

УДК 632.7:[591.3:591.9]

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.23>

АЛГОРИТМИ ПРОГНОЗУВАННЯ І МЕЖІ ПЕРЕДБАЧУВАНOSTІ МАСОВИХ РОЗМНОЖЕНЬ ШКІДЛИВИХ КОМАХ ЗГІДНО МЕТОДОЛОГІЇ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ

Станкевич С.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого захисту
і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0002-8300-2591

Забродіна І.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого захисту
і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0001-8122-9250

Жукова Л.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого захисту
і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0003-1549-8019

Меленті В.О. – PhD,

старший викладач кафедри зоології, ентомології, фітопатології,
інтегрованого захисту і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0003-4196-5274

Кошеляєва Я.В. – к.с.-г.н.,

викладач кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого захисту
і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0002-5164-3204

Відповідно до класичної (лінійної) методології динаміка популяцій – це зміни їхньої чисельності та популяційної структури (організації) у просторі та часі, залежно від абіотичних та біотичних чинників, при цьому зміни можна передбачати як у перспективі, так і ретроспективі. Таким є механізм прогнозування у захисті рослин під час розробки річних та багаторічних прогнозів в Україні. Шляхом виконання теоретичного синтезу інформації про закономірності популяційної динаміки деяких комах-шкідників сільськогосподарських рослин на підставі минулого та сьогодення авторами проведено аналіз багаторічної динаміки чисельності популяцій комах та зроблено спробу розробити алгоритми прогнозування сезонних та річних змін чисельності комах. Для цього використано сценарний метод прогнозування та прийняття рішень у захисті рослин. Таким чином, використовувати як предиктор розробки багаторічних і річних фітосанітарних прогнозів температуру повітря та показники опадів за вегетаційний період не рекомендується. При цьому багатьма дослідниками показано, що при прогнозуванні (передбаченні) необхідно переходити до методів статистики об'єктів нечислової природи, яка інтенсивно розвивається останнім часом. У нашому випадку – це хроніка масових розмножень шкідливих комах. У фітосанітарній прогностиці такий підхід з урахуванням локалізації режимів загострення у просторі й часі дозволяє розробляти багаторічні якісні прогнози початку чергових масових розмножень шкідливих комах із випередженням до 5 років. Як предиктор використовують роки різких змін сонячної активності. Відповідно до синергетичних

уявлень, остання перестас бути цілком випадковим процесом. Цей процес модулюється 22-річною циклічністю магнітного поля та 11-річною повторюваністю чисел Вольфа (W). Враховуючи, що числа Вольфа визначають досить грубо, можна розраховувати трохи більше одного циклу. Для якісного прогнозу, що відповідає на актуальне питання коли і де слід очікувати початок чергового масового розмноження того чи іншого виду шкідливої комахи цього цілком достатньо.

Ключові слова: комах, шкідники, динаміка популяцій, масові розмноження, хроніка, циклічність, прогноз, біфуркації, синергетика.

Stankevych S.V., Zabrodina I.V., Zhukova L.V., Melenti V.O., Koshelyeva Ya.V. Prognostication algorithms and predictability ranges of mass reproduction of harmful insects according to the method of nonlinear dynamics

According to the classical (linear) methodology, population dynamics are changes in their number and population structure (organization) in space and time, depending on abiotic and biotic factors, while changes can be predicted both in the future and in the past. This is the mechanism of forecasting in plant protection during the development of annual and multi-year forecasts in Ukraine. By performing a theoretical synthesis of information on the patterns of population dynamics of some insect pests of agricultural plants based on the past and present, the authors analyzed the multi-year dynamics of insect populations and attempted to develop algorithms for predicting seasonal and annual changes in insect numbers. For this purpose, a scenario method of forecasting and decision-making in plant protection was used. Thus, it is not recommended to use air temperature and precipitation rates for the growing season as a predictor for the development of multi-year and annual phytosanitary forecasts. At the same time, many researchers have shown that when forecasting (forecasting), it is necessary to switch to methods of statistics of objects of non-numerical nature, which has been intensively developing recently. In our case, this is the chronicle of mass reproduction of harmful insects. In phytosanitary forecasting, such an approach, taking into account the localization of exacerbation regimes in space and time, allows developing multi-year qualitative forecasts of the beginning of the next mass reproduction of harmful insects with an advance of up to 5 years. Years of sharp changes in solar activity are used as a predictor. According to synergetic ideas, the latter ceases to be a completely random process. This process is modulated by the 22-year cyclicity of the magnetic field and the 11-year repeatability of the Wolf numbers (W). Considering that the Wolf numbers are determined quite roughly, it is possible to calculate a little more than one cycle. This is quite enough for a high-quality forecast that answers the urgent question of when and where to expect the beginning of the next mass reproduction of a particular species of harmful insect.

Key words: insects, pests, population dynamics, mass reproduction, chronicle, cyclicity, forecast, bifurcations, synergism.

Відповідно до класичної (лінійної) методології динаміка популяцій – це зміни їхньої чисельності та популяційної структури (організації) у просторі та часі, залежно від абіотичних та біотичних чинників. При цьому зміни можна передбачати як у перспективі, так і ретроспективі. Так, принаймні, орієнтоване прогнозування захисту рослин під час розробки річних та багаторічних прогнозів в Україні. А якщо прогнози не виправдовуються або спалахи масових розмножень деяких широко поширених видів шкідливих комах виникають несподівано, то починається пошук можливих причин. Методологія вирішення «завдань на загострення» з нетрадиційного погляду розглядає ряд класичних завдань не тільки метеорології (катастрофічні явища в атмосфері Землі – жорстокі посухи!), а й екології. При цьому вплив малих збурень різне, залежно не тільки від ряду чинників, але і від стадії розвитку процесу (масового розмноження), і від місця розташування, чи потрапляє воно в центр популяційної локалізації або на її периферію. Масове збурення взагалі може не відігравати жодної ролі і повністю «забувається», якщо на квазістаціонарній стадії воно потрапило на периферію структури (периферію ареалу географічної чи локальної популяції).

Матеріали та методи. Шляхом виконання теоретичного синтезу інформації про закономірності популяційної динаміки деяких комах-шкідників сільськогосподарських рослин на підставі минулого та сьогодення проведено аналіз

багаторічної динаміки чисельності популяцій комах та зроблено спробу розробити алгоритми прогнозування сезонних та річних змін чисельності комах. Для цього використано сценарний метод прогнозування та прийняття рішень у захисті рослин [1–42].

Результати досліджень. Совка озима – *Scotia (Agrotis) segetum* (Denis & Schiffermüller, 1775). Масові розмноження цього шкідника були зафіксовані в Україні 20 разів: у 1813–1819, 1823–1825, 1836–1842, 1846–1850, 1855–1856, 1867–1868, 1880–1881, 1892–1896, 1899–1900, 1907–1909, 1915–1919, 1923–1925, 1934–1941, 1946–1950, 1955–1957, 1964–1968, 1971–1973, 1981–1984, 1997–1998 і 2007–2008 рр. Середній період між початком чергових масових розмножень – 9 років. 19 масових розмножень (95 %) совки озимої точно співпадали з роками різких змін сонячної активності і лише 1 (5 %) у 1846–1850 рр. було через рік після них. Передостаннє масове розмноження цього шкідника було у 2007–2008 рр. Максимум чисельності спостерігався у 2007 р. (рік жорсткої посухи) до 2007 р. +9 років (середні дослідження) і виходить, що чергові масові розмноження слід було очікувати у 2016–2017 роках. (тобто 2016 + 1 рік), а найімовірніше з 2018 р. Так і відбулося 21 масове розмноження, яке тривало до 2020 р.

У липні–серпні 2017 р. спостерігалася найжорстокіша посуха у Європі. Згідно з фундаментальною закономірністю нерівноважної термодинаміки та синергетики, режими із загостренням, можуть проявитися після посухи – тим більше в минулому вже було масове розмноження совки озимої в 1918 р. Воно фіксувалося не лише в Україні, а й в Англії, Африці, Болгарії, Угорщині, Німеччині, Єгипті, Росії та Чехословаччині (блукання масових розмножень в ареалі).

Метелик лучний – *Margaritia sticticalis* (Linnaeus, 1761). Його масові розмноження мали місце 12 разів у 1855, 1869, 1880, 1901, 1912–1913, 1920–1921, 1929–1932, 1935–1936, 1956, 1975, 1986–1988 і 2011–2013 рр. Середній період між початком чергових масових розмножень – 13 років. З 12 масових розмножень 11 (92 %) починалися точно в роки різких змін сонячної активності і лише одне (1869 р.) було через один рік. Останнє масове розмноження метелика лучного в Україні було у 2011–2013 рр., найбільше – у 2013 р., а отже наступне масове розмноження слід очікувати через 13 років – починаючи з 2026 р.

Не виключено, що найжорстокіша Засуха 2017 може викликати резонансне збудження на нелінійну динаміку метелика лугового і масове розмноження його почнеться з 2018 року (імовірно). (Білецький, 2011; Білецький, Станкевич, 2018).

Жужелиця хлібна мала – *Zabrus tenebrioides* (Geoeze, 1777). Масові розмноження цього шкідника були задокументовані 13 разів у 1860–1864, 1880–1881, 1903–1905, 1923–1925, 1937–1941, 1947–1948, 1951–1953, 1957–1959, 1961–1963, 1966–1967, 1979–1982, 1991–1993, 2003–2007 рр. Середній період між початком чергових розмножень – 11 років. Із 13 масових розмножень 12 (92 %) точно починалися в роки різких змін сонячної активності і одне (1863) було через рік. Останнє масове розмноження жужелиці хлібної малої в Україні було у 2003–2007 роках. максимум – у 2007 р., отже початок чергового, ймовірно, очікувалося через 11 років – з 2018 р. Так і відбулося 14 масове розмноження, яке тривало до 2020 р.

Жуки хлібні – *Anisoplia sp.* (Dejean, 1821). Масові розмноження їх мали місце в степовій та лісостеповій зоні України 17 разів у 1841–1842, 1845–1846, 1856–1857, 1860–1861, 1868–1869, 1879–1880, 1886–1887, 1896–1903, 1906–1910, 1915–1917, 1924–1925, 1936–1939, 1956–1957, 1962–1964, 1966–1969, 1980–1984, 1996–2007 рр. Середній період – 10 років. 82 % масових розмножень починалися точно в роки різких змін сонячної активності та 18 % – через один рік. До

максимуму їх чисельності у 2007 р.+10 років + 1 рік – наступні масові розмноження цих шкідників слід було очікувати з 2018 р. Так і відбулося 18 масове розмноження, яке тривало до 2020 р.

Клоп-черепашка шкідлива – *Eurygaster integriceps* (Puton, 1881). За 118 років (1890–2008) в Україні було відмічено 11 масових розмножень цього шкідника із середнім періодом між ним 11 років. 1890–1896, 1901–1902, 1909–1912, 1925–1926, 1937–1941, 1950–1956, 1967–1968, 1972–1973, у 1980–1984, 1992–1995, 2008–2009 рр. З них 8 (73 %) були у роки різкої зміни сонячної активності та 3 (27%) через один рік після них. Останнє масове розмноження шкідливої черепашки було у 2008–2009 рр. Із максимумом чисельності у 2009 р. Через 11–12 років (у 2020–2021 рр.) слід очікувати на початок чергового масового розмноження хлібних клопів. Так і відбулося 12 масове розмноження, яке тривало до 2023 р.

Довгоносик буряковий звичайний – *Asproparthenis punctiventris* (Germar, 1824). Його масове розмноження в зоні бурякосіяння України мали місце 18 разів у такі роки: 1851–1855, 1868–1869, 1875–1877, 1880–1881, 1891–1893, 1896–1897, 1904–1906, 1911–1912, 1920–1922, 1928–1930, 1936–1940, 1947–1949, 1952–1957, 1963–1964, 1973–1976, 1986–1988, 1998–2000, 2010–2012 рр. Середній період – 9 років. З 18 масових розмножень 16 (90 %) починалися точно у роки різких змін сонячної активності і лише 2 (10 %) – через рік. Останнє масове розмноження було у 2010–2012 роках. з максимумом чисельності у 2010 р. Отже, початок чергового масового розмноження слід було очікувати починаючи з 2019 р. Так і відбулося 19 масове розмноження, яке тривало до 2021 р.

Ці прогнози було розроблено нами для географічних популяцій всієї України загалом. Однак генетики та екологи установили, що географічні популяції складаються з локальних, а прогноз на рівні географічних нерідко не підтверджується. Враховуючи останнє, ми виконали аналіз багаторічної динаміки чисельності географічної популяції черепашки шкідливої у південних, східних та центральних областях України та виділили локальні популяції цього шкідника. Згідно з нашими дослідженнями, останні зосереджені в колишніх Барвінківському, Куп'янському, Лозівському та Харківському районах Харківської області; Біловодському, Білокуракінському, Сватівському та Старобільському районах Луганської області; Бахмутському, Володарському, Волноваському районах Донецької області; Доменському, Знам'янському, Маловисківському районах Кіровоградської області; Домашівському, Овідіопольському, Ренійському, Татарбунаському районах Одеської області; Васильківському, Криворізькому, П'ятихатському, Софіївському, Солов'янському районах Дніпропетровської області; Баштанському, Братському, Вознесенському, Володимирському районах Миколаївської області; Якимівському, Мелітопольському, Михайлівському та Приморському районах Запорізької області; Високопільському та Чаплинському районах Херсонської області; у Червоногвардійському, Старокримському та Феодосійському районах Автономної Республіки Крим.

Для аналізу багаторічної динаміки локальних популяцій клопа-черепашки шкідливої нами використано в якості показника коефіцієнти розмножень, маса самців і самок, співвідношення статей, статевий індекс, відсоток у популяції чорних особин (табл. 1).

З даних табл. 1 слідує, що коефіцієнт розмноження куп'янської популяції клопа-черепашки шкідливої значно варіював і збільшувався від 0,3 до 34 або збільшувався і знижувався, відповідно, у 113 разів. Маса самців змінювалася від 94 до 128 мг або в 1,4 раза; а самиць – від 101 до 160 мг чи 1,6 раза. Показовими були зміни статевого індексу. В окремі роки кількість самців, в порівнянні з кількістю самиць, збільшувалася в 1,3–3,5 раза, особливо в роки масових розмножень

клопа-черепашки шкідливої куп'янської локальної популяції: 1970, 1984–1985, 1987–1988, 1990–1993 рр., а у 1996 г. відповідно в 3,6 раза. Збільшення кількості самців у локальній популяції можна пояснити тим, що у 1993–1995 рр. намітилася депресія у розмноженні цієї локальної популяції, причому коефіцієнт розмноження у ці роки знизився з 4-х (1993 р.) до 0,3 (1995 р.). У відповідь ріст чисельності 1996 р. різко зросла частка самців у популяції – до 78 %. Це підтверджує теорію Г.О. Вікторова, згідно з якою регулювання чисельності комах – це автоматичний кібернетичний процес за участю зворотного негативного зв'язку, як механізму.

Таблиця 1

Зміна структури та чисельності локальної популяції клопа-черепашки шкідливої у 1969–2001 рр.

Роки	Коефіцієнт розмноження	Маса, мг		Співвідношення у %		Статевий індекс	Частка меланістів, %
		самців	самиць	самців	самиць		
1969	8	107	115	55	45	1,2	4,0
1970	12	116	122	60	40	1,5	5,0
1971	7	124	130	51	49	1,0	3,0
1972	6	123	126	47	53	0,9	4,0
1973	7	110	119	37	63	0,6	6,0
1974	2	119	124	52	47	1,1	1,0
1975	2	119	124	53	47	1,1	0,8
1976	2	118	123	52	48	1,1	0,5
1977	1	дані відсутні		50	50	1,0	-
1978	1	дані відсутні		50	50	1,0	-
1979	2	дані відсутні		50	50	1,0	-
1980	2	121	126	50	50	1,0	-
1981	3	124	129	52	48	1,1	1,0
1982	12	128	160	53	47	1,0	3,0
1983	10	117	121	43	57	0,7	3,0
1984	25	120	132	57	43	1,3	12,0
1985	34	101	123	61	39	1,5	10,0
1986	4	120	126	50	50	1,0	5,0
1987	20	125	135	64	36	1,8	2,0
1988	5	127	136	61	39	1,6	105
1989	10	116	127	50	50	1,0	1,4
1990	10	120	122	67	33	2,0	2,2
1991	5	128	134	69	31	2,2	3,0
1992	10	108	122	72	28	2,6	10,0
1993	4	125	134	70	30	2,3	4,0
1994	1,0	97	123	60	40	1,5	1,0
1995	0,3	122	129	50	50	1,0	0,3
1996	4,0	98	136	78	22	3,5	4,0
1997	0,8	94	101	61	39	1,5	0,8
1998	5,0	101	112	60	40	1,5	1,0
1999	0,7	97	105	44	56	0,8	0,5
2000	13,0	105	115	70	30	2,3	3,0
2001	2,0	133	138	50	50	1,0	0,8

Примітка: статевий індекс більше одиниці – у популяції домінують самці, менше – самиці.

Нині встановлено зв'язок статевого складу популяції з її чисельністю. При цьому екологи розглядають динаміку статевого складу популяції, як один із адаптивних механізмів регуляції чисельності. Крім того, є дані, які показують, що протягом популяційних циклів тварин змінюється не тільки чисельність, а й вікова та генетична структура, фізіологічні властивості особин та інші популяційні показники.

Зміни екологічної структури ізюмської локальної популяції клопа-черепашки шкідливої наведено у табл. 2. Як бачимо їй також характерні циклічні зміни екологічної структури (організації). Її раптове масове розмноження відзначив ще М.М. Соколов – один із засновників учення про клопа-черепашку шкідливу, який у 1901 р. писав: «У середній росії черепашка з'явилася спочатку в Харківській губернії, за середньою течією Дінця, саме в Ізюмському повіті. Після цього вона перейшла в Куп'янський і Старобільський повіти тієї ж губернії, так само як і Бахмутський повіт Катеринославської губернії».

Таблиця 2

**Зміна екологічної структури ізюмської локальної популяції
клопа-черепашки шкідливої у 1987–2001 рр.**

Роки	Щільність популяції, екз./1 м ²		Коефіцієнт розмноження	Маса, мг		Співвідно- шення у %		Статевий індекс
	клопів, що перезимували	личинок нової генерації		самців	самиць	самців	самиць	
1987	1,0	2,7	2,7	123	130	42	58	0,7
1988	0,5	3,9	7,8	117	120	56	44	1,3
1989	0,5	2,5	5,0	116	123	48	52	0,9
1990	0,2	0,5	2,5	114	126	48	52	0,9
1991	0,2	0,5	2,5	119	132	45	55	0,8
1992	0,3	1,8	6,0	122	135	45	50	1,0
1993	0,2	2,0	10,0	119	130	50	50	1,0
1994	0,2	1,8	9,0	120	125	50	50	1,0
1995	0,3	1,7	6,0	135	140	50	50	1,0
1996	0,2	2,0	10,0	128	131	40	60	0,7
1997	0,3	6,0	20,0	110	120	50	50	1,0
1998	0,8	1,0	1,0	121	139	39	61	0,6
1999	4,0	5,0	1,0	105	109	45	55	0,9
2000	0,8	1,0	1,0	105	112	48	52	0,9
2001	2,1	5,2	2,5	111	118	45	55	0,9

Аналіз динаміки ізюмської та куп'янської локальних популяцій клопа-черепашки шкідливої дозволили нам відзначити неспівпадіння масових розмножень у часі, а також блукання осередків у ізюмській локальній популяції, як одну з властивостей нелінійних динамічних систем.

Наприклад, у 1993 р. з кінця травня до середини липня спостерігалася похмура погода з високою вологістю повітря та повною відсутністю сонячного сяйва. Незважаючи на несприятливі погодні умови, всі райони Харківської області відмітили початок чергового наростання чисельності клопа-черепашки шкідливої.

Роком початку чергового масового розмноження черепашки шкідливої у Харківській області був 1997 р., коли у степовому Лозівському та лісостеповому

Харківському районах коефіцієнт розмноження цього шкідника досяг відповідно 17 та 16 (табл. 3).

У 1998 р. для розмноження клопа-черепашки шкідливої у Харківській області склалися сприятливі погодні умови, особливо у весняно-літній період (найжорсткіша посуха). Проте, коефіцієнт розмноження цього шкідника загалом по області становив 1,8 (1997 р. – 3,9). У Лозівському районі він був майже 4,0, у Харківському 1,2, а в Ізюмському районі – одному з найстаріших первинних осередків масового розмноження клопа-черепашки шкідливої досягав лише 1,0, тобто масове розмноження завершилося.

Таблиця 3

**Динаміка чисельності клопа-черепашки шкідливої
в деяких районах Харківської обл. у 1997 р.**

Район	Коефіцієнт розмноження	Співвідношення у %		Статевий індекс
		самців	самиць	
Барвінківський	1,3	70	30	2,3
Богодухівський	2,2	44	56	0,8
Вовчанський	4,0	52	48	1,08
Зміївський	2,0	45	55	0,8
Ізюмський	20,0	42	58	0,8
Красноградський	2,0	50	50	1,0
Куп'янський	0,8	61	39	1,6
Лозівський	17,0	65	35	1,8
Першотравневий	3,8	33	67	0,5
Харківський	16,0	74	26	2,8

Методологія вирішення «завдань на загострення» з нетрадиційного погляду розглядає ряд класичних завдань не лише метеорології (катастрофічні явища у атмосфері Землі – жорстокі посухи!), а й екології. При цьому вплив малих збурень різний, залежно не тільки від ряду чинників, але і стадії розвитку процесу (масового розмноження), і від місця розташування, чи потрапляє воно в центр популяційної локалізації або на її периферію. Масове збурення взагалі може не відігравати жодної ролі і повністю «забувається», якщо на квазістаціонарній стадії воно потрапило на периферію структури (периферію ареалу географічної чи локальної популяції). Так початок чергового масового розмноження черепашки шкідливої у 1997 р. (на периферії ареалу харківської географічної популяції (Харківський район). В ареалі області це масове розмноження завершилося вже в 1999 році. Але якщо чисельність популяції зросла настільки, що перевищила поріг повільного зростання (в період депресії), то її ріст відбувається надшвидко в режимі загострення. В такому випадку передбачуваність початку чергового масового розмноження практично неможлива. Це пояснюється тим, що нелінійність динаміки популяцій – це можливість несподіваних змін напрямів таких процесів. А їхня нелінійність робить принципово ненадійними і недостатніми досить поширені прогнози-екстраполяції від наявного.

Відповідно до класичної (лінійної) методології динаміка популяцій – це зміни їхньої чисельності та популяційної структури (організації) у просторі та часі, залежно від абіотичних та біотичних чинників. При цьому зміни можна передбачати як у перспективі, так і у ретроспективі. Так, принаймні, орієнтоване

прогнозування захисту рослин під час розробки річних та багаторічних прогнозів в Україні. А якщо прогнози не виправдовуються або спалахи масових розмножень деяких широко поширених видів шкідливих комах виникають несподівано, то починається пошук можливих причин.

Так було після глобальних масових розмножень метелика лучного (*Margaritia sticticalis* (Linnaeus, 1761)) у 1975 та 1986–1988 рр. і передостаннього масового розмноження цього шкідника в Україні у 2011–2013 рр. Аналізуючи це, українські екологи стверджували, що незважаючи на успіхи, досягнуті в процесі досліджень динаміки популяцій, обґрунтування закономірностей періодичних розмножень метелика лучного та синхронності з циклами сонячної активності, цей шкідник завжди з'являється «несподівано» і «раптово», саме тоді, коли на нього не очікують.

В результаті системного синтезу існуючих концептуальних уявлень про закономірності популяційної динаміки комах та методи прогнозування у захисті рослин ми дійшли наступних методологічних висновків:

- існуючі концепції про закономірності динаміки популяцій комах та методи прогнозування у захисті рослин застаріли і не відповідають сучасним уявленням нерівноважної термодинаміки та синергетики (нелінійної динаміки);

- з них випливає, що динаміка популяцій комах є нелінійною та хаотичною, при цьому її провідним механізмом слід вважати позитивний нелінійний зворотний зв'язок;

- «основні» чинники лінійної динаміки – температура та опади – через наявність дивних атракторів не прогнозуються достовірно на строк до 2-х тижнів, тим більше на наступний рік чи сезон;

- для популяційної динаміки комах властиві режими із загостренням, які виникають спонтанно у будь-якій частині їхнього видового ареалу і «блукання» в межах останнього;

- прогнозування методами екстраполяції від наявної фітосанітарної обстановки не дає бажаних результатів, адже такі прогнози практично не виправдовуються);

- нове з'являється у нелінійних системах у результаті біфуркацій як раптове, непередбачене та непередбачуване;

- зовнішнє середовище в умовах якого відбуваються процеси популяційної мінливості містить дискретні (такі, що перериваються) структури – атрактори, при цьому навіть незначні флуктуації (температури, опадів, посухи, різкі зміни сонячної радіації, тривалості сонячного сйва, сонячної активності, введення нових прийомів агротехніки, застосування пестицидів і т.д.) в результаті резонансних взаємодій можуть викликати надшвидке нелінійне зростання чисельності комах;

- для розробки алгоритмів прогнозування початку чергових масових розмножень шкідливих комах слід використовувати якісну інформацію. Цій вимозі відповідає хроніка масових розмножень за багаторічний історичний період, а як предиктор (критерій) роки різких змін сонячної активності;

- коли популяційна динаміка у процесі еволюції досягає точки біфуркації, її практично неможливо описати (формалізувати) на лінійному рівні. Система перебуває у стані детермінованого хаосу, з якого в процесі самоорганізації формується нова структура. У цьому стані система стає дуже чутливою до стресових чинників, тому майбутня її траєкторія стає стохастичною і практично непрогнозованою;

- перебудова структури (організація) починається у всій популяції в зоні локалізації. Залежно від стану початкової зони локалізації, яка вище або нижче за пороговий рівень, масове розмноження може припинитися або поширитися на всю систему;

– це становище добре ілюструє основні проблеми прогнозування масових розмножень шкідливих комах. Коли населення наближається до точки біфуркації (спалаху масового розмноження), надійний прогноз часу та місця практично неможливі. При цьому спалах масового розмноження може статися, але не в Україні, а в інших регіонах, що входять до ареалу конкретного виду шкідливої комах;

– теоретично надійний прогноз можливий, коли популяції шкідника перебувають у відносно стабільному стані чи в депресії;

– з урахуванням цього положення було достовірно передбачено чергові масові розмноження метелика лугового на території України з випередженням 4–7 років.

У 2011 р. режими із загостренням або виникнення локальних осередків з високою щільністю гусениць метелика лучного виникли у південних, східних та місцями у центральних областях України. У 2012 р. тривало наростання чисельності цього шкідника також у північних областях, винищувальні заходи проти гусениць було проведено на площі 460 тис. га. У 2013 р. площа, заселення шкідником у 2,7 раза перевищила площу 2012 р., а винищувальні заходи було проведено на площі 1,222 млн га. Станом на 2014 р. було заплановано обробити до 3 млн га, а по факту оброблено лише 93 тис. га. Отже, 2013 р. був фактично останнім роком чергового масового розмноження метелика лучного в Україні.

Слід відмітити, що останній спалах масового розмноження також в Забайкальському краї, а потім у Сибірському федеральному окрузі тривав також 3 роки (2008–2010 рр.), де спочатку щільність гусениць, що зимують, була у середньому 8 екз./м². У першій половині 2010 р. масове розмноження метелика було зареєстровано в Алтайському краї, Новосибірській та Челябінській областях, у республіках Хакасії та Татарстані. Особливо показовим було масове розмноження метелика лучного у Воронежській області у першій половині 2010 р. Незважаючи на жорстоку посуху під час масового льоту і відкладання яєць самицями, вони мали добре розвинене жирове тіло та зрілу яйцепродукцію. Це суперечить думці переважної більшості екологів, про те, що в період масового льоту і відкладання яєць метеликами цього шкідника відсутність опадів і низька відносна вологість повітря є основною причиною безпліддя комах.

Всупереч думці більшості дослідників, температура повітря та опади не є «основними чинниками» динаміки популяцій комах. Оригінальні дослідження у зв'язку з цим були проведені в центральному Лісостепу України доктором с.-г. наук з Інституту захисту рослин ННАН О.О. Стригуном на прикладі звичайного бурякового довгоноса. За період 1970–2001 рр. чисельність останнього варіювала від 1 до 11 екз./м² у весняний період та від 1,4 до 16,3 екз./м² – в осінній. За цей період автор виділив роки значних спалахів чисельності цього шкідника, а саме, 1974–1977, 1985–1987, 1994–1995 та 2001 рр. Проаналізувавши показники сум ефективних температур та гідротермічних коефіцієнтів за зазначений період, він дійшов висновку, що метеорологічні умови протягом вегетації та зимуючого періоду зовсім не дають пояснення багаторічної зміни чисельності популяції шкідника.

Таким чином, використовувати як предиктор розробки багаторічних і річних фітосанітарних прогнозів температуру повітря та показники опадів за вегетаційний період не рекомендується. При цьому багатьма дослідниками показано, що при прогнозуванні (передбаченні) необхідно переходити до методів статистики об'єктів нечислової природи, яка інтенсивно розвивається останнім часом. У нашому випадку – це хроніка масових розмножень шкідливих комах. Зазначене уявлення було вперше обґрунтовано ще Германом Хакеном, як принцип циклічної причинності методу параметрами порядку та хаосу.

У фітосанітарній прогностиці такий підхід з урахуванням локалізації режимів загострення у просторі й часі дозволяє розробляти багаторічні якісні прогнози початку чергових масових розмножень шкідливих комах із випередженням до 5 років. Як предиктор використовують роки різких змін сонячної активності. Відповідно до синергетичних уявлень, остання перестає бути цілком випадковим процесом. Цей процес модулюється 22-річною циклічністю магнітного поля та 11-річною повторюваністю чисел Вольфа (W). При цьому динамічна система, що визначає сонячну активність («сонячну погоду» за О. Чижевським) містить дивний атрактор, а, отже, має чутливість до початкових умов. Враховуючи, що числа Вольфа визначають досить грубо, можна розраховувати трохи більше одного циклу. Для якісного прогнозу, що відповідає на актуальне питання коли і де слід очікувати початок чергового масового розмноження того чи іншого виду шкідливої комахи цього цілком достатньо.

Висновки

1. Всупереч думці більшості дослідників, температура повітря та опади не є «основними чинниками» динаміки популяцій комах. Разом із тим багатьма дослідниками показано, що під час прогнозування (передбачення) необхідно переходити до методів статистики об'єктів нечислової природи, що інтенсивно розвивається останнім часом. У нашому випадку – це хроніка масових розмножень шкідливих комах.

2. У зв'язку з цим рекомендується сценарний метод прогнозування та прийняття рішень щодо захисту рослин. Цей підхід, заснований на методології нелінійної динаміки (синергетичної парадигми) та дає можливість завчасно визначити осередки виникнення режимів із загостренням та приймати оптимальні рішення у захисті рослин. А прогнозний сценарій буде не передбаченням майбутнього, а елементами властивого природі еволюційного процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Білецький Є.М., Туренко В.П. Методологія прогнозу. *Захист рослин*. 2002. № 7. С. 2–4.
2. Білецька Н.Є. Закономірності і прогноз масового розмноження локальних популяцій шкідливої черепашки. *Захист рослин*. 2003. № 1. С. 6–8.
3. Білецький Є.М. Закономірності прогнозу масового розмноження лучного метелика. *Карантин і захист рослин*. 2004. № 9. С. 11–13.
4. Білецький Є.М. Теорія і технологія багаторічного прогнозу. *Інтегрований захист рослин на початку XXI століття: матер. Міжнар. наук.-практ. конф.* Київ: Аспект-Поліграф, 2004. С. 29–36.
5. Білецький Є. Теорія і технологія багаторічного прогнозу в захисті рослин. *Науковий вісник АНВШУ*. Київ, 2005. № 3 (29). С. 57–70.
6. Білецький Є.М. Харківські екологи – засновники фітосанітарного прогнозування. *Вісник ХНАУ. Серія «Фітопатологія та ентомологія»*. 2013. № 10. С. 33–45.
7. Білецький Є.М., Малюкіна Д.І. Про екологічний та фітосанітарний стан агроценозів в Україні. *Економіка АПК: міжнародний науково-виробничий журнал*. 2015. № 11. С. 30–35.
8. Білецький Є.М., Станкевич С.В. Нелінійна динаміка популяцій комах. Режими із загостренням і можливість прогнозування. *Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 85-річчю факультету захисту рослин (1932–2017) Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва «Фундаментальні і прикладні проблеми сучасної екології та захисту рослин»*. 14–15 вересня 2017 р. Харків: ХНАУ, 2017. С. 16–18.

9. Білецький Є.М., Станкевич С.В. Теорія циклічності динаміки популяцій комах. *Перші Сазановські читання: матер. Всеукр. наук.-практич. Конф., присвячений 100-річчю заснування Полтавської державної аграрної академії, м. Полтава, 27 листопада 2020 р.* Полтава: ПДАА, 2020. С. 115–119.
10. Довгань С.В. Моделі прогнозу розвитку та розмноження фітофагів: монографія. Херсон: Айлант, 2009. 208 с.
11. Кравченко В.П., Чайка В.М. Стан популяції лугового метелика в Україні. *Захист і карантин рослин: міжвід. темат. наук. зб.* 2002. Вип. 48. С. 17–25.
12. Станкевич С.В. Динаміка чисельності популяцій комах як елементарний фактор мікроеволюції. *Наукове мислення: Збірник статей учасників вісімнадцятої всеукраїнської практично-пізнавальної інтернет-конференції «Наукова думка сучасності і майбутнього». 28 лютого по 11 березня 2018р.* Дніпро: Видавництво НМ., 2018. С. 35–37.
13. Станкевич С.В. Нелінійність масових розмножень комах як аналоги режимів із загостренням і можливий механізм їхньої катастрофічної чисельності з позиції синергетики. *The international research and practical conference "The development of nature sciences: problems and solutions". Proceedings of the Conference Flora i Vegetation, Zoology, Medico-biological research. April 27-28, 2018. Czech Republic, Brno*, 2018. С. 115–119.
14. Станкевич С.В., Забродіна І.А. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур. Харків: Бровін О.В., 2016. 216 с.
15. Станкевич С.В. Управління чисельністю комах-фітофагів. Харків: ФОП Бровін О.В., 2015. 178 с.
16. Станкевич С.В., Забродіна І.В., Немерицька Л.В. Популяційні цикли комах (у просторі та часі). *Таврійський науковий вісник*. 2022. №127. С. 3–19. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.19>
17. Станкевич С.В., Немерицька Л.В., Журавська І.А. Просторово-часова синхронізація масових розмножень комах. *Таврійський науковий вісник*. 2022. №128. С. 210–220. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.29>
18. Стригун О.О. Вплив метеорологічних умов на багаторічну динаміку чисельності звичайного бурякового довгоносик. *Захист і карантин рослин: міжвід. темат. наук. зб.* 2002. Вип. 48. С.128–139.
19. Трибель С., Стригун О. Увага – небезпека! Спалах масового розмноження лучного метелика. *Пропозиція*. 2012. № 7. С. 76–80. (Початок).
20. Трибель С., Стригун О. Увага – небезпека! Спалах масового розмноження лучного метелика. *Пропозиція*. 2012. №9. С. 18–71. (Закінчення).
21. Чайка В.М. Екологічне обґрунтування прогнозу розповсюдження основних шкідників польових культур в агроценозах України. *Інтегрований захист рослин на початку ХХІ століття: матер. Міжнар. наук.-практ. конф.* Київ: Аспект-Поліграф, 2004. С. 119–125.
22. Чайка В.М. Еколого-фізіологічні аспекти динаміки популяцій комах фітофагів. *Захист і карантин рослин: міжвід. темат. наук. зб.* 2000. Вип. 48. С. 3–10.
23. Чайка В.М. Моніторинг фітосанітарного стану агроценозів. Стратегія і тактика захисту рослин. Т.1. Стратегія. Київ: Альфа-стевія, 2012. Р. 10. С. 409–416.
24. Чайка В.М., Бакланова О.В., Сердюк І.С. Поширення саранових. Екологічні закономірності на території України. *Карантин і захист рослин*. 2010. №8. С. 2–5.
25. Чайка В.М., Мельничук М.Д., Бакланова О.В., Сердюк І.С. Саранові. Екологія популяцій, моніторинг, прогноз. Київ, 2009. 246 с.
26. Constanito R.F., Deshamais R.A., Cushing J.M., Brian D. Caetic dynamics in an insect population. *Scence*. 1997. V. 275, № 5298. P. 389–391.
27. Cushing J. Nonliner dynamics in insect populations From egulibna to chaos, from mathematical models to laboratory experiments. *Tagungsber. Math. Forsehun, Oberwolttach*. 1996. № 40. P. 4–5.

28. Logan J.A., Allen I.S. Nonlinear dynamics and chaos in insect populations. *Arn. Rov. Entomol.* 1992. V. 37. P. 455–477.
 29. Klimetzek D. Insektenvermehrungen und Sonnen – flecken. *Forst. Wissensch. Cenbriff.* 1976. S. 226–238.
 30. Lutyska N. V., Stankevych S. V., Zabrodina I. V. et al. Soybean insect pests: a review of Ukrainian and world data. *Ukrainian journal of ecology.* 2019. №9 (3). P. 262–274.
 31. Mayr E. The growth of biological thought. Cambridge: Harvard University Press, 1982. 975 p.
 32. Miyashita K. Outbreaks and population fluctuau – tions of insects, with special reference to agricultural insect pest i Japan. *Bull. Wat., just. Agric. Sci.* 1963. № 15. S. 19–50.
 33. Naconechna Yu. O., Stankevych S. V., Zabrodina I. V. et al. Distribution area of *Hyphantria cunea* Drury: the analysis of Ukrainian and world data. *Ukrainian journal of ecology.* 2019. №9 (3). P. 262–274.
 34. Spencer H. A theory of population, deducted from the general law of animal fertility. *Westminster.* 1852. № 57. S. 468–501.
 35. Stankevych S., Zabrodina I., Zhukova L., Bezpalko V., Nemerytska L. Mass breeding technology of the predatory mite phytoseiulus by the box method and its application in plant protection. Ecology, Biotechnology, Agriculture and Forestry in the 21st century: problems and solutions. Monograph. Edited by S. Stankevych, O. Mandych. Tallinn: Teadmus OÜ, 2024. P. 170–176.
 36. Stankevych S.V. Algorithms of forecasting beginning of the next mass reproduction of some. *Austria science.* 2018. №17. P. 17–21.
 37. Stankevych S.V., Biletskyj Ye.M., Golovan L.V. Polycyclic character, synchronism and nonlinearity of insect population dynamics and prognostication problem: monograph. Kharkiv: Publishing House I. Ivanchenko, 2020. 133 p
 38. Stankevych, S.V., Baidyk, H.V., Lezhenina, I.P. et al. Wandering of mass reproduction of harmful insects within the natural habitat. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2019. 9(4), 578–583. 10.15421/2019_793
 39. Stankevych, S.V., Biletskyj, Ye.M., Zabrodina, I.V. et al. Cycle populations dynamics of harmful insects. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020. 10(3), 147–161. 10.15421/2020_148
 40. Stankevych, S.V., Biletskyj, Ye.M., Zabrodina, I.V. et al. Prognostication algorithms and predictability ranges of mass reproduction of harmful insects according to the method of nonliner dynamics. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020. 10(1), 37–42. 10.15421/2020_8
 41. Stankevych, S.V., Biletskyj, Ye.M., Zabrodina, I.V. et al. Prognostication in plant protection. Review of the past, present and future of nonliner dynamics method. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020. 10(4), 225–234. 10.15421/2020_192
 42. Stankevych, S.V., Vasylieva, Yu.V., Golovan, L.V. et al. Chronicle of insect pests massive reproduction. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2019. 9(1), 262–274.
-