

УДК 595.7-755.7

**М.М. ЛІСОВИЙ**, кандидат сільськогосподарських наук

**В.М. ЧАЙКА**, доктор сільськогосподарських наук

Інститут агроєкології УААН

**А.А. МІНЯЙЛО**, аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

## **ШЛЯХИ ГАРМОНІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ ІНТЕГРОВАНОГО ЗАХИСТУ РОСЛИН ІЗ КОНВЕНЦІЄЮ ПРО ОХОРОНУ БІОРІЗНОМАНІТТЯ**

*Моделювання основних чинників сучасного екологічного стану агросфери України на ґрунті Концепції екологічної функції біорізноманіття дозволяє обґрунтувати зв'язок між збідненим агробіорізноманіттям та еколого-економічними проблемами сільськогосподарського виробництва. Екологічно обґрунтовано заходи із зменшення антропогенного навантаження на ентомологічне різноманіття при вирощуванні озимої пшениці, які полягають у вдосконаленні агроландшафтів за рахунок створення ентомологічних рефугіумів та використанні комп'ютерної системи для ухвалення управлінських рішень щодо еколого-економічної доцільності хімічного захисту озимої пшениці.*

Земельний фонд України належить до найбагатших у Європі, що в поєднанні із сприятливими кліматичними умовами зумовлює потенціально високий рівень виробництва продукції рослинництва. 41 млн га, або приблизно 70% земель, займають в Україні сільськогосподарські угіддя, серед яких 79,3% – орні землі. На цьому тлі продуктивність агроценозів України в 2 - 3 рази поступається показникам Європейського Союзу [1]. Незважаючи на зміни соціально-економічних формацій, структури землекористування, розвиток наукового забезпечення аграрної галузі тощо, ця тенденція спостерігається вже більше 100 років [2]. Із середини 70-х років ХХ сторіччя ціною значних матеріальних вкладень, перш за все хімізацією, меліорацією та механізацією, було досягнуто істотного підвищення продуктивності земель. Але наслідки «перекосів» у структурі земельних, і особливо сільськогосподарських угідь, проявилися в загостренні екологічних проблем [3]. Недостатня екологічна стійкість агроландшафтів наочно виявляється у постійному погіршенні фітосанітарного стану агроценозів, яке

відбувається вже багато років навіть за умов стабілізації заходів із захисту рослин [4]. Так, в окремі роки від шкідливих популяцій країна недобирає майже 50% урожаю основної зернової культури – озимої пшениці [5]. В чому причина недостатньої екологічної стійкості вітчизняних агроєкосистем?

У кінці ХХ ст. людство нарешті усвідомило, що порушення екологічної стійкості біосфери та її складової – агросфери – обумовлено катастрофічним зменшенням біорізноманіття планети внаслідок надмірного антропогенного навантаження. Результатом цього став документ ООН «Конвенція про охорону біорізноманіття» (КБР), яку ратифікувала також Україна. Переважна частина біорізноманіття України є агробіорізноманіттям, у якому домінують комахи. Відомо, що на комах припадає від 53% до 75% видів біоти, їх сумарна біомаса перевищує біомасу усіх інших тварин, тому в наземних екосистемах комахам належить провідна роль у кругообігу речовини, енергії і інформації [6]. За орієнтовними підрахунками, кількість видів біоти в Україні становить понад 70 тисяч, з них флора – понад 25 тис. видів і фауна – понад 45 тис. видів, зокрема комах – 35 тис. [7]. Лише 1% видів комах людство відносить до шкідників і вже більше 100 років веде з ними нищівну хімічну боротьбу (інтегрований метод захисту рослин), внаслідок якої гине більша частина супутньої ентомофауни. Незважаючи на потужну ентомологічну школу, яка історично склалася в Україні, зараз ніхто не знає, скільки видів комах залишилося в агроландшафтах [8]. Щодо відомих науці видів, то за літературними даними, діапазон оцінок видового різноманіття ентомофауни України у ХХ столітті сягає від 25 [8] до 35 тис. [7], що свідчить про недостатню наукову розробку проблеми біорізноманіття. Слід мати на увазі, що роль різноманіття ентомофауни агроландшафтів в регуляції стану популяцій шкідливих комах проявляється не стільки через життєдіяльність ентомофагів, скільки через структурування екологічних ніш в агроєкосистемах. Висока стійкість більш різноманітних екологічних систем обумовлена тісною упаковкою екологічних ніш, механізми підтримки яких, в першу чергу - різні види конкуренції, зумовлюють взаєморегуляцію чисельності популяцій угруповання комах, їх доступу до ресурсів екосистеми [6].

Відомо, що для формування високопродуктивних екологічно стійких агроландшафтів показник рівня розораності земель як основного чинника збереження біорізноманіття не повинен перевищувати 40 - 50% [3, 9]. Так, наприклад, у Франції розорано 36%, ФРН – 32, Англії – 18,5, США – 20%. На нашу думку, одним із

аспектів проблеми підвищення продуктивності вітчизняних агробіоценозів за умов збереження екологічної стабільності довкілля є екологічне обґрунтування заходів із вдосконалення агроландшафтів за рахунок виведення з обробітку малопродуктивних земель та гармонізація концепції інтегрованого захисту культурних рослин від шкідливих популяцій [10] із Конвенцією про охорону біорізноманіття. Останнє може базуватися тільки на ґрунті ринкових відносин. Впровадження новітніх технологій в захисті рослин повинно давати економічний ефект, а не тільки негативні екологічні наслідки.

Мета роботи полягала у концептуальній розробці проблеми, дослідженні стану та типології ентомологічного різноманіття посівів озимої пшениці Лісостепу України для екологічного обґрунтування заходів із вдосконалення агроландшафтів, обґрунтування та розробки методу оперативного прогнозу можливих втрат урожаю озимої пшениці та еколого-економічної доцільності хімічного захисту даної культури.

Польові дослідження проводили в дослідному господарстві Національного аграрного університету (с. Велика Снітинка Фастівського району Київської області). Показники різноманіття оцінювали за видовим багатством та індексом Шенона-Уівера, які розраховували за М. Бігоном [11]. Класифікацію екотонів агроландшафтів подано за Р.І. Бурдою [12]. Збори комах-хортоб'юнтів проводили косінням ентомологічним сачком впродовж сезону вегетації за стандартними методами [10] на облікових ділянках, які були розташовані за матричною схемою (4 × 10) на відстані 25 м одна від одної, та за допомогою вилову на жовті клейові пастки. Отримані дані візуалізували за допомогою оригінальної комп'ютерної програми побудови топографічних моделей, де по ординаті відкладали видове багатство комах на кожній обліковій ділянці. Площу напівприродних екосистем визначали за допомогою GPS-позиціонування. Обладнання: ноутбук Fujitsu-Siemens AmiloPro 1310G, GPS-приймач ASUS GPS-BT238(GS-R238) Bluetooth, КПК ASUS MYPAL 636N, софт GPS-карта України (NATEC).

Систематичну приналежність біологічних зборів визначав завідувач відділу фондів колекцій Інституту зоології імені І.І.Шмальгаузена НАНУ, доктор біологічних наук А.В. Пучков, за що автори йому щиро вдячні.

Використовували багаторічні бази даних щодо чисельності та поширення фітофагів озимої пшениці в Лісостепу України. Аналіз екологічної безпечності пестицидів здійснювали шляхом розрахунку агроекотоксикологічного індексу (АЕТИ) за рекомендованими

методами [13]. Оцінку економічної ефективності заходів захисту озимої пшениці проводили за апробованими методиками [14].

Результати досліджень опрацьовували статистично за допомогою комп'ютера за стандартними програмами обробки результатів біологічних експериментів.

### ***Еколого-економічні наслідки збіднення агробіорізноманіття.***

На нашу думку, моделювання основних чинників сучасного екологічного стану агросфери України на ґрунті Концепції екологічної функції біорізноманіття (КБР) (рис. 1) дозволяє обґрунтувати зв'язок між збідненим агробіорізноманіттям та екологічними і соціально-економічними проблемами аграрного виробництва. Виходячи з моделі, основним чинником передкризового стану є надмірна розораність земель сільськогосподарського виробництва унеможливує масштабне впровадження новітніх технологій. Так, за даними Інституту захисту рослин, в умовах ринкової вартості пестицидів хімічний захист пшениці рентабельний лише за урожайності вище 30 ц/га. З урахуванням багаторічних показників середньої урожайності озимої пшениці в Україні, яка становить близько 23 ц/га [1], зрозуміло, що в сучасних умовах хімічний захист культури в середньому збитковий.

Космічна фотографія агроландшафту дослідного господарства (рис. 2) наочно ілюструє сучасну структуру агроландшафтів Лісостепу України. Аналіз складових агроландшафту свідчить, що польова сівозна майже на 90% складається з орних земель, тоді як напівприродні стації – перелоги, екотони, лісосмуги тощо займають не більше 8 - 10 %. За такої структури агроландшафту під час хімічних обробок агроценозів під пестицидний прес попадає майже уся ентомофауна.

Під типологією розуміють науковий метод, заснований на розчленуванні або об'єднанні об'єктів, явищ за допомогою узагальненої моделі або типу [15].

Сукупність морфологічних, біологічних і фізіологічних властивостей виду становить його життєву форму, у якій відбиваються найголовніші особливості його екологічної ніші, а також біотичні взаємини з іншими організмами. Згідно з чинною класифікацією за життєвими формами комах поділяють на геофілів та фітофілів. Останні включають в себе хортоб'єктів – мешканців товщі трав'янистого покриву, який утворено злаками, і тамноб'єктів – мешканців чагарників і дерев [16].

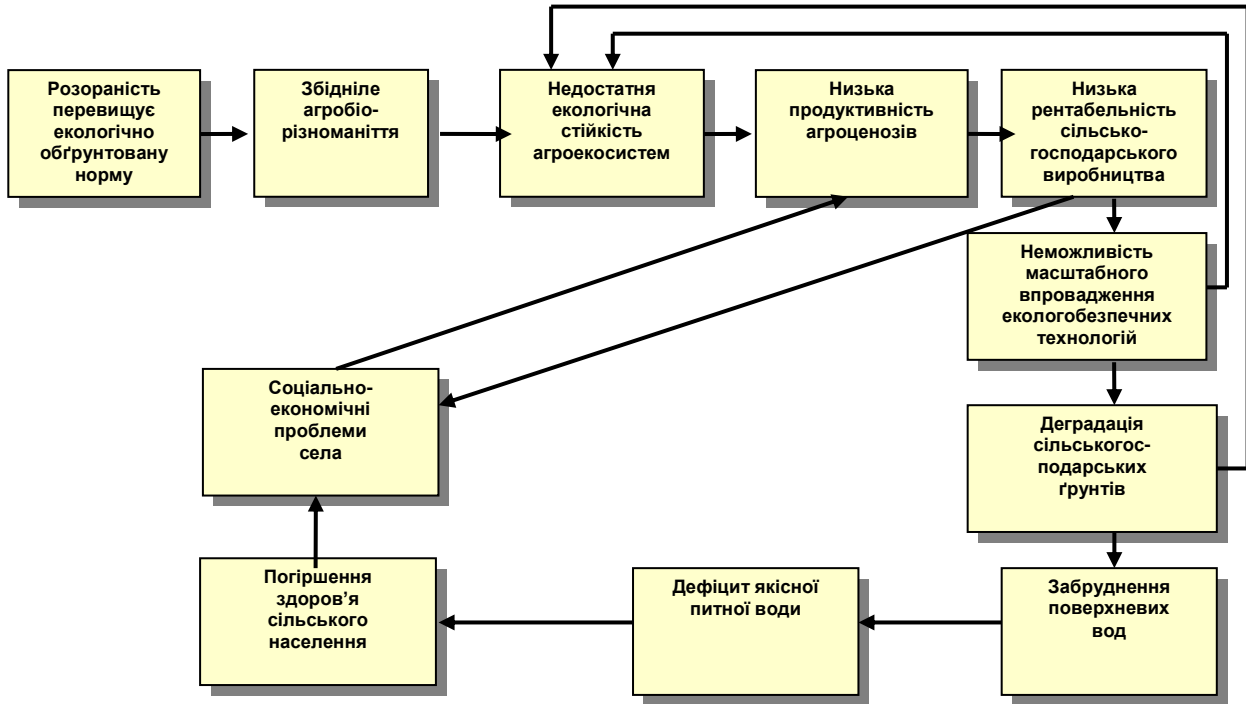


Рис. 1. Модель причин та наслідків передкризового стану агросфери України



Рис. 2. Складові агроландшафту дослідного господарства НАУ (с. Велика Снітинка, 2006 р.)

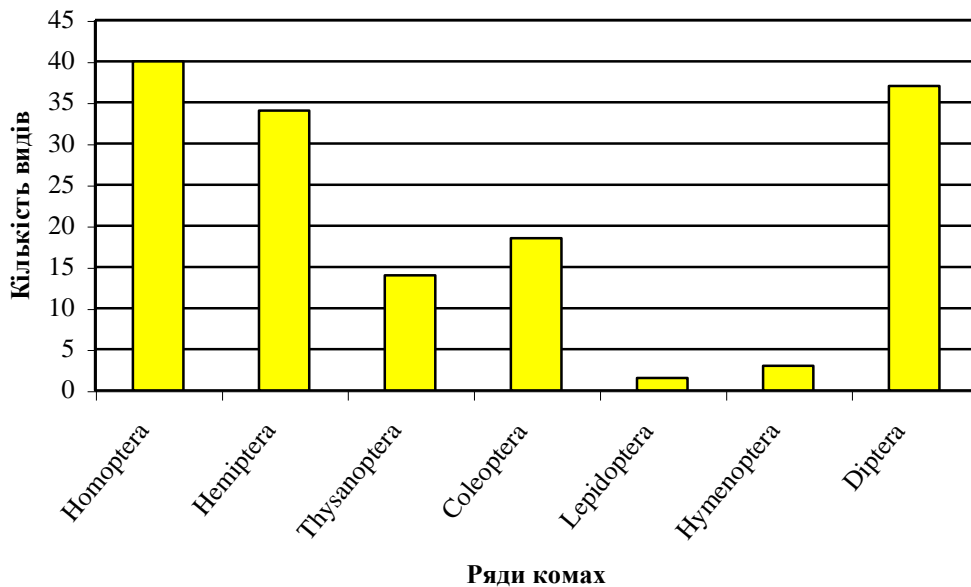
Відомо, що комахи пойкилотермні тварини, тому їх чисельність та поширення суттєво залежить від гідротермічних умов сезону вегетації. Такий зв'язок у свою чергу визначає вірогідність виявлення того чи іншого виду комах впродовж обстеження, що впливає на показники біорізноманіття. Щодо структури спільноти комах на перелогах було встановлено, що після виведення орної землі з обробітку перелоги перетворюються на основні резервати ентомофауни посівів зернових колосових культур, що характерно для даної агроекологічної зони [17].

### 1. Різноманіття комах-хортобіонтів агроландшафтів центрального Лісостепу України (за виловами ентомологічним сачком)

Ряди комах	Рівень домінування таксону, %	
	2006 р.	2007 р.
Diptera	34,2	32,3
Homoptera	18,0	14,0
Hymenoptera	12,1	11,5
Thysanoptera	10,7	10,1
Coleoptera	13,6	14,4
Orthoptera	6,3	7,3
Hemiptera	3,7	6,7
Lepidoptera	1,4	3,7

За даними Гідрометеоцентру України, у Фастівському районі показники ГТК та СЕТ впродовж сезону вегетації становили у 2006 та 2007 рр. відповідно 1,6 та 1,2 (за норми 1,4), 1039 та 1326 °С (за норми 1037 °С). Таким чином, порівняно із багаторічними погодними умовами та умовами сезону вегетації 2006 р., 2007 рік характеризувався як надзвичайно спекотний та посушливий. Дані, що наведено в табл. 1, віддзеркалюють загальну структуру спільноти комах-хортобіонтів агроландшафтів. За час спостережень було виявлено представників більш 40 таксонів комах, які належать до 8 рядів.

Структурно ентомокомплекс складається із константно-домінантних таксонів (злакових мух), таксонів-субдомінантів, домінування яких проявлялося спорадично в деякі роки (трипси, попелиці, злакові цикадки тощо). Окрім того, були присутні константні таксони з відносно низькою щільністю популяцій (хлібні клопи тощо) та рідкісні таксони, які виявлялися з мінімальною чисельністю. Як видно із наведених даних, за погодних умов 2007 р. помітно збільшився рівень домінування Hemiptera та Lepidoptera, що відбулося за рахунок зменшення в угрупованні частки Diptera та Homoptera.



**Рис. 3. Різноманіття комах-хортобійців сходів озимої пшениці в умовах центрального Лісостепу (за виловом ентомологічним сачком, 2006 - 2007 рр.)**



Результати досліджень таксономічної структури ентомологічного різноманіття сходів озимої пшениці наведено на рис. 3. Встановлено, що ентомокомплекс посівів озимини у фенофази сходи – початок кушіння включає 148 видів комах, що належать до 7 рядів. Відомо, що за останні 10 років потепління клімату до основних економічно значущих домінантів сходів озимої пшениці в Лісостепу України віднесено 5 видів комах комплексу злакових мух (ряд Diptera): опомізу, шведську, гессенську, озиму та пшеничну мухи [18]. Нескладні підрахунки свідчать, що 96,6% видів комах на сходах озимої пшениці не належать до шкідників, а навпаки, є домінуючою складовою біологічного різноманіття, яке забезпечує екологічну стабільність агроландшафту.

Усереднені показники різноманіття комах-хортобіонтів у різних екосистемах досліджуваного агроландшафту наведено в табл. 2.

## 2. Рівень ентомологічного різноманіття агроландшафту в різних екосистемах (Київська область, 2006 - 2007 рр.)

№ ва-ріанта*	Індекс Шенона-Уівера		
	Напівприродна екосистема	Напівприродно-сегетальний екотон	Агроценоз озимої пшениці
1	1,7 ± 0,12	1,58 ± 0,09	0,58 ± 0,18
2	2,3 ± 0,11	2,21 ± 0,12	2,12 ± 0,11
3	2,6 ± 0,16	2,35 ± 0,13	2,13 ± 0,15
4	2,4 ± 0,14	2,27 ± 0,08	2,19 ± 0,09

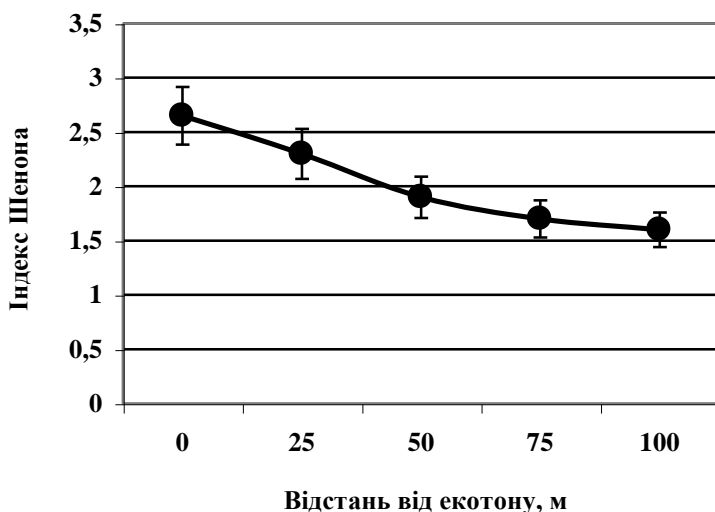
\* Кожен варіант включає триаду: напівприродна екосистема→екотон→агроценоз озимої пшениці.

Як видно з наведених даних, у різних біотопах у межах агроландшафту індекс Шенона-Уівера відрізнявся більш ніж в 4 рази та сягав від 0,58 (агроценоз озимої пшениці) до 2,6 (напівприродна екосистема). Він також суттєво відрізнявся на рівні екосистем однієї природи. Так, наприклад, на різних полях озимої пшениці показник становив від 0,58 до 2,19, напівприродно-сегетальних екотонах - від 1,58 до 2,35, в різних напівприродних екосистемах - від 1,7 до 2,6. Отримані дані також свідчать, що рівень ентомологічного різноманіття напівприродних екосистем впливає на чисельність комах як прилеглих екотонів, так і агроценозів. Подібна гетерогенність у розподілі біорізноманіття в біотопах добре узгоджується із концепцією базових одиниць різноманіття, а саме - гамма-розмаїттю (розмаїттю видів і угруповань біоти у межах ландшафтів) [10]. За рівнем біорізноманіття

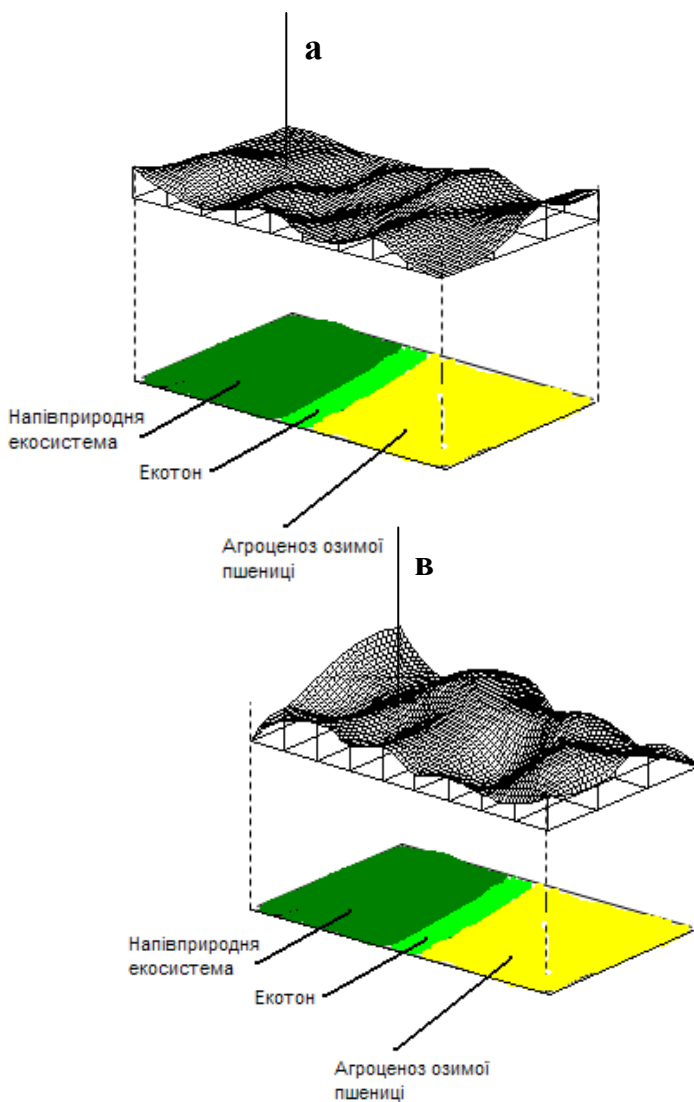
напівприродні екосистеми та екотони в більшості випадків переважають агроценози і в умовах відсутності антропогенного тиску здатні виконувати роль ентомологічних рефугіумів.

На рис. 4 наведено показники різноманіття комах-хортобійців в агроценозі озимої пшениці залежно від відстані до напівприродно-сегетального екотону. За показником індексу Шенона-Уївера ентомологічне різноманіття закономірно зменшується в агроценозі із зростанням відстані від екотону, що підтверджує екологічну роль екотонів у збереженні комах агроландшафтів [19].

Комп'ютерну модель типології та динаміки різноманіття комах-хортобійців у різних екосистемах агроландшафту наведено на рис. 5. Розподіл видового різноманіття на площі дослідної ділянки 250 × 100 м являє собою надзвичайно складну картину гетерогенності показника різноманіття в просторі та часі як за умов генетично однорідного агроценозу, так і різноманіття екологічних ніш в умовах напівприродно-сегетального екотону і напівприродної екосистеми. Така закономірність, на нашу думку, обумовлена екологічними реакціями комах на екологічні чинники довкілля, які визначають структуру та просторовий розподіл агробіорізноманіття.



**Рис. 4.** Показники різноманіття комах агроценозу озимої пшениці залежно від відстані до напівприродно-сегетального екотону (Київська область, 2006 - 2007 рр.)



**Рис. 5. Комп'ютерна модель типології та динаміки різноманіття комах-хортобійців в сівозміні озимини на 20.05.07(а) та 20.06.07**

**(в), площа напівприродної екосистеми – 10 га (Київська область, 2006 - 2007 рр.)**

Для розуміння просторової структури ентомологічних угруповань доцільно спиратися на концепцію адаптивного ландшафту [20]. Навколишнє середовище у всіх його різноманітних аспектах можна розглядати як адаптивний ландшафт, що складається з пагорбів і долин. Просторова модель ілюструє розподіл адаптивних полів. Вершини пагорбів – це адаптивні піки, а низинні ділянки між ними – це адаптивні долини. Організми займають різноманітні адаптивні піки в силу властивих їм сполучень адаптивних ознак і генних комбінацій, що їх детермінують. Адаптивні піки можуть бути вузькими або широкими, залежно від широти спеціалізації. Низинні ділянки між піками відбивають відсутність або рідкість популяційних угруповань. Потрібно відзначити, що ці закономірності визначають просторову структуру угруповань біоти на будь-якій ієрархії біологічної системи "фітофаги - кормові рослини" – від ареалу виду до мікропопуляції [21, 22].

Водночас комп'ютерне моделювання свідчить, що показники різноманіття комах зростають за екологічним градієнтом посів озимої пшениці < напівприродно-сегетальний екотон < напівприродна екосистема.

У процесі розробки Концепції екологічної функції біологічної розмаїтості було обґрунтовано поняття про базові одиниці біорізноманіття: альфа-розмаїтості – розмаїтості видів, бета-розмаїтості – розмаїтості біотичних угруповань, гамма-розмаїтості – розмаїтості видів і угруповань біоти у межах ландшафтів [23]. Дані, які ми отримали, свідчать, що таке подання базових одиниць біорізноманіття не повне – слід враховувати розмаїтість видів і угруповань біоти у межах біотопу, що відповідає концепції фрактальності природних об'єктів [24]. Результати дослідження середнього рівня ентомологічної складової різноманіття залежно від площі напівприродних екосистем агроландшафту наведено на рис. 6.

Отримані результати свідчать, що в різних напівприродних екосистемах рівень біорізноманіття має тенденцію до зростання із збільшенням площі до певної межі. Так, на площі 0,1 га індекс Шенона-Уівера становив близько 1,75; 2 га - 1,8; 5 га - 2,65; 10 га - 2,3. Таким чином, отримані дані дозволяють припустити, що оптимальна площа окремих ентомологічних рефугіумів не повинна перевищувати 5 га, але потребує додаткового еколого-економічного обґрунтування співвідношення загальної чисельності подібних складових

агроландшафту до площі ріллі для максимального збереження агробіорізноманіття.

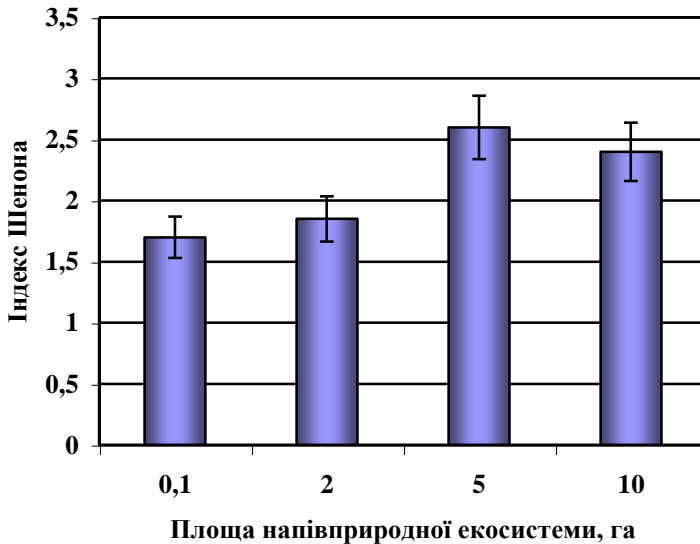


Рис. 6. Рівень видового різноманіття комах-хортобонтів (індекс Шенона-Уівера) залежно від площі напівприродної екосистеми агроландшафту (Київська область, 2006 - 2007 рр.)

***Визначення еколого-економічної доцільності хімічного захисту озимої пшениці.***

Основою інтегрованої системи заходів із захисту рослин є втручання в агроценоз за допомогою хімічних засобів лише в разі економічно виправданої доцільності запобігання втратам врожаю. Принципи такого підходу запропонував ще А.А. Любичев [25]. Економічний підхід до визначення доцільності застосування інсектицидів набув повсюдного поширення тільки у 70-ті роки.

Огляд концепції екологічних порогів шкідливості (ЕПШ) наведено в працях В.І. Танського та В.П. Васильєва [26, 27]. Більшість ентомологів не заперечують проти використання розрахункового рівняння, яке обґрунтував В.А. Захаренко [28]:

$$ЕПШ = \frac{36 \times H \times P}{Ц \times B \times K},$$

де  $H$  - коефіцієнти накладних витрат на прямі затрати;  $Z_6$  - затрати на захист рослин;  $P$  - рентабельність виробництва даної культури;  $C$  - ціна продукції, грн/ц;  $V$  - втрати врожаю на одиницю щільності фітофага, ц/га;  $K$  - коефіцієнт зниження чисельності фітофага різними заходами захисту (біологічна ефективність виражена десятковим дробом).

Це рівняння враховує важливий показник – рентабельність виробництва продукції, що виключає застосування інсектицидів у випадках, коли це може бути збитковим. Але параметри рівняння надзвичайно варіабельні, тому якщо точно дотримуватися розрахунків за рівнянням, то ЕПШ буде коливатися не тільки в різні роки і в різних господарствах, але і на окремих полях. Отже, рекомендуються усереднені показники ЕПШ у межах певного діапазону, який відображає можливість їх коливання за різних умов, зокрема з урахуванням екологічних наслідків [28].

Економічний поріг шкідливості – це така чисельність фітофага або ступінь розвитку хвороби, за яких економічно доцільне застосування заходів із захисту рослин. За часів колишнього СРСР в умовах планової економічної системи за показник ЕПШ для основних фітофагів сільськогосподарських культур було прийнято таку чисельність фітофага, за якої можливі втрати урожаю становлять 3 - 5%. Працею багатьох вчених було обґрунтовано показники чисельності основних фітофагів сільськогосподарських культур, які відповідають рівню ЕПШ. Наприклад, для домінуючих фітофагів озимої пшениці показники ЕПШ становлять [29]: злакові попелиці у фазі виходу в трубку - колосіння 8 - 12, у фазі формування - наливу зерна – 15 - 40 екз. на стебло, шкідлива черепашка у фазі виходу в трубку 2 - 4 імаго на м<sup>2</sup>, у фазі наливу зерна – 1-6 личинок на м<sup>2</sup> тощо. Але для точного відображення пошкоджень декількома фітофагами цей показник виявився недостатнім. Виникла потреба у винайденні критерію, який би відобразив ймовірні втрати врожаю при пошкодженні рослин декількома видами комах.

Для розрахунку рівня втрат врожаю було запропоновано показник, позначений терміном інтегральний економічний індекс чисельності, що є сумою відношень фактично виявленої або прогнозованої чисельності виду до його економічного порогу. Використане для його обчислення спрощене рівняння, як виявилось в подальшому, спрацьовувало лише в умовах низького заселення фітофагами. Тому дослідження були продовжені і завершилися розробкою удосконаленого критерію, який одержав позначення комплексного економічного порогу шкідливості (КЕПШ). Згідно з визначенням, КЕПШ – рівень сукупних втрат врожаю культури від

комплексу шкідливих організмів, за яких економічно доцільне застосування заходів із захисту рослин. При підрахунку КЕПШ виходять з показників чисельності фітофагів, які було обґрунтовано в концепції ЕПШ – одиниця комплексного порогу шкідливості відповідає втратам врожаю на рівні 3 - 5%.

Згідно з концепцією В.П. Васильєва [30], КЕПШ доцільно розраховувати за умов, коли чисельність фітофагів у ентомокомплексі не перевищує ЕПШ. За умов перевищення показника ЕПШ хімічний захист культури базується на контролі чисельності домінуючого виду серед фітофагів. Таким чином, за даною концепцією, КЕПШ слугує доповненням для ЕПШ і використовується за умов, коли комплекс шкідливих фітофагів на посівах або насадженнях представлено видами, чисельність кожного з яких не перевищує рівня ЕПШ, але сумарна чисельність комплексу на одиницю обліку становить загрозу врожаю.

*Розрахунок комплексного порогу ґрунтується на таких принципових положеннях.*

Шкоду від різних видів комах, подібних за способом живлення, можна розглядати як аналогічну тій, що завдає популяція одного виду з підвищеною чисельністю. Виходячи з цього, фітофагів можна поділити на три основні групи, яким властиві такі типи реакції культури на живлення:

- *компенсація* – коли при пошкодженні надземних вегетативних органів відбувається швидке відновлення листової маси і інтенсивності процесу асиміляції або при зрідженні посівів збільшується площа живлення рослин, що підвищує їх продуктивність;

- *лінійність* – коли втрати врожаю зростають пропорційно збільшенню чисельності фітофагів. Це типово для видів комах, які живляться насінням і плодами;

- *десенсибілізація* – коли агресивність популяції з розрахунку на одиницю щільності поступово зменшується, що характерно для сисних фітофагів (попелиць, трипсів, клопів), які живляться вегетативними органами рослин.

Отже, модель КЕПШ повинна враховувати поправку до показника чисельності фітофага, яка відображає тип реакції культури [27].

Загальну втрату від фітофагів визначали за допомогою розрахунку інтегрального індексу шкідливості – сумою економічних індексів кожного виду з поправочним коефіцієнтом, що відображає особливості реакції рослин на живлення різними видами.

З врахуванням даних літературних джерел та результатів власних експериментальних досліджень метод розрахунку КЕПШ мав

такий вигляд.

1. Обчислювали економічний індекс ( $I_e$ ) для кожного окремого виду фітофагів, який вимірюється відношенням фактичної чисельності комах до показника ЕПШ [31]:

$$I_e = Ч : \text{ЕПШ}$$

Для обчислення  $I_e$  використовували таблиці показників економічних порогів шкодочинності.

2. Обчислювали інтегральний економічний індекс ( $I_{eін}$ ) для комплексу видів шкідливої ентомофауни:

$$I_{eін} = I_{e1} \times K + I_{e2} \times K + \dots + I_{еш} \times K,$$

де  $K$  – коефіцієнт пропорційності, що відповідає типу реакції культури на живлення даного виду: для компенсаційного  $K = 1,3$ ; для лінійного  $K = 1,0$ ; для десенсибілізаційного  $K = 0,8$ .

3. Для обчислення ймовірного рівня втрат продукції ( $V_p$ ) використовували таке рівняння:

$$V_p = I_{eін} \times K_{кор} \times 3,$$

де  $V_p$  – втрати продукції, %;  $I_{eін}$  – інтегральний економічний індекс;  $K_{кор}$  – коефіцієнт корекції (показники для різних значень  $I_{eін}$  наведено нижче); 3 – умовний показник втрат урожаю (%) від популяції фітофагів за чисельності на рівні ЕПШ.

$K_{кор}$  – коефіцієнт корекції, потрібний для того, щоб врахувати закономірність залежності між зростанням чисельності популяцій шкідливої ентомофауни і зниженням урожаю, яка має хвильовий характер.

Наближене значення коефіцієнта корекції для різних рівнів інтегрального економічного індексу за кривою Фенмора таке:  $I_{eін} < 5 - K_{кор} = 1$ ;  $I_{eін} 5 - 8 - K_{кор} = 0,8$ ;  $I_{eін} 8 - 11 - K_{кор} = 0,7$ ;  $I_{eін} > 11 - K_{кор} = 0,6$  [30].

На жаль, концепція КЕПШ академіка В.П. Васильєва за умов планової економіки не знайшла широкої підтримки, але вона виявилася надзвичайно плідною для ринкових умов. Ця концепція дозволяє прогнозувати потенційні втрати урожаю (%) від комплексу фітофагів. Знання історії поля (багаторічної середньої урожайності різних культур) дозволяє обрахувати втрати врожаю у грошовому еквіваленті. Останнє з урахуванням витрат на вирощування, цін на пестициди тощо дає змогу розраховувати рентабельність заходів із захисту рослин. Показники рентабельності слугують надійною основою для ухвалення рішення щодо економічної доцільності хімічного захисту сільськогосподарських культур.

Для розробки прогнозу можливих втрат урожаю озимої пшениці в умовах поточної фітосанітарної ситуації аналізували багаторічні бази



даних Головдержзахисту України щодо чисельності та поширення основних фітофагів озимої пшениці в Лісостепу, які спричиняють основні втрати урожаю, що дозволило нам обґрунтувати перелік домінуючих видів комах (табл. 3).

### 3. Шкодочинність сезонних ентомокомплексів за фенофазами озимої пшениці (Київська область, 1997 - 2007 рр., за даними Головдержзахисту України)

Фенофаза (сезон)	Фітофаги	Середні економічні індекси
Сходи - кушіння	Озима муха	6,84
	Пшенична муха	2,53
	Шведська муха	2,41
	Гессенська муха	1,52
	Озима совка	0,3
	Хлібна жужелиця	0,23
	Дротяники та несправжні дротяники	0,18
Кушіння (ранньо-весняний)	Хлібна жужелиця	0,12
	Злакові п'явиці	0,02
Вихід у трубку	Клопи-черепашки	0,19
	Злакові п'явиці	0,03
Колосіння - цвітіння (ранньолітній)	Злакові попелиці	0,6
	Пшеничний трипс	0,17
Налив - молочновоскова стиглість (літній)	Клопи-черепашки	0,38
	Хлібні жуки	0,26
	Злакові попелиці	0,23
	Пшеничний трипс	0,11

#### Математичний алгоритм комп'ютерної програми оперативного прогнозу доцільності хімічного захисту озимої пшениці від фітофагів.

Встановлено, що озима та пшенична мухи впродовж останніх 10 років є найшкодочиннішими в агрокліматичних умовах Київської області ((Ie відповідно 6,84 та 2,53), а найменш – злакові п'явиці (Ie 0,03 і 0,02). Систематизація фітофагів – економічно значущих домінантів озимої пшениці за фенофазами розвитку рослини, використання алгоритмів розрахунку КЕПШ, оцінки економічної ефективності заходів захисту озимої пшениці [14] та розрахунку АЕТІ [13] дозволили нам розробити комп'ютерну програму прогнозу

можливих втрат урожаю озимої пшениці та еколого-економічної доцільності хімічного захисту культури. Ця програма автоматично розраховує показники рентабельності після введення деяких економічних показників та даних поточного фітосанітарного стану за фенофазами культури (згідно з системою хімічного захисту).

У вікні "Розрахунок втрат врожаю від комплексу фітофагів" (рис. 7) вводимо чисельність фітофагів для кожної фази розвитку культури.

1. Інтегральний економічний індекс (Іеін) для кожного виду, а саме: підгризаючих совок -  $E5/2*1,3$ , хлібної жужелиці -  $(E6/5+F6/5+I6/6)*1,3$ , злакових мух -  $(E7/45+F7/45)*1,3$ , злакових попелиць  $(E8/9+G8/8+H8/30+I8/30)*0,8$ , злакових п'явиць -  $F9/12*1,3$ , клопа шкідливої черепашки -  $(G10/2+H11/6+I11/6)*1$ , пшеничного трипса -  $(H12/50+I12/50)*0,8$ , хлібних жуків -  $I13/7*1$ .

2. Інтегральний економічний індекс (Іеін) для комплексу видів шкідливої ентомофауни - СУММ(J5:J13).

3. Втрати урожаю – ЕСЛИ(J14<5;J14\*1\*3; ЕСЛИ(И(J14>=5; J14<8); J14\*0,8\*3; ЕСЛИ(И(J14>=8; J14<=11);J14\*0,7\*3; J14\*0,6\*3)).

Вікно "Розрахунок економічної доцільності хімічного захисту" наведено на рис. 8.

#### 4. Показники та програма розрахунку економічної доцільності хімічного захисту рослин

Показники	Варіант	
	новий	базовий
Вартість продукції	C3*C4	D3*D4
Додатково отриманий врожай, ц/га	C3-D3	
Вартість додатково отриманого врожаю, грн/га	C12*C4	
Витрати на збирання додатково отриманого врожаю, грн/га	C9/C3	
Загальні витрати на впровадження НТР із захисту рослин, грн/га	C14*C12	
Витрати на засоби захисту і їх внесення в новому і в базовому варіантах, грн/га	C7+C8+C15	
Економія витрат захисту рослин у новому варіанті, грн/га	C7+C8	D7+D8
Собівартість продукції, грн/га	D17-C17	
Продуктивність праці: люд.-год/ц	C6/C3	D6/D3
	C10/C3	D10/D3
Умовно чистий прибуток, грн/га	C13-C16+C18	
Рівень рентабельності, %	C21/C16*100	
Окупність, грн/га	C21/C16	

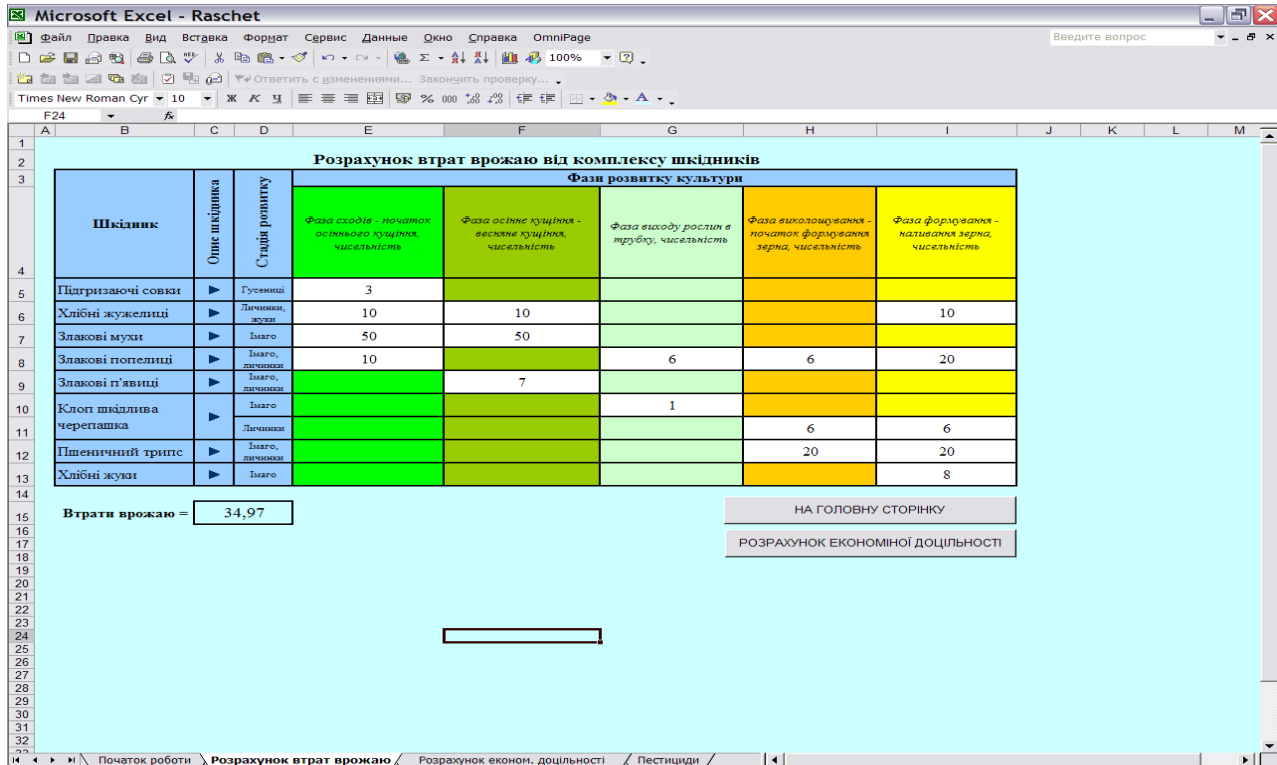


Рис. 7. Вікно розрахунку потенційних втрат урожаю від комплексу фітофагів

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ		
	Новий	Базовий
Урожайність, ц/га	73,50	40,90
Ціна 1 ц продукції, грн.	78,00	69,00
Вартість продукції	5733,00	2822,10
Витрати всього, грн./га в т.ч.	298,70	165,50
Засоби захисту	47,00	0,00
Застосування засобів захисту	39,70	0,00
Збирання врожаю	197,00	150,50
Затрати праці, люд.-год./га	15,00	15,00
Додатково отриманий врожай, ц/га		32,60
Вартість додатково отриманого врожаю, грн./га		2542,80
Витрати на збирання додатково отриманого врожаю, грн./га		2,68
Загальні витрати на впровадження НТР із захисту рослин, грн./га		87,38
Витрати на засоби захисту і їх внесення в новому і в базовому варіантах, грн./га		174,08
Економія витрат захисту рослин в новому варіанті, грн./га	86,70	0,00
Собівартість продукції, грн./га		86,70
Продуктивність праці: люд.-год./ц	4,05	4,05
ц/люд.-год	0,20	0,37
Умовно чистий дохід, грн./га		2282,02
Рівень рентабельності, %		1310,93
Окупність, грн./га		13,11

НА ГОЛОВНУ СТОРІНКУ
---------------------

РОЗРАХУНОК ВТРАТ ВРОЖАЮ
-------------------------

РОЗРАХУНОК ПО ПЕСТИЦИДАХ
--------------------------

Рис. 8. Вікно розрахунку економічної доцільності заходів хімічного захисту озимої пшениці від фітофагів

Показники, які потрібно вводити в комп'ютер для обчислення рівня рентабельності та окупності хімічного захисту, а також математичний алгоритм їх обчислення, наведено в табл. 4.

Для обґрунтування асортименту ефективних інсектицидів з метою хімічного захисту озимої пшениці проти фітофагів доцільно використовувати «Систему захисту зернових колосових культур від шкідників і хвороб» (рекомендації Інституту захисту рослин УААН, які поновлюються кожний рік) [31].

Рекомендований перелік інсектицидів з урахуванням їх ринкової вартості за допомогою комп'ютера аналізується щодо екологічних ризиків для навколишнього природного середовища. Вікна комп'ютерного вибору оптимального пестициду з урахуванням фаз розвитку озимої пшениці наведено на рис. 9 - 10.

Прогноз рівня потенційного забруднення навколишнього середовища пестицидами базується на розрахунку АЕТІ за такою комп'ютерною програмою:

1) визначається середньоваговий ступінь небезпечності використання асортименту пестицидів (Q) для кожної фази розвитку сільськогосподарської культури:

$$E_x * D_y / D_y / D\$2,$$

де  $x$  та  $y$  - відповідно номер рядка та стовпчика розраховуваного препарату (рис. 9);

2) середнє навантаження пестицидів на територію господарства або району виражають екотоксикологічною дозою (D):

$$(D_x * D\$2) / D\$2,$$

де  $x$  - номер рядка;

3) прогнозоване забруднення (Y) пестицидами сільськогосподарського ландшафту розраховують за формулою:

$$G_x / (F_x * 0,55),$$

де  $x$  - номер рядка, 0,55- індекс самоочищення території.

Агроекотоксикологічний індекс розраховують за алгоритмом:

$$10 * H_x * (10 + H_x)^3 / ((1 + H_x)^4 + 5000),$$

де  $x$  - номер рядка.

Для вибору пестициду з мінімальним та максимальним ризиком для навколишнього середовища використовуємо функції:

- МИН(16:128);

- МАКС(16:128).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
35	<b>Фаза: "Весняне кушіння"</b>									
36	<b>Назва</b>	<b>Діюча речовина</b>	<b>Концентрація</b>							
37	Базудин 600EW, в.е.	дiazинон, 600 г/л	1,50							
38	Дазінок, к.е.	дiazинон, 600 г/л	1,80							
39	Маршал	карбосульфат, 250 г/л	0,80							
40	Операт, з.д.	лямбда-цигалотрин, 50 г/кг	0,15							
41	Віюк п'яос, к.е.	дiazинот, 400 г/л	1,00							
42	Ватекс 60, мк.с.	гамма-цигалотрин, 60 г/л	0,06							
43	Еквіо 247 SC, к.е.	лямбда-цигалотрин, 160 г/л та тіаметоксам, 141 г/л	0,18							
44										
45	<b>Мінімально шкідливий:</b>	<b>Назва</b>	<b>Діюча речовина</b>	<b>Концентрація</b>						
46		Ватекс 60, мк.с.	гамма-цигалотрин, 60 г/л	0,06						
47	<b>Максимально шкідливий:</b>	<b>Назва</b>	<b>Діюча речовина</b>	<b>Концентрація</b>						
48		Дазінок, к.е.	дiazинон, 600 г/л	1,80						
49										
50	<b>Фаза: "Сходів - початок кушіння"</b>									
51	<b>Назва</b>	<b>Діюча речовина</b>	<b>Концентрація</b>							
52	Актара 25WG, в.г.	тіаметоксам, 250 г/кг	0,10							
53	Данадин 400, к.е.	дiazинот, 400 г/л	1,40							
54	Базудин 600EW, в.е.	дiazинон, 600 г/л	1,50							
55	Дазінок, к.е.	дiazинон, 600 г/л	1,45							
56	Карато 050 EC, к.е.	лямбда-цигалотрин, 50 г/л	0,19							
57	Золон 35, к.е.	фозалон, 350 г/л	1,49							
58	Бі-58 новий, к.е.	дiazинот, 400 г/л	1,48							
59	Кімекс 5 KE, к.е.	бета-ціперметрин, 60 г/л	0,20							
60	Фуфанон 570, к.е.	малатион, 570 г/л	1,21							
61	Маршал	карбосульфат, 250 г/л	0,80							
62	Практик, к.е.	дiazинон, 600 г/л	1,47							
63	Фостран, к.е.	дiazинот, 400 г/л	1,46							
64	Дамаск, в.е.	дiazинон, 600 г/л	1,44							
65	Дазел 60, в.е.	дiazинон, 600 г/л	1,43							
66	Драгун, к.е.	хлорпірифос, 480 г/л	1,00							
67	Сумілон, к.е.	фенітропін (50%)	2,00							
68										
69	<b>Мінімально шкідливий:</b>	<b>Назва</b>	<b>Діюча речовина</b>	<b>Концентрація</b>						
70		Актара 25WG, в.г.	тіаметоксам, 250 г/кг	0,10						
71	<b>Максимально шкідливий:</b>	<b>Назва</b>	<b>Діюча речовина</b>	<b>Концентрація</b>						
72		Базудин 600EW, в.е.	дiazинон, 600 г/л	1,50						

Рис. 9. Вікно комп'ютерного вибору пестициду з мінімальним екологічним ризиком для навколишнього середовища у фазу весняного кушіння та у фазу сходів - початку кушіння озимої пшениці

Microsoft Excel - Raschet

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка OmniPage Введите вопрос

100%

Ответить с изменениями... Закончить проверку...

Загальна орна площа, га		2,00	НА ГОЛОВНУ СТОРІНКУ				
Фаза: "Молочна стиглість зерна"				РОЗРАХУНОК ЕКОНОМНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ			
Назва	Діюча речовина	Концентрація					
Актара 25WG, в.г.	тіаметоксам, 250 г/кг	0,10					
Альтекс 100, к.е.	альфа-циперметрин, 100 г/л	0,14					
Альфазард 100, к.е.	альфа-циперметрин, 100 г/л	0,15					
Арриво, к.е.	циперметрин, 250 г/л	0,20					
Блискавка, к.е.	альфа-циперметрин, 100 г/л	0,11					
Бульдок, к.е.	бета-цифлутрин, 25 г/л	0,25					
Данадим 400, к.е.	диметоат, 400 г/л	1,30					
Данадим стабільний, к.е.	диметоат, 400 г/л	1,40					
Децис (2,5%), к.е.	дельтаметрин, 25 г/л	0,20					
Децис Профі, в.г.	дельтаметрин, 250 г/кг	0,04					
Кінмікс 5 KE, к.е.	бета-циперметрин, 50 г/л	0,19					
Лептоцид (2,5%), к.е.	циперметрин (2,5%) та креолін кам'яновугільний безфенольний (97,5%)	0,18					
Карате 050 EC, к.е.	лямбда-цигалотон, 50 г/л	0,16					
Моспілан, р.п.	ацетаміпрід, 200 г/кг	0,05					
Сумі-альфа, к.е.	есфенвалерат, 50 г/л	0,25					
Ньюстар, в.е.	зета-циперметрин, 200 г/л	0,16					
Акцент, к.е.	диметоат, 400 г/л	1,50					
Альфа шпі, к.е.	альфа-циперметрин, 100 г/л	0,12					
Альфа-супер, к.е.	альфа-циперметрин, 100 г/л	0,13					
Кемдім, к.е.	диметоат, 400 г/л	1,20					
Кіллер, к.е.	хлорпифос, 500 г/л та циперметрин, 50 г/л	1,00					
Мустанг, к.е.	зета-циперметрин, 100 г/л	0,10					
Сумтіон, к.е.	фенітроіон (50%)	0,60					
Мінімально шкідливий:	Назва	Діюча речовина	Концентрація				
	Моспілан, р.п.	ацетаміпрід, 200 г/кг	0,05				
Максимально шкідливий:	Назва	Діюча речовина	Концентрація				
	Акцент, к.е.	диметоат, 400 г/л	1,50				

Рис. 10. Вікно комп'ютерного вибору пестициду з мінімальним екологічним ризиком для навколишнього середовища у фазу молочної стиглості

Microsoft Excel - Raschet

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка OmniPage

Введите вопрос

100%

Ответить с изменениями... Закончить проверку...

D2 2

73										
74										
75										
76										
77										
78										
79										
80										
81										
82										

АЕТП для 3-х самих нешкідливих пестицидів з різних фаз:	0,33
АЕТП для 3-х самих шкідливих пестицидів з різних фаз:	22,19
Загальна маса використаних пестицидів, кг:	0,42
Середньоваговий ступінь небезпечності:	2,45
Середнє навантаження пестицидів на територію, кг/га:	0,21
Прогнозоване забруднення пестицидами (Y):	0,16
Агрокотоксикологічний індекс (АЕТП):	0,33

**Рис. 11. Комп'ютерний аналіз агроекотоксикологічного індексу для комплексу інсектицидів, які планується використати в хімічному захисті озимої пшениці**



Для вибору значення із списку пестицидів, яке відповідає заданим вимогам, використовуємо такі функції:

- для вибору назви: БИЗВЛЕЧЬ (В5: I28; "Назва"; J30: J31);
- для вибору діючої речовини: БИЗВЛЕЧЬ (В5: I28; "Діюча речовина"; В30: В31);
- для вибору концентрації: БИЗВЛЕЧЬ (В5: I28; "Концентрація"; В30: С31)

Для розрахунку АЕТІ для трьох інсектицидів згідно із фазами розвитку культури використовуємо вікно (рис. 11):

- загальна маса використаних пестицидів, кг:  
 $(D70 * E70 + D46 * E46 + D31 * E31) / (D70 + D46 + D31) / D2$ ;
- середньоваговий ступінь небезпечності:  
 $(D70 * E70 + D46 * E46 + D31 * E31) / (D70 + D46 + D31) / D2$ ;
- середнє навантаження пестицидів на територію, кг/га:  
 $D70 + D46 + D31$ ;
- прогнозоване забруднення пестицидами (Y):  $G74 / F74 / 0,55$ ;
- агроекотоксикологічний індекс (АЕТІ):  
 $10 * H74 * ((10 + H74) ^ 3) /$

Дворічна експериментальна перевірка розрахункового методу прогнозу потенційних втрат урожаю озимини від комплексу фітофагів за допомогою хімічного захисту культури в умовах Лісостепу дозволила встановити таке. В агрокліматичних умовах 2006 р. похибка розрахунку становила 7,3%, 2007 – 3,5%. Таким чином, середній показник похибки прогнозу за результатами двох років досліджень становить 5,4%. Відповідно надійність розрахункового методу прогнозу потенційних втрат урожаю становить:  $100\% - 5,4\% = 94,6\%$ . Такий показник свідчить про високу ймовірність прогнозу комплексної шкідливості комах, що дозволяє використовувати економічний індекс для системного аналізу динаміки домінантів та шкідливості ентомокомплексу фітофагів у посівах озимої пшениці. Алгоритм оперативного прогнозу апробовано в регіональних центрах наукового забезпечення АПВ, який показав високу надійність.

Отримані результати свідчать, що розрахунок економічного індексу (Ie) є надійним методом перетворення екологічного аспекту фітосанітарного стану (поширення та чисельності шкідливих фітофагів) в економічні категорії – ймовірні втрати врожаю, що відкриває можливість аналізу впливу чинників різної природи на еколого-економічні системи.

Комп'ютерна програма прогнозу еколого-економічної оцінки хімічного захисту озимої пшениці від комплексу основних фітофагів дозволяє оперативно прогнозувати потенційні втрати урожаю,

обґрунтовувати екологічно безпечний асортимент пестицидів та основні показники, що характеризують економічну ефективність застосування інсектицидів для захисту культури: умовно чистий прибуток і рентабельність виробництва. Комп'ютерний прогноз дає змогу оперативно та надійно передбачати можливі економічні наслідки поточної фітосанітарної ситуації на макро- та мікроекономічному рівнях, економічну доцільність заходів захисту рослин і є інструментом для системного аналізу фітосанітарного стану в державі і ухвалення рішень щодо оптимальних заходів для його поліпшення з урахуванням екологічних наслідків хімічних обробок. Програма буде корисною для землекористувачів різних економічних категорій, станцій захисту рослин, державних адміністрацій.

Гармонізація концепції інтегрованого захисту рослин з Концепцією екологічної функції біорізноманіття шляхом вдосконалення агроландшафтів за рахунок створення мережі ентомологічних рефугіумів та використання комп'ютерного прогнозу еколого-економічної доцільності хімічного захисту озимої пшениці дозволить створити умови для зменшення антропогенного навантаження на агробіорізноманіття, що буде сприяти відновленню екологічної стійкості агроєкосистем.

### **Висновки**

1. Моделювання основних чинників сучасного екологічного стану агросфери України на ґрунті Концепції екологічної функції біорізноманіття дозволяє обґрунтувати зв'язок між збідненим агробіорізноманіттям та еколого-економічними проблемами аграрного виробництва.

2. За рівнем різноманіття комах-хортобіонтів напівприродні екосистеми та екотони в більшості випадків переважають агроценози озимої пшениці і в умовах відсутності антропогенного навантаження здатні виконувати роль ентомологічних рефугіумів.

3. У напівприродних екосистемах рівень біорізноманіття має тенденцію до зростання із збільшенням площі. Для збереження ентомологічного різноманіття доцільне поповнення агроландшафтів за рахунок виведення з обробітку малопродуктивних земель мережею напівприродних екосистем площею 5 га кожна.

4. Вперше в Україні розроблено алгоритм та створено пілотну комп'ютерну програму прогнозу доцільності та економічної ефективності хімічного захисту озимої пшениці від комплексу основних фітофагів. Вона дає змогу оперативно та надійно передбачати можливі сумарні втрати урожаю в умовах поточної фітосанітарної ситуації на макро- та мікроекономічному рівнях,

економічну доцільність заходів захисту рослин і є інструментом для системного аналізу фітосанітарного стану в державі і ухвалення рішень щодо оптимальних заходів для його поліпшення.

### Література

1. Європейська економічна комісія. Огляд результативності природоохоронної діяльності. – Нью-Йорк і Женева, 2000. – 232 с.
2. Брокгауз Ф. Л. Энциклопедический словарь / Ф. Л. Брокгауз, И. Л. Ефрон. - СПб., 1899. - Т. XXVIII. - 457 с.
3. Сайко В. Ф. Вилучення з інтенсивного обробітку малопродуктивних земель та їхнє раціональне використання / В. Ф. Сайко. - К. : Аграрна наука, 2000. - 38 с.
4. Козак Г. П. На тлі зміни клімату: багаторічна динаміка чисельності шкідників озимини в Лісостепу / Г. П. Козак, В. М. Чайка // Карантин і захист рослин. - 2005. - № 6. - С. 11 – 13.
5. Шкодочинність фітофагів на озимині / В. М. Чайка [та ін.] // Захист рослин. - 2001. - № 12. - С. 1 - 2.
6. Лісовий М. М. Ентомологічне різноманіття та його еколого-економічне значення / М. М. Лісовий, В. М. Чайка // Агроекологічний журнал. – 2007. - № 4. - С. 18 - 24.
7. Оцінка і напрямки зменшення загроз біорізноманіттю України / О. В. Дудкін [та ін.]. - К. : Хімджест, 2003. – 400 с.
8. Стівчатий В. М. Видове різноманіття комах (Insecta) в агроценозах України (експертна оцінка) / В. М. Стівчатий // Агробіорізноманіття України: теорія, методологія, індикатори, приклади. У 2 кн. Кн. 2 / [НАНУ та ін.]. – К. : Нічлава, 2005. – 592 с.
9. Запольський А. К. Основи екології / А. К. Запольський, А. І. Салюк – К. : Вища шк., 2004. - 382 с.
10. Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур / В. П. Омелюта [та ін.] ; за ред. Омелюти В. П. - К. : Урожай, 1986. - 293 с.
11. Бигон М. Экология. Особи, популяции и сообщества. В 2 т. Т. 2 / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. – М. : Мир, 1989. – 477 с.
12. Бурда Р. І. Антропогенні екотони агроландшафтів та їх фітобіота / Р. І. Бурда, Є. Д. Ткач // Агроекологічний журнал. – 2004. - № 1. - С. 3 – 9.
13. Кавецький В. М. Оцінка екологічного ризику застосування пестицидів / В. М. Кавецький, Л. І. Бублик // Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель (методично-нормативне забезпечення) / за ред. В. П. Патики та

О. Г. Тараріко. – К. : Видавництво Українського фітосоціологічного центру, 2002. – С. 38 - 50.

14. Мельник П. П. Оцінка економічної ефективності заходів захисту рослин (на прикладі озимої пшениці) / П. П. Мельник, В. М. Чайка // Захист і карантин рослин : міжвід. темат. наук. зб. - 2002. - Вип. 48. - С. 224 – 229.

15. Реймерс Н. Ф. Природопользование: словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. – М. : Мысль, 1990. – 639 с.

16. Бей-Биенко Г. Я. Саранчовые фауны СССР / Г. Я. Бей-Биенко, Л. Л. Мищенко. – М. – Л. : Изд-во АН СССР, 1951. – 378 с.

17. Чайка В. М. Ценотичний контроль динаміки популяцій комах-фітофагів / В. М. Чайка, О. В. Бакланова, О. Г. Бунтова // Захист і карантин рослин : міжвід. темат. наук. зб. - 2002. - Вип. 48. - С. 10 - 17.

18. Козак Г. П. Шкодоцинність фітофагів на озимій пшениці в Лісостепу України в умовах глобального потепління клімату / Г. П. Козак, О. Б. Сядриста, В. М. Чайка // Захист і карантин рослин. – 2004. – Вип. 50. – С. 21 - 28.

19. Карлашук С. В. Ентомокомплекси на екотонах типового агроландшафту Центрального Лісостепу України / С. В. Карлашук, В. П. Федоренко // Карантин і захист рослин. – 2004. – № 5. – С. 27 - 28.

20. Грант В. Эволюционный процесс / В. Грант. - М. : Мир, 1991. - 486 с.

21. Каптен Ю. Л. О классификации внутривидовых группировок насекомых-фитофагов / Ю. Л. Каптен // Бюл. ВНИИЗР. – 1986. – Вып. 63. - С. 23 - 27.

22. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер. - М. : Прогресс, 1980. - 326 с.

23. Механизмы устойчивости биосферы. - <http://www.google.com/search?q=cache:dh78atDcyzoJ:www.csr.spbu.ru/pub/>

24. Фракталы: теория. - <http://fractals.iatp.by/>

25. Любищев А. А. К методике учета экономического эффекта вредителей / А. А. Любищев // Труды по защите растений / ВИЗР. - 1971. - Т. 1, Вып. 2. - С. 18 - 21.

26. Танский В. И. Экономическая целесообразность мероприятий по защите растений / В. И. Танский // Защита растений. - 1973. - № 4. - С. 32 - 34.

27. Васильев В. П. О концепции экономического порога вредоносности / В. П. Васильев // Защита растений. - 1989. - № 1. - С. 28 - 31.

28. Захаренко В. А. Экономика защиты растений в интенсивном зерновом производстве / В. А. Захаренко // Защита растений. - 1986. - № 3. - С. 62 - 63.

29. Рекомендации по определению экономических порогов вредоносности вредителей сельскохозяйственных культур и их использование в практике защиты растений / под ред. Омелюты В. П. – К. : Урожай, 1987. – С. 3 – 64.

30. Васильев В. П. Комплексний показник шкодочинності угруповання фітофагів на посівах сільськогосподарських культур / В. П. Васильев, В. М. Чайка, В. О. Зацерківський // Захист рослин. – 1997. - № 6. – С. 7.

31. Прогноз фітосанітарного стану агроценозів України та рекомендації щодо захисту рослин у 2007 році / Головдержзахист. – К. : Гранмна, 2007. – 206 с.