

Солодка Т. М. [1; ORCID ID: 0000-0001-7265-4706],
к.с.-г.н., доцент,
Яценко Л. А. [1; ORCID ID: 0000-0003-1407-0133],
к.с.-г.н., доцент,
Олійник О. О. [1; ORCID ID: 0000-0002-0796-6022],
к.с.-г.н., доцент

¹Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

МОДИФІКАЦІЯ ОНТОГЕНЕЗУ *HELICOVERPA ARMIGERA* В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ ЯК ОСНОВА АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ ПРЕЦИЗІЙНОГО ЗАХИСТУ ДЛЯ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

В умовах глобальних змін клімату відбувається суттєва перебудова структури агроєкосистем, що супроводжується зміщенням ареалів поширення та зміною біології багатьох шкідливих видів комах. Особливо чутливими до трансформації термічного режиму є поліфаги з високим адаптаційним потенціалом, здатні швидко змінювати фенологію розвитку та формувати стійкі популяції у нових для себе природно-кліматичних зонах. У цьому контексті актуальним є вивчення процесів натуралізації південних фітофагів у північніших регіонах України та розробка науково обґрунтованих підходів до обмеження їх чисельності.

У статті представлено результати комплексного дослідження адаптації бавовникової совки (*Helicoverpa armigera* Hbn.) та обґрунтовано ефективну стратегію регулювання її чисельності в умовах трансформації агрокліматичних умов Західного Полісся, зокрема Рівненської та Волинської областей. Встановлено стабільну тенденцію до підвищення середньорічної температури повітря на рівні $+0,67^{\circ}\text{C}$ за десятиліття, що супроводжується істотним зростанням сум ефективних температур понад 1500°C . За таких умов відбувається перехід *H. armigera* до стабільного бівольтинного типу розвитку з формуванням факультативної третьої генерації. Поєднання високого термічного фону з відносно високою вологістю повітря (50–60%) створює сприятливі умови для виживання преімагінальних стадій та забезпечує успішну зимівлю автохтонної популяції шкідника. Відзначено кумулятивний характер шкодочинності фітофага, де прямі втрати врожаю кукурудзи та соняшнику посилюються ризиками контамінації продукції мікотоксинами (фумонізинами та зеараленоном) внаслідок епіфітотійного розвитку грибів роду *Fusarium* у місцях пошкоджень. На основі результатів досліджень обґрунтовано

необхідність відмови від традиційного календарного підходу до захисту рослин і запропоновано адаптивну систему інтегрованого захисту, що базується на прецизійному інструментальному моніторингу, біологічному регулюванні чисельності за допомогою трихограми (*Trichogramma evanescens*) та антирезистентній хімічній стратегії, що базується на використанні антраніламідів та інгібіторів синтезу хітину, у поєднанні з агротехнічними заходами деструкції зимуючих лялечок.

Ключові слова: *Helicoverpa armigera*; зміна клімату; сума ефективних температур; мікотоксини; інтегрований захист; трихограма; харчова безпека.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сільськогосподарське виробництво України на початку третього тисячоліття функціонує в умовах перманентного тиску абіотичних факторів, спричинених глобальною антропогенною зміною клімату. Згідно з останніми звітами Міжурядової групи експертів зі зміни клімату, територія Східної Європи входить до регіонів з найвищою динамікою зростання середньорічних температур, темпи якого випереджають середньопланетарні показники майже вдвічі. Особливої наукової та практичної уваги в цьому контексті потребують зони перехідного клімату, до яких історично належить Українське Полісся. Трансформація кліматичної системи цього регіону, яку провідні вітчизняні кліматологи кваліфікують терміном «остепніння» або «аридизація», є складним, нелінійним та багатофакторним процесом. Він включає не лише просте підвищення середніх температур, але й кардинальну зміну архітектури сезонів, перерозподіл опадів у часі, зростання частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ, а також зміщення меж природно-кліматичних зон у північному напрямку на сотні кілометрів [1]. Ці процеси руйнують еволюційно сформовані ценотичні зв'язки та створюють екологічний вакуум, який швидко заповнюється інвазивними видами.

Найбільш динамічним компонентом агроєкосистем, здатним до миттєвої адаптації на популяційному рівні до зміни термічних градієнтів, є ентомофауна. Зміна температурного режиму знімає екологічні бар'єри, що раніше стримували розповсюдження полівольтинних видів комах-фітофагів у високі широти. Класичним прикладом такої кліматично зумовленої експансії є бавовникова совка (*Helicoverpa armigera* Hübner) – широкий поліфаг з родини Noctuidae, ареал якого ще наприкінці ХХ століття був чітко лімітований 48-ю паралеллю північної широти. Поява стійких популяцій цього виду в агроценозах Рівненської та Волинської областей є не просто цікавим

фауністичним феноменом, а системною проблемою, що загрожує продовольчій безпеці регіону. Ситуація ускладнюється тим, що інвазія фітофага збігається у часі з інтенсифікацією рослинництва в регіоні, зокрема суттєвим розширенням площ під енергоємними культурами, такими як кукурудза, соняшник та соя, що створює потужну трофічну базу для натуралізації виду.

Проблема поширення та контролю чисельності бавовникової совки є об'єктом пильної уваги світової наукової спільноти. За даними міжнародних організацій, цей вид стабільно входить до переліку найбільш економічно значущих шкідників світу через його здатність пошкоджувати понад двісті видів рослин, високий міграційний потенціал та швидке формування резистентності до інсектицидів різних хімічних груп. Європейські дослідники у своїх прогностичних моделях вказують на те, що північна межа ареалу совки лімітується переважно сумою температур, необхідних для розвитку, та здатністю діапаузуючих лялечок переносити мінусові температури [2; 3]. В українській аграрній науці питання фенології совок у зонах Степу та Лісостепу висвітлено достатньо широко [4], проте специфічні умови Західного Полісся, де на фоні глобального потепління зберігається специфічний мікроклімат з підвищеною вологістю повітря та мозаїчністю ландшафту, залишаються малодослідженими. Відсутність адаптованих до регіональних умов систем прогнозу та захисту призводить до значних економічних втрат, що й зумовило вибір наряду наших досліджень.

Методика досліджень. Експериментальна частина роботи виконувалася протягом 2019–2024 років на базі виробничих масивів у Рівненській та Волинській областях. Для верифікації кліматичних трендів було опрацьовано масиви метеорологічних даних за період 1990–2024 років, отримані з наземних метеостанцій Державної гідрометеорологічної служби України. Оцінка генераційного потенціалу популяції здійснювалася розрахунковим методом сум ефективних температур. В якості базових біологічних констант використано уточнені параметри: нижній поріг розвитку $+11^{\circ}\text{C}$, температурний оптимум $+25\dots+29^{\circ}\text{C}$. Сума ефективних температур, необхідна для проходження повного циклу розвитку однієї генерації, визначена у діапазоні $550\text{--}600^{\circ}\text{C}$. Фенологічний моніторинг здійснювався з використанням феромонних пасток воронкоподібного типу із диспенсерами, насиченими синтетичним статевим феромоном.

Результати досліджень та обговорення. Сучасний етап розвитку агрокліматичних умов Західного Полісся характеризується глибокою та системною трансформацією термічного режиму. Результати аналізу лінійної регресії середньорічної температури повітря за період 1990–2024 рр. свідчать про стабільну тенденцію до потепління (рис. 1).

Зокрема, темпи зростання температури в регіоні (Волинська та Рівненська обл.) становлять $+0,067^{\circ}\text{C}$ на рік, що суттєво перевищує загальнодержавний показник ($+0,057^{\circ}\text{C}/\text{рік}$). Таким чином, за кожне десятиліття середній температурний фон регіону зростає на $0,67^{\circ}\text{C}$, що веде до інтенсивної аридності клімату та зміни структури ентомокомплексів.

Найбільш критичним індикатором для прогнозування фітосанітарного стану є накопичення сум ефективних температур вище порогу $+10^{\circ}\text{C}$.

Порівняльний аналіз свідчить про радикальний енергетичний приріст: якщо на початку 2000-х років показники СЕТ коливалися в межах $950\text{--}1100^{\circ}\text{C}$, то у сучасний період спостерігається їх стабільне зростання. Згідно з даними моніторингу, у 2024 році показник СЕТ для Західного Полісся сягнув рекордної відмітки 1505°C (рис. 2).

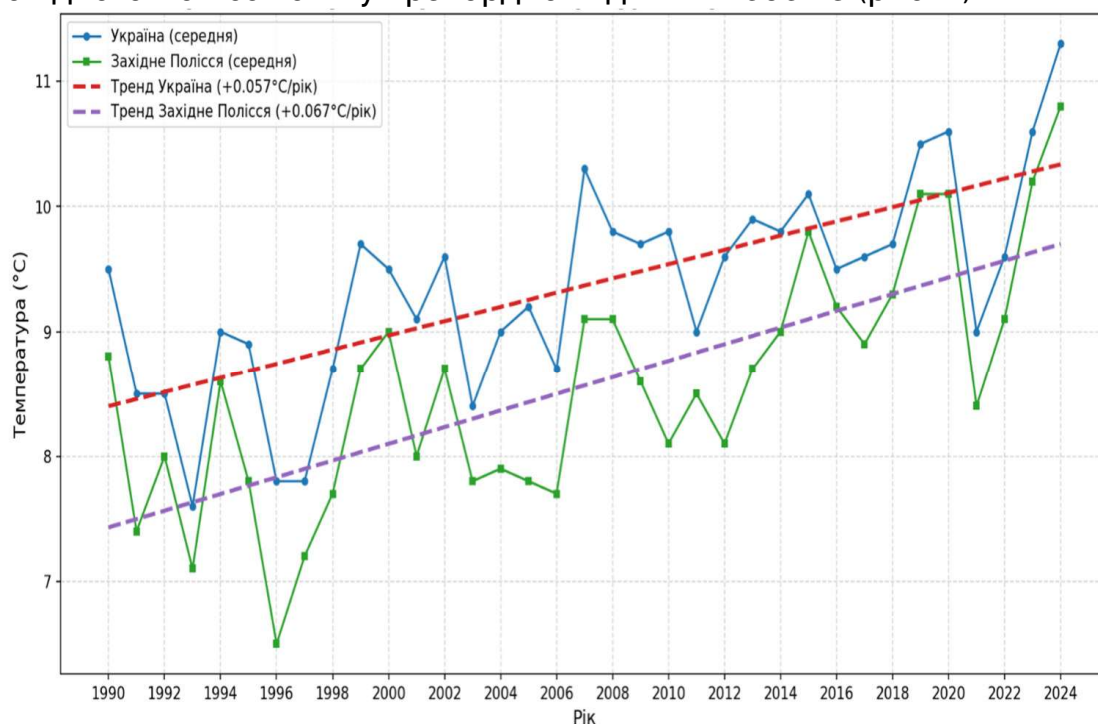


Рис. 1. Зміна температури в середньому по Україні та зоні Західного Полісся, 1990–2024 рр.

Примітка: за кожні 10 років в Україні стає тепліше на $0,57^{\circ}\text{C}$, у зоні Західного Полісся (Волинська і Рівненська обл.) – на $0,67^{\circ}\text{C}$

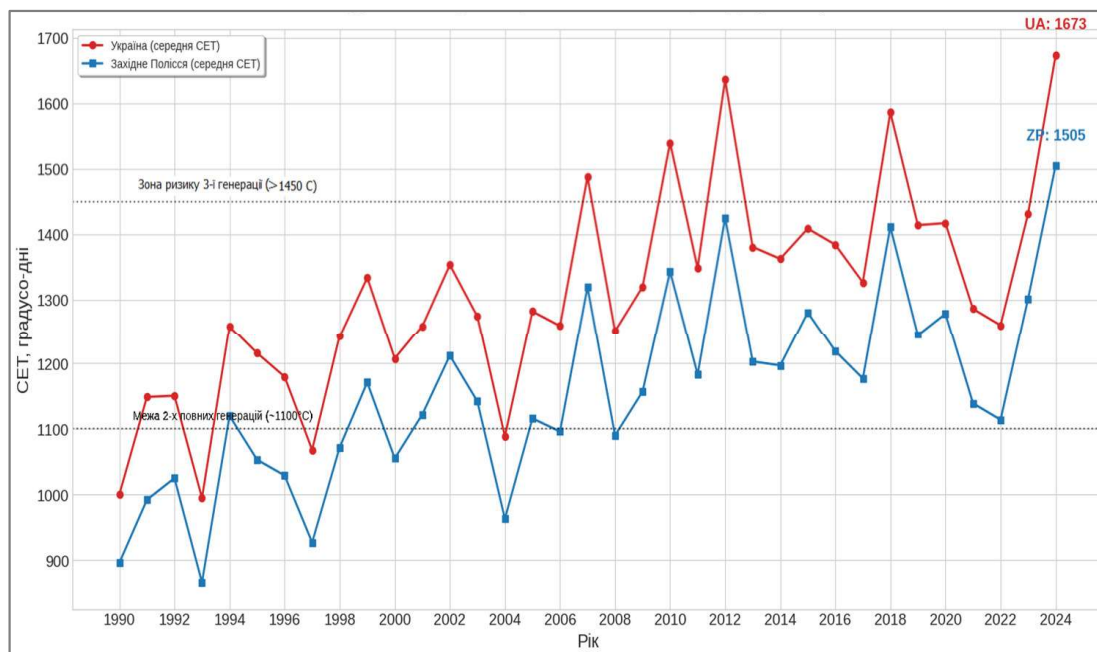


Рис. 2. Динаміка середньорічних показників суми ефективних температур (>10° C)

Такий рівень теплозабезпечення перевищує поріг у 1450° C, що створює енергетичне підґрунтя для безперешкодного розвитку не лише двох повних генерацій бавовникової совки (*Helicoverpa armigera*), а й формування третьої, факультативної генерації. Фактично, за сумою накопиченого тепла умови Західного Полісся наразі відповідають кліматичним параметрам Північного Степу кінця ХХ століття.

З огляду на зазначені зміни, традиційний «календарний» підхід до захисту рослин визнано повністю неефективним. Пропонується перехід до адаптивної системи інтегрованого захисту, в основі якої лежить прецизійний інструментальний моніторинг.

Окремого аналізу потребує зміна режиму зволоження. Традиційно Полісся характеризувалося гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) на рівні 1,3–1,5, що відповідало зоні достатнього зволоження. За останні п'ять років цей показник знизився до 0,9–1,0, що вказує на посилення посушливості. Проте, на відміну від класичного Степу, де низький ГТК корелює з критично низькою відносною вологістю повітря, на Поліссі ситуація є іншою. Завдяки високій лісистості, наявності значних площ боліт та розвиненій гідрографічній мережі, відносна вологість повітря навіть у спекотні дні утримується на рівні 50–60%. Таке унікальне поєднання високих температур із достатньою вологістю має вирішальне значення для популяційної динаміки

H. armigera, оскільки ембріональний розвиток цього виду жорстко лімітується дефіцитом вологи: при вологості нижче 40% значна частина яєць гине внаслідок десикації. Умови Західного Полісся виявилися більш сприятливими для виживання преімагінальних стадій, ніж умови посушливого півдня, що зумовлює високу щільність популяції у період вегетації.

На основі отриманих термічних констант та даних польового моніторингу встановлено факт кардинальної зміни фенології шкідника (таблиця). Виліт імаго перезимувалої популяції змістився на третю декаду травня, що на 25–30 днів раніше середньобагаторічних строків минулих десятиліть. Це явище зумовлене більш інтенсивним прогріванням ґрунту у весняний період. Ранній виліт дозволяє першій генерації завершити повний цикл розвитку вже у першій половині липня. Кормовою базою для першої генерації слугують переважно бур'яни та вегетативні органи ранніх посівів культурних рослин. Економічний вплив першої генерації є мінімальним, проте вона має суттєве біологічне значення, оскільки слугує основою для формування та нарощування чисельності наступних генерацій.

Головну загрозу становить друга генерація, розвиток якої відбувається у липні-серпні за умов температурного оптимуму. Завдяки високим температурам тривалість ембріонального та личинкового розвитку скорочується, що призводить до вибухоподібного зростання чисельності. У роки з теплою осінню фіксується відродження личинок третьої генерації, які завдають шкоди пізнім посівам сої та овочевим культурам.

Таблиця

Порівняльна характеристика циклів розвитку бавовникової совки в умовах Західного Полісся

Параметр порівняння	Період стабільних 2-х генерацій (базовий)	Період 2020–2025 рр. (сучасний)
Типові межі СЕТ (понад 10° С)	1050–1250 градусо-днів	1300–1670 градусо-днів
Тип онтогенезу	Переважно моновольтинний з переходом до бівольтинного	Стабільний бівольтинний (2 генерації) з елементами тривольтинного
Статус 3-ї генерації	Відсутня (не вистачає термічних ресурсів)	Факультативна: відродження личинок у теплий період (вересень-жовтень)

продовження таблиці

Зимівля лялечок	Нестійка, залежна від суворих зим	Стабільна (15–35% виживання) через м'які зими
Початок весняного льоту	Пізній (переважно за рахунок мігрантів з півдня)	Ранній (на 3–4 тижні раніше за рахунок реактивації автохтонної популяції)
Трофічна синхронізація	Часткова синхронізація 2-ї генерації	Жорстка фенологічна синхронізація 2-ї генерації з цвітінням кукурудзи та соняшнику

Ключовим, лімітуючим аспектом адаптації та натуралізації *Helicoverpa armigera* в умовах Західного Полісся є фізіологія перезимівлі. Довгий час у вітчизняній та європейській ентомологічній літературі домінувала парадигма, згідно з якою популяції бавовникової совки на північ від Карпат та 48-ї паралелі є виключно ефемерними. Вважалося, що вони щорічно оновлюються за рахунок дальнього зальоту імаго із зон субтропічного клімату і повністю вимирають у зимовий період. Багаторічні дослідження переконливо спростовують це твердження для сучасного кліматичного періоду, демонструючи формування стійких осередків відтворення.

Зимуючою стадією є лялечка, яка знаходиться у стані факультативної діапаузи у ґрунті на глибині 5–10 см. Перехід у цей стан не є спонтанною реакцією на холод, а регулюється складним нейрогуморальним механізмом. Сигнальним фактором для початку підготовки до зими є скорочення довжини світлового дня до 12–14 годин у поєднанні зі зниженням середньодобових температур до +18...+20° С у період розвитку гусені старших віків. Це запускає каскад гормональних змін: блокування секреції проторакотропного гормону призводить до зупинки виділення екдизону, що консервує організм на стадії лялечки, зупиняючи морфогенез.

Фізіологічною межею виживання діапаузуючих лялечок вважається температура -13° С у середовищі перебування. Проте механізм холодостійкості *H. armigera* є більш складним і базується на стратегії уникнення замерзання. Біохімічна основа цього процесу полягає у дегідратації тканин та активному синтезі кріопротекторів. У процесі підготовки до зими глікоген жирового тіла активно трансформується у низькомолекулярні вуглеводи та багатоатомні спирти. Гліцерин та сорбіт діють за колігативним принципом,

знижуючи температуру кристалізації внутрішньоклітинної рідини (точку переохолодження) до екстремальних значень $-22...-24^{\circ}\text{C}$. Трегалоза відіграє роль стабілізатора клітинних мембран та білкових структур, запобігаючи їх денатурації в умовах низьких температур. Важливо розрізняти точку миттєвого замерзання, при досягненні якої відбувається кристалізація рідин і миттєва смерть, та нижню летальну температуру, яка залежить від часу експозиції. Тривале перебування лялечки при температурі нижче -13°C викликає незворотні метаболічні порушення, накопичення токсичних продуктів обміну та загибель організму навіть без утворення льоду всередині тіла.

Моніторинг температурного режиму ґрунту на глибині залягання лялечок у Рівненській та Волинській областях за останні п'ять років показав, що температура на цьому горизонті практично ніколи не опускається до критичних летальних значень (див рис. 1). Мінімальні зафіксовані температури становили $-4...-7^{\circ}\text{C}$, що є абсолютно безпечним для діапаузуючої стадії. Вирішальну буферну роль у цьому відіграє наявність снігового покриву. Сніг, завдяки своїй пористій структурі, має низьку теплопровідність і виступає високоефективним термоізолятором. Навіть при мінімальній потужності сніговий екран нівелює вплив короточасних атмосферних морозів до $-20...-25^{\circ}\text{C}$, утримуючи температуру ґрунту в зоні комфорту. Тут спостерігається цікавий «кліматичний парадокс Полісся»: умови зимівлі у північному регіоні виявилися більш сприятливими для теплолюбного виду, ніж умови південного Степу. У Степовій зоні через сильні вітри та низьку кількість опадів взимку часто спостерігаються так звані «чорні морози» – зниження температури повітря при відсутності снігу. Це призводить до глибокого промерзання ґрунту і масової загибелі зимуючого запасу шкідника. Натомість на Поліссі стабільний сніговий покрив та висока вологість ґрунту гарантують виживання популяції. Високий відсоток успішної перезимівлі свідчить про завершення процесу формування стійкої автохтонної популяції. Це має фундаментальне значення для стратегії захисту рослин: місцева популяція, що перезимувала, реактивується навесні значно раніше, ніж прибувають перші мігранти з півдня, що призводить до більш раннього заселення посівів. Крім того, відбувається природний відбір на користь холодостійких генотипів, що з кожним поколінням робить місцеву популяцію все більш адаптованою до специфічних умов регіону.

Детальний аналіз трофічних зв'язків виявив наявність жорсткої фенологічної синхронізації другої генерації совки з критичними етапами органогенезу рослин-господарів, що свідчить про глибоку

кoeволюційну адаптацію. У посівах кукурудзи пік льоту метеликів та масова яйцекладка ідеально збігаються з фазою викидання волоті та цвітіння качана. Цей зв'язок регулюється складними механізмами хемокомунікації. Рослини кукурудзи у фазі цвітіння виділяють специфічний букет летких органічних сполук – рослинних кайромонів. Ці речовини сприймаються нюховими рецепторами на антенах самок совки і діють як потужні атрактанти, дозволяючи їм безпомилково ідентифікувати рослини з найвищою поживною цінністю для потомства на значних відстанях [5]. Гусінь, що відроджується на приймочках (рильцях) качанів, має специфічну поведінкову стратегію. Протягом короткого часу вона живиться ніжними тканинами рилець, а потім проникає під обгортку качана через верхівку. Там вона переходить до прихованого способу життя, живлячись зерном у фазі молочної та молочно-воскової стиглості. Товсті обгортки качана створюють ефект «екологічного щита», захищаючи личинку від дії контактних інсектицидів, сонячної радіації та хижих комах. Аналогічний механізм синхронізації спостерігається на соняшнику, де розвиток гусені співпадає з фазою цвітіння та наливу насіння. Гусінь пошкоджує трубчасті квітки, сім'янки та паренхіму кошика, що призводить не лише до прямих втрат врожаю, але й до суттєвого зниження олійності насіння внаслідок окислювальних процесів у пошкоджених тканинах [6; 7].

Шкодочинність бавовникової совки в регіоні має яскраво виражений кумулятивний характер. Прямі втрати зерна кукурудзи внаслідок живлення гусені можуть становити значні обсяги залежно від гібриду та фону мінерального живлення. Проте набагато більшу загрозу становить погіршення санітарної якості та безпечності продукції. Пошкодження цілісності обгорток качана та тканин кошика соняшнику спричиняє проникнення вторинної інфекції, насамперед фітопатогенних грибів роду *Fusarium*. В умовах підвищеної вологості повітря, характерної для Полісся у серпні-вересні, розвиток фузаріозу на пошкоджених тканинах відбувається за типом епіфітотійного вибуху. Гриби використовують пошкоджені тканини, збагачені цукрами та амінокислотами, як ідеальний субстрат для росту міцелію. У процесі життєдіяльності фузарієві гриби продукують вторинні метаболіти – мікотоксини, які є сильними токсикантами, мутагенами та канцерогенами [8]. Домінуючими токсинами є фумонізени, зеараленон та дезоксиніваленон. Навіть при візуально незначному пошкодженні вміст токсинів може перевищувати гранично допустимі рівні у десятки разів. Таке зерно стає непридатним для використання у харчовій промисловості та тваринництві, спричиняючи токсикози у

тварин та завдаючи виробникам колосальних непрямих збитків. Отже, контроль чисельності бавовникової совки слід розглядати не лише як агрономічний захід, але і як важливий елемент стратегії забезпечення харчової безпеки [9].

На основі отриманих результатів розроблено концепцію адаптивної системи інтегрованого захисту рослин для умов Західного Полісся. Ключовим постулатом є визнання повної неефективності традиційного «календарного» підходу до захисту. Фундаментом стратегії має стати прецизійний інструментальний моніторинг (рис. 3). Встановлення феромонних пасток рекомендовано проводити починаючи з 20–25 травня. Економічний поріг шкодочинності, який є сигналом до початку активних дій, становить вилов 3–5 самців на добу протягом трьох днів поспіль. Після фіксації піку льоту проводиться розрахунок сум ефективних температур для точного визначення періоду масового відродження гусені, що є критичним вікном для застосування засобів захисту.

У системі заходів контролю безумовний пріоритет надається біологічним методам. Висока природна ємність агроландшафтів Полісся щодо ентомофагів та наявність стацій резервації створює сприятливі умови для використання методу сезонної колонізації яйцеїда трихограми (*Trichogramma evanescens*). Враховуючи розтягнутий період яйцекладки совки, який може тривати до трьох тижнів, рекомендовано застосовувати метод «насичення»: дво- або трикратний випуск ентомофага з інтервалом 5–7 днів.

Перший випуск проводиться на початку яйцекладки, другий – у період масової яйцекладки.

Норма випуску становить 100–150 тисяч самиць на гектар. Технічна ефективність цього методу при дотриманні технології сягає 75–85%, що дозволяє суттєво знизити пестицидне навантаження на агроценоз. Також перспективним є використання біопрепаратів на основі вірусів ядерного полієдрозу, які характеризуються високою специфічністю та екологічною безпекою.

Хімічний захист від бавовникової совки ускладнюється глобальною проблемою резистентності. Популяції шкідника характеризуються високим рівнем метаболічної резистентності до піретроїдних інсектицидів. Цей механізм базується на гіперактивації ферментних систем детоксикації (цитохром-залежних монооксигеназ та неспецифічних естераз), які швидко руйнують молекулу інсектициду. Крім того, застосування піретроїдів у період високих літніх температур є малоефективним через негативний температурний коефіцієнт токсичності цієї групи сполук. Тому

стратегія хімічного захисту повинна базуватися на суворій ротації препаратів з використанням нових хімічних класів: антраніламідів, які блокують ріанодинові рецептори м'язових волокон, викликаючи параліч комахи, та інгібіторів синтезу хітину, які порушують процеси линьки.

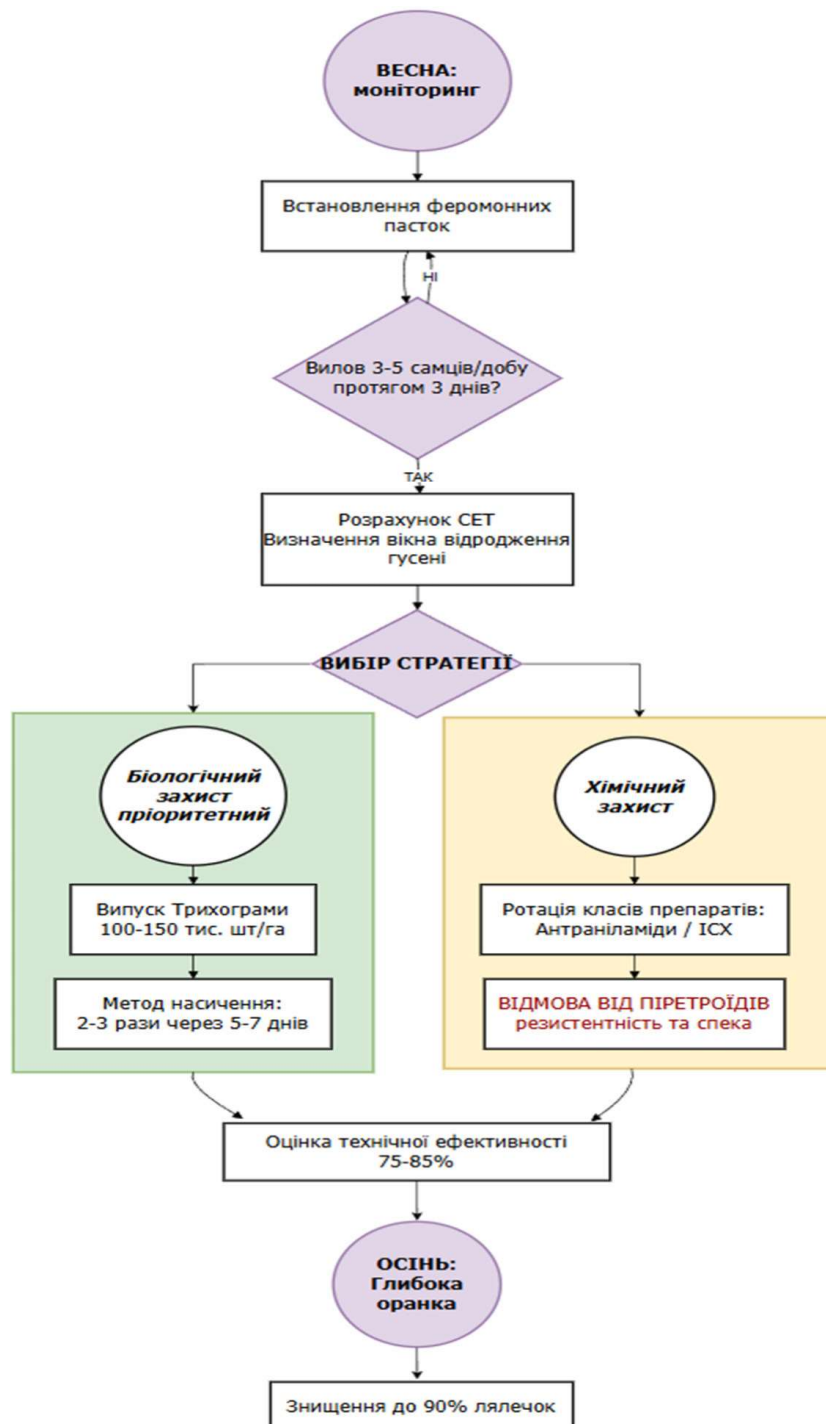


Рис. 3. Стратегія прецизійного захисту агроценозів від *Helicoverpa armigera* в умовах змін клімату

Ці сполуки мають виражену овіларвіцидну дію, знищуючи шкідника на стадіях яйця та личинки молодшого віку, і при цьому є толерантними до корисної ентомофауни. Важливим елементом стратегії є також агротехнічні заходи: повернення до глибокої оранки у сівозмінах з високою часткою просапних культур дозволяє механічно знищувати до 90% зимуючого запасу лялечок, порушуючи цикл відтворення популяції.

Висновки:

1. Західне Полісся трансформувалося із зони тимчасового заселення бавовниковою совкою у зону її стабільної натуралізації. Регіональне потепління зі швидкістю $+0,67^{\circ}\text{C}$ за десятиліття та зростання суми ефективних температур понад 1500°C сформували умови для розвитку двох повних та третьої факультативної генерації шкідника.

2. Доведено формування стійкої автохтонної популяції *H. armigera*. Завдяки стабільному сніговому покриву та високій вологості ґрунту температура на глибині залягання лялечок не досягає критичних -13°C , що забезпечує високий відсоток виживання та ранню весняну реактивацію місцевих особин.

3. Запропоновано адаптивну систему, що базується на прецизійному феромонному моніторингу, який дозволяє точно визначити критичне вікно для застосування засобів контролю. Встановлено пріоритетність біологічного методу регуляції чисельності. Випуск трихограми (*Trichogramma evanescens*) за методом насичення забезпечує технічну ефективність на рівні 75–85%, дозволяючи суттєво знизити пестицидне навантаження на агроценози.

4. Визначено необхідність суворої ротації інсектицидів із відмовою від піретроїдів на користь антраніламідів та інгібіторів синтезу хітину. Використання препаратів із овіларвіцидною дією у поєднанні з глибокою оранкою, яка знищує до 90% зимуючих лялечок, є основою сучасної антирезистентної стратегії в регіоні.

1. Адаменко Т. І. Агрокліматичне зонування території України з врахуванням зміни клімату. Київ : РА «Глосарій», 2014. 80 с. 2. Федоренко В. П., Чайка В. М., Баклан О. А. Лускокрилі шкідники кукурудзи та соняшнику в умовах змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 9. С. 12–19. DOI: 10.31073/agrovisnyk202009-02. 3. Лісовий М. М. Ентомологічні ризики у сучасних технологіях вирощування зернових культур на Поліссі. *Захист і карантин рослин*. 2019. Вип. 65. С. 45–52. 4. Чайка В. М. Зміни видової структури комплексу совок у агроценозах Лісостепу України. *Український*

ентомологічний журнал. 2018. № 2. С. 34–41. **5.** Cunningham J., Moore C., Zalucki M., West S. Learning, odour preference and flower foraging in moths. *The Journal of experimental biology*, 2004. Vol. 207. P. 87–94. Doi: 10.1242/jeb.00733. **6.** Білявська Л., Білявський Ю., Кулик М. Бавовникова совка (*Helicoverpa armigera* Hbn.): особливості розвитку, поширення та шкідливість. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Вип. 26. С. 37–42. Doi: 10.31210/spi2023.26.01.06. **7.** Dodda Chowdappa S., Nebapure S. M., Chander S. Assessment of avoidable yield loss due to pod borer, *Helicoverpa armigera* in Chickpea. *Indian Journal of Entomology*. 2018. Vol. 80, No. 3. P. 525–529. <https://doi.org/10.5958/0974-8172.2018.00097.4> **8.** Logrieco A., Mulè G., Moretti A. and Bottalico A. Toxigenic *Fusarium* Species and Mycotoxins Associated with Maize Ear Rot in Europe. *European Journal of Plant Pathology*. 2002. Vol. 108. P. 597–609. <https://doi.org/10.1023/A:1020679029993> **9.** Поспелов С., Поспелова Г., Нечипоренко Н., Міщенко О., Черняк О., Скляр С., Іванічко О. Аналіз фітопатогенного стану посівів соняшнику в період вегетації за різних агрокліматичних умов. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 4. С. 133–141. Doi:10.31210/visnyk2021.04.17

REFERENCES:

1. Adamenko T. I. Ahroklimatychne zonuвання terytorii Ukrainy z vrakhuvanniam zminy klimatu. Kyiv : RA «Hlosarii», 2014. 80 s. **2.** Fedorenko V. P., Chaika V. M., Baklan O. A. Luskokryli shkidnyky kukurudzy ta soniashnyku v umovakh zmin klimatu. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2020. № 9. S. 12–19. DOI: 10.31073/agrovisnyk202009-02. **3.** Lisovyi M. M. Entomolohichni ryzyky u suchasnykh tekhnolohiiakh vyroshchuvannia zernovykh kultur na Polissi. *Zakhyst i karantyn roslyn*. 2019. Vyp. 65. S. 45–52. **4.** Chaika V. M. Zminy vydovoi struktury kompleksu sovok u ahrotsenozakh Lisostepu Ukrainy. *Ukrainskyi entomolohichni zhurnal*. 2018. № 2. S. 34–41. **5.** Cunningham J., Moore C., Zalucki M., West S. Learning, odour preference and flower foraging in moths. *The Journal of experimental biology*. 2004. Vol. 207. P. 87–94. Doi: 10.1242/jeb.00733. **6.** Biliavska L., Biliavskiy Yu., Kulyk M. Bavovnykova sovka (*Helicoverpa armigera* Hbn.): osoblyvosti rozvytku, poshyrennia ta shkidlyvist. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Vyp. 26. S. 37–42. Doi: 10.31210/spi2023.26.01.06. **7.** Dodda Chowdappa S., Nebapure S. M., Chander S. Assessment of avoidable yield loss due to pod borer, *Helicoverpa armigera* in Chickpea. *Indian Journal of Entomology*. 2018. Vol. 80, No. 3. P. 525–529. <https://doi.org/10.5958/0974-8172.2018.00097.4> **8.** Logrieco A., Mulè G., Moretti A. and Bottalico A. Toxigenic *Fusarium* Species and Mycotoxins Associated with Maize Ear Rot in Europe. *European Journal of Plant Pathology*. 2002. Vol. 108. P. 597–609. <https://doi.org/10.1023/A:1020679029993> **9.** Pospelov S., Pospelova H., Netchyporenko N., Mishchenko O., Cherniak O., Skliar S., Ivanichko O. Analiz fitopatohennoho stanu posiviv soniashnyku v period vechetatsii za riznykh ahroklimatychnykh umov. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2021. № 4. S. 133–141. Doi:10.31210/visnyk2021.04.17

Solodka T. M. [1; ORCID ID: 0000-0001-7265-4706],
Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Yashchenko L. A. [1; ORCID ID: 0000-0003-1407-0133],
Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Oliinyk O. O. [1; ORCID ID: 0000-0002-0796-6022],
Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor

¹ National University of Water and Environmental Engineering, Rivne

MODIFICATION OF *HELICOVERPA ARMIGERA* ONTOGENESIS UNDER CLIMATE CHANGE AS A BASIS FOR AN ADAPTIVE PRECISION PROTECTION SYSTEM IN WESTERN POLISSIA

Under conditions of global climate change, a profound restructuring of agroecosystem organization is taking place, accompanied by shifts in species ranges and alterations in the biology of many economically important insect pests. Particularly sensitive to transformations in the thermal regime are highly adaptable polyphagous species capable of rapidly modifying their developmental phenology and establishing stable populations in novel agroclimatic zones. In this context, the study of naturalization processes of southern phytophagous insects in more northern regions of Ukraine, as well as the development of scientifically substantiated approaches to regulating their population density, is of high relevance.

This article presents the results of a comprehensive investigation into the adaptation of the cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* Hbn.) and substantiates an effective strategy for regulating its population under conditions of agroclimatic transformation in Western Polissia, particularly within Rivne and Volyn oblasts. A persistent trend toward an increase in mean annual air temperature of $+0.67^{\circ}\text{C}$ per decade has been identified, accompanied by a substantial rise in the accumulated sums of effective temperatures exceeding 1500°C . Under such conditions, *H. armigera* transitions to a stable bivoltine developmental pattern with the formation of a facultative third generation. The combination of elevated thermal background and relatively high air humidity (50–60%) creates favorable conditions for the survival of preimaginal stages and ensures successful overwintering of the autochthonous pest population. A cumulative nature of phytophagous damage has been documented, whereby direct yield losses in maize and sunflower are exacerbated by an increased risk of product contamination with mycotoxins (fumonisins and zearalenone) resulting from the epiphytotic development of *Fusarium* spp. at sites of insect injury. Based on the research findings, the necessity of abandoning the traditional calendar-based plant protection approach is substantiated, and an adaptive integrated pest management

system is proposed. This system relies on precision instrumental monitoring, biological population regulation using *Trichogramma evanescens*, and an anti-resistance chemical strategy centred on the use of anthranilamides and chitin synthesis inhibitors, combined with agronomic measures aimed at the destruction of overwintering pupae.

Keywords: *Helicoverpa armigera*; Western Polissya; climate change; growing degree-days; mycotoxins; integrated pest management; *Trichogramma*; food safety.

Отримано: 19 листопада 2025 року
Прорецензовано: 25 листопада 2025 року
Прийнято до друку: 28 листопада 2025 року