники складів непридатних пестицидів неодноразово змінювалися, втрачалися відомості та документи щодо наявності та кількості НП, неналежне зберігання непридатних пестицидів призводило до ушкодження тари, упаковки та маркування і до утворення невідомих сумішей НП.

Проблема непридатних пестицидів безпосередньо пов'язана зі стійкими органічними забруднювачами (СОЗ). Поняття СОЗ об'єднує групу сполук різної природи, що мають такі властивості: стійкість у навколишньому середовищі; стійкість до деградації; гостра і хронічна токсичність; біоаккумуляція; транскордонний перенос на великі відстані повітрям, водою, або з мігруючими видами. У 2001 р. 129 держав, зокрема й Україна, підписали Стокгольмську Конвенцію про стійкі органічні забруднювачі. У початковий перелік з 12 хімічних речовин, передбачений цим документом, увійшли: альдрин, ендрин, дильдрин, хлордан, ДДТ, токсафен, мірекс, гептахлор, гексахлорбензол (ГХБ), поліхлоровані дифеніли (ПХД), поліхлоровані діоксини (ПХДД) і фурані (ПХДФ) [2]. Це не завершений список СОЗ і Конвенцією передбачена можливість розширення даного переліку за рахунок речовин, з характерним для СОЗ властивостями. Зокрема нині першим кандидатом на внесення у перелік СОЗ можна розглядати ГХЦГ [3].

Ще однією регулюючою угодою з приводу поводження із СОЗ є Базельська конвенція про контроль за транскордонним перевезенням небезпечних відходів і їхнім видаленням, підписана в 1989 р. [4]. У 1998 р. під егідою ЮНЕП і Продовольчої і сільськогосподарської організації ООН (ФАО) прийнято Роттердамську конвенцію, в якій передбачено процедуру попередньо обґрунтованої згоди з приводу окремих небезпечних хімічних речовин і пестицидів у міжнародній торгівлі. У список цієї конвенції входять 26 пестицидів, у т.ч. і СОЗ [5]. За результатами попередньої інвентаризації пестицидів в Україні, яку проведено у 2005 р. (Проект ГЕФ/ЮНЕП "Забезпечення заходів з розробки Національного плану виконання в Україні Стокгольмської конвенції про СОЗ"), загальна кількість непридатних пестицидів в Україні становить 19383,26 т. Найбільшу кількість НП відзначено в Сумській області (2426,46 т), Київській (1932,86 т), Кіровоградській (1310,076 т) та Запорізькій (1214,0 т) областях. З 2007 р., враховуючи відсутність власних потужностей, в Україні розпочалося перезатарювання та вивезення непридатних пестицидів для знищення за кордон. Так, у 2007 р. німецькою фірмою AVG (Abfall-Verwertungs-Gesellschaft mbH) м. Гамбург було вивезено 1000 т

непридатних пестицидів. Протягом 2008-2009 рр. держпідприємство "Національний центр поводження з небезпечними відходами" (ДП НЦПНВ) на замовлення Мінприроди вивезло на знищення до Польщі близько 2,6 тис. т НП. У вересні 2010 р. ДП НЦПНВ при Міністерстві охорони навколишнього природного середовища почало ліквідацію полігону гексахлорбензолу в Калуші. У 2010-2011 р. з полігону вивезли на переробку до Великобританії близько 18 тис. т гексахлорбензолу. Ізраїльська компанія TOB S.I. Group Consort Ltd., починаючи з 2011 р., почала вивіз непридатних до використання пестицидів та тари від них у 22 регіонах України: АР Крим, Вінницькій, Донецькій, Дніпропетровській, Житомирській, Закарпатській, Запорізькій, Івано-Франківській, Київській, Кіровоградській, Луганській, Львівській, Миколаївській, Одеській, Полтавській, Рівненській, Сумській, Харківській, Херсонській, Хмельницькій, Черкаській та Чернігівській областях. Після вивезення за межі країни отруйні хімікати знешкоджені на спеціалізованих підприємствах, аналогів яким в Україні немає.

В Україні й надалі проводяться роботи з ліквідації запасів заборонених та непридатних пестицидів, але дослідженню та розробленню методів знешкодження ґрунту зон забруднення не приділяють достатньо уваги.

На сьогодні є дві альтернативи поводження з такими землями: консервація або очищення. Поховання, викопування та вилучення, а також існуючі фізичні та хімічні технології потребують значних фінансових витрат, знищують структуру або змінюють властивості ґрунту, зменшують його родючість. Мікробіологічні методи відновлення забруднених територій, зазвичай, передбачають попереднє вилучення значних об'ємів ґрунту (технології "off-site") і потребують спеціальних штучних умов [6-8]. За оцінками експертів, очищення 1 акра супіщаного ґрунту на глибину до 50 см за допомогою рослин коштує у 4-7 разів дешевше, ніж його екскавація та поховання [9].

Останнім часом у багатьох країнах світу дедалі частіше застосовують біологічне очищення антропогенно порушених територій за допомогою рослин, які не лише самі активно беруть участь у процесах ремедіації, але й у багатьох випадках сприятливо діють на мікрофлору ґрунтів, підвищуючи ефективність процесів відновлення навколишнього середовища. Вважають, що біологічний спосіб відновлення антропогенно порушених екосистем є економічним і безпечним. Підраховано, що вартість очищення ґрунтів, забруднених важкими металами, радіонуклідами, нафтою і пестицидами, за допомогою рослин, які використовують лише енергію сонця, становить усього 5 % від витрат на інші засоби відновлення екосистем [10].

Фітотехнології пропонують ефективні інструменти й екологічно привабливі рішення щодо відновлення ґрунтів та вод, забруднених металами, радіонуклідами, пестицидами та іншими органічними сполуками, отримання екологічно безпечної продукції і розвитку відновлюваних джерел енергії. Сучасні фітотехнології дають змогу отримувати відносно чисту сільгосппродукцію на забруднених землях, обмежувати горизонтальну та латеральну міграцію лабільних форм токсикантів завдяки їх концентруванню в рослинах та здійснювати очищення забруднених об'єктів довкілля [11]. Концепцію засто-

сування рослин для очищення та відновлення ґрунтів використовують понад 300 років, яка має такі переваги, як: запобігання вимиванню забруднювальних речовин, зменшення ризику незахищеності ґрунту та деструктивного впливу на нього, забезпечення контролю над ерозійними процесами, сприяння збереженню біорізноманіття, менші грошові затрати та об'єми вторинних відходів тощо [12]. Використання рослин, що здатні до гіперакумуляції полутантів, триває останні 15 років. Фіторемерація, як одна з фітотехнологій, використовує зелені рослини та асоційовані з ними ризосферні організми для видалення, накопичення та деградації ксенобіотиків з ґрунту, осадів стічних вод, повітря, підземних та поверхневих вод [13].

До недоліків та обмежень застосування фіторемераційних технологій відносять [14, 15]: значну тривалість у часі, загрозу споживання забрудненої вегетативної маси представниками фауни, можливі труднощі з утилізацією вирощених рослин, ймовірність негативного впливу кліматичних умов на утворення біомаси, що знижує ефективність технології, глибину відновлюваного шару ґрунту (лімітується довжиною кореневої системи рослин-ремеріаторів). При цьому підраховано, що світовий ринок пропозицій у галузі фіторемерації у 1998 р. становив 16,5-29,5, а у 2000-му – 55-103 млн дол. [12].

В Інституті агроєкології і природокористування НААН співробітники відділу екотоксикології встановили спроможність однорічних культурних рослин (*Cucurbita pepo* L., *Cucurbita pepo* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Glycine max* L.) та дикорослих видів рослин (*Taraxacum officinale* Wigg., *Artemisia vulgaris* L., *Elytrigia repens* L., *Artemisia absinthium* L.) поглинати хлороорганічні пестициди із забруднених ґрунтів та розробили алгоритм проведення фіторемерації ґрунтів з полікомпонентним забрудненням пестицидами (рис.).

Перед проведенням робіт з очищення забруднених ґрунтів необхідно провести економічну оцінку запланованих заходів, яка полягає у визначенні всіх витрат. Загальні витрати (TC) на фіторемераційні заходи визначаються за формулою

$$TC = FC + VC,$$

де: FC – постійні витрати, VC – змінні витрати. До постійних витрат (FC) належать витрати на сплату оренди (якщо орендуються приміщення, основні фонди тощо), витрати на рентні та страхові платежі, сплату відсотків за кредит тощо. До змінних витрат (VC) належать витрати на заробітну плату, сировину, матеріали, паливо, електроенергію.

Постійні та змінні витрати визначаються за таким алгоритмом:

$$FC = \sum B_{\text{mex.}}$$

де: $B_{\text{mex.}}$ – витрати на оренду всіх одиниць сільськогосподарської техніки.

$$VC = B_{\text{з/н}} + B_{\text{сир.}} + B_{\text{нал.}}$$

де: $B_{\text{з/н}}$ – витрати на заробітну плату; $B_{\text{сир.}}$ – витрати на сировину; $B_{\text{нал.}}$ – витрати на паливо.

Після проведення робіт з очищення забруднених ґрунтів необхідним є визначення витрат на утилізаційні роботи. Утилізаційна робота включає в себе викопування та бетонування ями для скидання в неї зібраних рослин та поступового їх зброджування. Наявність такої ями дасть змогу проводити за-

ходи з фіторе mediaції багаторазово. Витрати на утилізаційні роботи включають в себе оренду екскаватора, ціну бетонування ями, вартість щебеневі подушки під бетонування. Розрахунок цих витрат має такий вигляд:

$$B_{y.p.} = B_{ор.екс.} + B_{бет.} + B_{щ.п.},$$

де: $B_{y.p.}$ – витрати на утилізаційні роботи; $B_{ор.екс.}$ – витрати на оренду техніки; $B_{бет.}$ – витрати на бетонування ями; $B_{щ.п.}$ – витрати на щебеневу подушку під бетонування.

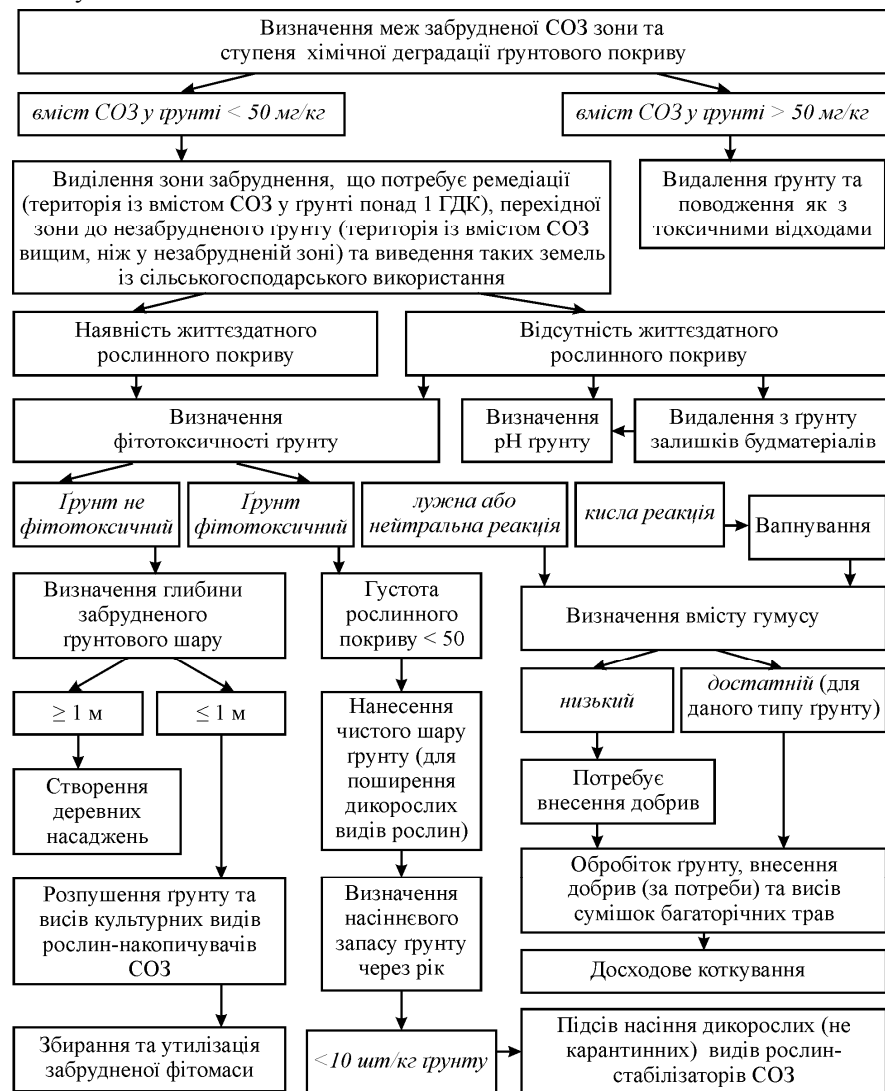


Рис. Алгоритм проведення фіторе mediaції ґрунтів з полікомпонентним забрудненням пестицидами [16]

Отже, фіторе mediaційні технології є перспективними для відновлення великих площ сільськогосподарських угідь, забруднених непридатними пестицидами. На відміну від інших технологій очищення забруднених земель, фіторе mediaція є безпечною тому, що не порушує екологічного стану ґрунту, не змінює його агрохімічні характеристики, не знищує ґрунтову біоту. Але впровадження фітотехнологій, як і будь-яких інших заходів, потребує превентивної економічної оцінки.

Висновки. Висвітлено стан проблем, пов'язаних із непридатними пестицидами в Україні, та можливі шляхи їх вирішення. Наведено дані щодо інвентаризації непридатних пестицидів у всіх областях України. Розглянуто методи очищення забруднених ґрунтів. На основі спроможності однорічних культурних рослин (*Cucurbita pepo* L., *Cucurbita pepo* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Glycine max* L.) та дикорослих видів рослин (*Taraxacum officinale* Wigg., *Artemisia vulgaris* L., *Elytrigia repens* L., *Artemisia absinthium* L.) поглинати хлороорганічні пестициди із забруднених ґрунтів, розроблено алгоритм проведення фіторе mediaції ґрунтів з полікомпонентним забрудненням пестицидами.

Запропоновано еколого-економічний підхід до відновлення забруднених сільгоспугідь.

Література

1. Словник-довідник з агроекології і природокористування / наук. ред. О. Фурдичко. – Вид. 2-ге, [перероб. та доп.]. – К. : Вид-во ДІА, 2012. – 335 с.
2. Стокгольмська конвенція про стійкі органічні забруднювачі : текст та додатки. – К. : СП "Вальд", 2004. – 43 с.
3. Решение КРСОЗ-1.6: Линдан // Программа ООН по окружающей среде : матер. совещания комитета по рассмотрению СОЗ. – 7-11 ноября 2005, Женева. – 41 с.
4. Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением. – UNEP, 1989. [Электронный ресурс]. – Доступный с <http://www.pops.int/documents/implementation/nips/submissions/default.htm>.
5. Роттердамская конвенция о процедуре предварительного обоснованного согласия в отношении отдельных опасных химических веществ и пестицидов в международной торговле. [Электронный ресурс]. – Доступный с http://www.unitar.org/cwm/publications/cbl/synergy/pdf/cat3/convention_rotterdam/convention/convention_ru.pdf.
6. Пат. 2002053734 Україна, МПК В 09 С 1/08, С 09 К 17/00. Спосіб очистки ґрунту від залишкових кількостей ДДТ / В.П. Патики, Л.І. Моклячук, Н.А. Макаренко та ін.; замовник та патентовласник Ін-т агроекології та біотехнології УААН, № 50678 А; замовл. 07.05.02; опубл. 15.10.02. Бюл. 10.
7. Пат. 2002075718 Україна, МПК В 09 С 1/08, С 09 К 17/00. Спосіб очистки ґрунту від залишкових кількостей гексахлорциклопексана / В.П. Патики, Л.І. Моклячук, Н.А. Макаренко та ін.; замовник та патентовласник Ін-т агроекології та біотехнології УААН, № 53530 А; замовл. 11.07.02; опубл. 15.01.03. Бюл. № 1.
8. Treating Chlorinated Wastes with the KPEG Process: Project Summary, EPA/600/S2-90/026/ M.L. Taylor, J.A. Wentz, M.A. Dosani and oth. – Cincinnati : USEPA, 1990. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.clu-in.com>.
9. Recent Developments for In Situ Treatment of Metal Contaminated Soils. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.clu-in.org/techfocus>, 6 June, 2000.
10. Prasad M.N.V. Trees, industrial crops, grass and legume based phytotechnologies to promote sustainable land use / M.N.V. Prasad // Phytotechnologies to promote sustainable land use and improve food safety: 1st Scientific Workshop COST Action 859. – 14-16 June, 2005. – Pisa, Italy. – Pp. 177-178.
11. Сорочинський Б.В. Біотехнологічні аспекти фіторе mediaції об'єктів навколишнього середовища від радіонуклідних забруднень / Б.В. Сорочинський, Н.О. Козирівська // Агро-екологія і біотехнологія. – 1998. – Вип. 2. – С. 123-131.

12. Henry J.R. An Overview of the Phytoremediation of Lead and Mercury / J.R. Henry. – Washington: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response, Technology Innovation office. – 2000. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.clu-in.org>.

13. Chappell J. Phytoremediation of TCE using Populus: Status Report / J. Chappell. – Washington: U.S. Environmental Protection Agency, Technology Innovation Office. – 1997. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.clu-in.com/phytoTCE.htm>.

14. Electrokinetic and Phytoremediation In Situ Treatment of Metal-Contaminated Soil: State-of-the-Practice, EPA/542/R-00/XXX. – Washington: US Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response, Technology Innovation Office. – 2000. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.clu-in.org>.

15. Introduction to Phytoremediation, EPA 600/R-99/107. – Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development. – 2000. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.clu-in.org>.

16. Науково-методичні рекомендації з фітореMediaції ґрунтів з полікомпонентним забрудненням пестицидами / О.І. Фурдичко, Л.І. Моклячук, О.А. Слободенюк та ін. / за ред. О.І. Фурдичка. – К. : Вид-во ДІА, 2009. – 28 с.

Моклячук Л.І., Дребот О.І., Матусевич Г.Д., Моклячук Т.О. Эколого-экономические подходы к восстановлению загрязненной пестицидами почв

Рассмотрено современное состояние проблемы непригодных пестицидов и этапы ее решения в Украине. Определены 2 аспекта обезвреживания непригодных пестицидов (НП) – ликвидация запасов НП и очистка загрязненных почв. Научно обоснована целесообразность фитореMediaции почв с поликомпонентным загрязнением пестицидами и приведен алгоритм ее осуществления. Представлены эколого-экономические подходы к внедрению мероприятий по очистке загрязненных почв.

Ключевые слова: непригодные пестициды, стойкие органические загрязнители, фитореMediaция.

Moklyachuk L.I., Drebot O.I., Matusevich G.D., Moklyachuk T.O. Ecological-economic approaches for regenerating polluted soils with pesticides

Current state of obsolete pesticides problem and stages of its solution in Ukraine are observed. Two main aspects of obsolete pesticides (OP) disposal – liquidation of OP reserves and polluted soils cleanup – are highlighted. Expediency of phytoremediation of soils with polycyclic pesticide pollution is scientifically grounded; algorithm of phytoremediation is provided. Ecological-economic approaches to the implementation of soil cleaning measures are presented.

Keywords: obsolete pesticides, persistent organic pollutants, phytoremediation.

УДК 598.2.892:591.5

Ст. науч. сопр. Т.В. Шупова, канд. биол. наук –

Научный центр экомониторинга и биоразнообразия мегаполиса НАН Украины, г. Киев

РАКШЕОБРАЗНЫЕ ПТИЦЫ (CORACIFORMES) КАК РЕГУЛЯТОР ЧИСЛЕННОСТИ ФИТОФАГОВ

Дан анализ питания золотистой шурки и сизоворонки в условиях Степи Украины. Золотистая шурка эффективна для борьбы против вредителей родов *Anisoplia*, *Oxythya*, *Anacridium*, *Oedipoda*, доля которых составляет от 30 % до 53,4 % рациона птиц. Вред пчеловодству шурки приносят лишь осенью за счет пролетных стай. Сизоворонка уничтожает крупных фитофагов. В пищевых пробах сизоворонки доля *Coleoptera* – 56,7 %, а *Orthoptera* – 19,5 %. Рекомендуется привлекать этих птиц в культурный ландшафт в качестве естественного врага фитофагов и охранять места их обитания.

Ключевые слова: сизоворонка, золотистая шурка, кормовой рацион, насекомые-фитофаги.

Постановка проблемы. Современный уровень накопления в окружающей среде химических веществ, с помощью которых человечество десятилетиями вело борьбу с вредителями сельского хозяйства, привыкание вредителей к этим веществам нарушает сбалансированность функционирования экосистем. В таких условиях вспышки численности фитофагов часто носят нерегулируемый катастрофический характер. На данном этапе развития хозяйства человечество пытается минимизировать применение химических веществ в земледелии. При этом встает вопрос биологических средств защиты от вредителей, пропагандируемый еще с начала прошлого столетия.

Для анализа возможностей использования в качестве средства борьбы с вредителями нами рассмотрены 2 вида ракшеобразных птиц: сизоворонка (*Coracias garrulus* L.), и золотистая шурка (*Merops apiaster* L.). Эти виды являются консументами II и III порядков, и что особенно существенно, включают в свой кормовой рацион крупных насекомых, поедаемых небольшим количеством птиц. В местах массовых скоплений они могут служить компонентом, существенно влияющим на численность насекомых фитофагов.

Питанием ракшеобразных птиц интересовались некоторые зоологи, но в Украине этот раздел раскрыт поверхностно. Наиболее исследовано питание золотистой шурки. Этот вопрос рассматривали уже в начале XX ст., но лишь в немногих работах объекты питания описаны с точностью до вида, и указано их количественное соотношение. Питание сизоворонки в Украине практически не изучено. Основная информация по этому вопросу поступает из других стран.

Цель исследования – проведение детального исследования особенностей питания ракшеобразных птиц.

Материалы и методы исследований. В своей работе мы описываем архивные материалы по питанию указанных видов птиц, переданные нам для анализа д.б.н., проф. М.А. Воинственским. Статистической обработке подлежало содержимое 18 желудков сизоворонки и 53 желудка золотистой шурки. Мы выражаем глубокую признательность Михаилу Анатольевичу за предоставленный материал.

Эмпирическую базу составляют материалы полевых наблюдений за суточной активностью кормления птенцов, собранные в Полтавской, Кировоградской и Луганской областях. Мониторинг активности кормления птенцов проводился на 16 гнездах золотистой шурки и 4 гнездах сизоворонки.

Результаты исследования. В результате нами было установлено, что, в среднем, на каждую золотистую шурку (n = 53) в сутки приходится около 22 съеденных насекомых. В качестве кормовых объектов птиц зарегистрировано 75 видов насекомых из 7 отрядов. Около 72 % корма шурок занимают перепончатокрылые (*Hymenoptera*). Доля жесткокрылых (*Coleoptera*) в пищевых пробах составляет 21,2 %. Мало поедают птицы двукрылых (*Diptera*) и чешуекрылых (*Lepidoptera*) – соответственно 0,2 и 0,3 %. Не много отмечено стрекоз (*Odonoptera*), прямокрылых (*Orthoptera*) и клопов (*Hemiptera*) – 2,3; 2,6; и 1,3 %. Однако, в процессе визуальных наблюдений за шурками, мы