

УДК 574.3: 595.7

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.37>

АЛГОРИТМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПРЕДЕЛЫ ПРЕДСКАЗУЕМОСТИ МАССОВЫХ РАЗМНОЖЕНИЙ ВРЕДНЫХ НАСЕКОМЫХ СОГЛАСНО МЕТОДОЛОГИИ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ

Станкевич С.В. – к.с.-х.н., доцент, доцент кафедры зоологии
и энтомологии имени Б.М. Литвинова,

Харьковский национальный аграрный университет имени В.В. Докучаева

Белецкий Е.Н. – д.б.н., профессор, академик Академии наук высшего образования,
профессор кафедры экологии и биотехнологии,

Харьковский национальный аграрный университет имени В.В. Докучаева

Авторами проанализированы теоретические возможности прогнозирования динамики численности и массовых размножений некоторых видов вредных насекомых. Произведён теоретический синтез информации о закономерностях популяционной динамики наиболее распространённых насекомых-вредителей сельскохозяйственных растений с точки зрения методологии нелинейной динамики и синергетики. На основании прошлого и настоящего проведен анализ многолетней динамики численности популяций насекомых и предпринята попытка разработать алгоритмы прогнозирования сезонных и годичных изменений численности насекомых. Вопреки мнению большинства исследователей, температура воздуха и осадки не являются «основными факторами» динамики популяций насекомых. При этом многими исследователями показано, что при прогнозировании (предсказании) необходимо переходить к методам статистики объектов нечисловой природы, которая интенсивно развивается в последнее время. В нашем случае – это хроника массовых размножений вредных насекомых. Для этого авторы рекомендуют сценарный метод прогнозирования и принятия решений в защите растений: с помощью фитосанитарного мониторинга определяют начало очередного массового размножения (возникновения режима с обострением); на основе фитосанитарного прогноза производится обостренная ситуация, которая сложилась или складывается в хозяйстве, районе, области, регионе; на основе краткосрочного прогнозирования (сигнализации) рекомендуется принятие оптимального решения в защите той или иной культуры с учетом экономического порога вредоносности. По мнению авторов, такой подход, основанный на методологии нелинейной динамики (синергетической парадигмы) дает возможность заблаговременно определить очаги режимов с обострением и принять оптимальные решения в защите растений. А прогнозный сценарий будет не предсказанием будущего, а элементами эволюционного процесса, свойственного природе.

Ключевые слова: динамика популяций, популяционные циклы, численность насекомых, синергетический подход, нелинейная динамика, прогнозирование.

Станкевич С.В., Білецький Є.М. Алгоритми прогнозування і межі передбачуваності масових розмножень шкідливих комах згідно з методологією нелінійної динаміки

Авторами проаналізовано теоретичні можливості прогнозування динаміки чисельності та масових розмножень деяких видів шкідливих комах. Зроблено теоретичний синтез інформації про закономірності популяційної динаміки найбільш поширених комах-шкідників сільськогосподарських рослин з точки зору методології нелінійної динаміки і синергетики. На підставі минулого і сьогодення проведено аналіз багаторічної динаміки чисельності популяцій комах і зроблена спроба розробити алгоритми прогнозування сезонних і річних змін чисельності комах. Всупереч думці більшості досліджень, температура повітря й опади не є «основними факторами» динаміки популяцій комах. 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. Для цього автори рекомендують сценарний метод прогнозування і прийняття рішень в захисті рослин: за допомогою фітосанітарного моніторингу визначають початок чергового

масового розмноження (виникнення режиму із загостренням); на основі фітосанітарного прогнозу проводиться загострення ситуації, яка склалася або складається в господарстві, районі, області, регіоні; на основі короткострокового прогнозування (сигналізації) рекомендується прийняття оптимального рішення в захисті тієї чи іншої культури з урахуванням економічного порогу шкідливості. На думку авторів, такий підхід, заснований на методології нелінійної динаміки (синергетичної парадигми) дає можливість завчасно визначити осередки режимів із загостренням і прийняти оптимальні рішення у захисті рослин. А прогнозний сценарій буде не пророкуванням майбутнього, а елементами еволюційного процесу, властивого природі.

Ключові слова: динаміка популяцій, популяційні цикли, чисельність комах, синергетичний підхід, нелінійна динаміка, прогнозування.

Stankevych S.V., Biletsky E.N. Prognostication algorithms and predictability ranges of mass reproduction of harmful insects according to the method of nonlinear dynamics

The authors have analysed the theoretical possibilities of prognostication of the dynamics in the number and mass reproduction of some species of harmful insects. A theoretical synthesis of the information on the regularities of the population dynamics of the most common insect pests of agricultural plants from the point of view of the methodology of nonlinear dynamics and synergetics has been done. Based on the past and present an analysis of the many-year dynamics in the number of the insect populations has been carried out and an attempt to develop the algorithms for prognostication of the seasonal and annual changes in the number of the insects has been made. To do this the authors recommend a scenario-based method of prognostication and making decisions in plant protection. Using the phytosanitary monitoring, they determine the beginning of the regular mass reproduction (the appearance of an aggravated rate) and then, based on the phytosanitary prognosis, an aggravation of the situation that has developed or is being developing on the farm, in the district or in the region is made; after that, on the basis of the short-term prognosis (signaling), it is recommended to make the optimal decision to protect a particular crop taking into account the economic threshold of harmfulness. According to the authors, this approach, based on the methodology of nonlinear dynamics (synergetic paradigm), makes it possible to determine in advance the breeding grounds of the aggravated rates and make the optimal decisions in plant protection. The predicted scenario will not be a prognostication of the future, but the elements of an evolutionary process inherent in nature.

Key words: population dynamics, population cycles, insects number, synergetic approach, nonlinear dynamics, prognostication.

Постановка проблеми. Согласно классической (линейной) методологии динамика популяций – это изменения их численности и популяционной структуры (организации) в пространстве и во времени в зависимости от абиотических и биотических факторов. При этом изменения можно предвидеть как в перспективе, так и в ретроспективе. Так, по крайней мере, ориентировано прогнозирование в защите растений при разработке годовых и многолетних прогнозов в Украине. А если прогнозы не оправдываются или вспышки массовых размножений некоторых широко распространенных видов вредных насекомых возникают «неожиданно», то начинается поиск возможных причин. Методология решения «задач на обострение» с нетрадиционной точки зрения рассматривает ряд классических задач не только метеорологии (катастрофические явления в атмосфере Земли – жестокие засухи!), но и экологии. При этом влияние малых возмущений различно в зависимости не только от ряда факторов, но и стадии развития процесса (массового размножения), и от месторасположения, попадает ли оно в центр популяционной локализации или на ее периферию. Массовое возмущение вообще может не играть никакой роли и полностью «забывается», если на квазистационарной стадии оно попало на периферию структуры (периферию ареала географической или локальной популяции).

Материалы и методы. Путём выполнения теоретического синтеза информации о закономерностях популяционной динамики некоторых насекомых-вредителей сельскохозяйственных растений на основании прошлого и настоящего проведен анализ многолетней динамики численности популяций насекомых

и предпринята попытка разработать алгоритмы прогнозирования сезонных и годичных изменений численности насекомых. Для этого использован сценарный метод прогнозирования и принятия решений в защите растений.

Изложение основного материала исследования.

Алгоритмы прогнозирования начала очередных массовых размножений некоторых насекомых-вредителей в Украине

Совка озимая. Массовые размножения этого вредителя были в 1823–1825, 1836–1840, 1846–1850, 1861–1863, 1871–1873, 1880–1881, 1893–1836, 1899–1900, 1907–1908, 1918, 1923–1925, 1935–1937, 1946–1950, 1956–1957, 1964–1968, 1971–1973, 1981–1984, 1997–1998, 2007–2008 гг. Средний период между началом очередных массовых размножений – 9 лет. Из 20-ти массовых размножений совки озимой 19 (95% точно совками с годами резких изменений солнечной активности и одно (1846–1850 гг.) было через один год после них (5%). Последнее массовое размножение этого вредителя было в 2007–2008 гг. Максимум численности в 2007 г. (год жесткой засухи) к 2007 г.+9 лет (средние исследования) и выходит, что очередные массовые размножения следует ожидать в 2016–2017 гг. (т.е. 2016 + 1 год), а вероятнее с 2018 г. [8; 11].

Жесточайшая засуха и в Европе в 2017 г. (в июле–августе) согласно фундаментальной закономерности неравновесной термодинамики и синергетики, а именно режим с обострением, могут проявиться после засухи – тем более в прошлом уже было массовое размножение совки озимой в 1918 г. Не только в Украине, но и в Англии, Африке, Болгарии, Венгрии, Германии, Египте, России и Чехословакии (блуждание массовых размножений в ареале) [8; 11].

Мотылек луговой. Его массовое размножения имели место в 1855, 1869, 1880, 1901, 1912–1913, 1920–1921, 1929–1932, 1935–1936, 1956, 1975, 1986–1988 и 2011–2013 гг. Средний период между началом очередных массовых размножений – 13 лет. Из 12 массовых размножений 11 (92%) начинались точно в годы резких изменений солнечной активности и только одно (в 1869 г.) было через один год. Последнее массовое размножение мотылька лугового в Украине было 2011–2013 гг., самый максимум – в 2013 г., а значит следующее массовое размножение следует ожидать через 13 лет – с 2026 г.

Не исключено, что жесточайшая Засуха 2017 г. может вызвать резонансное возбуждение на нелинейную динамику мотылька лугового и массовое размножение его начнётся с 2018 года (предположительно) [8; 11].

Жужелица хлебная. Массовые размножения этого вредителя были в 1863–1864, 1880–1881, 1903–1905, 1923–1925, 1931–1932, 1946–1947, 1952–1953, 1957–1959, 1963–1964, 1966–1967, 1979–1984, 1991–1992 и 2003–2007 гг. Средний период между началом очередных размножений – 11 лет. Из 13 массовых размножений 12 (92%) точно начинались в годы резких изменений солнечной активности и одно (1863 г.) было через год. Последнее массовое размножение жужелицы хлебной в Украине было в 2003–2007 гг. максимум – в 2007 г., следовательно начало очередного, вероятно, можно ожидать через 11 лет – с 2018 г. [8; 11].

Жуки хлебные. Массовые размножения их имели место в степной и лесостепной зоне Украины в 1840–1842, 1845–1846, 1856–1857, 1860–1861, 1868–1869, 1879–1880, 1886–1887, 1962–1964, 1966–1969, 1980–1984 и 2003–2007 гг. Средний период – 10 лет. 82% массовых размножений начинались точно в годы резких изменений солнечной активности и 18% – через один год. К максимуму их численности в 2007 г.+10 лет + 1 год – следующие массовые размножения этих вредителей следует ожидать с 2018 г. [8; 11].

Черепашка вредная. За 118 лет (1890–2008) в Украине было 11 массовых размножений этого вредителя со средним периодом между ним 11 лет. Из них 8 (73%) были в годы резкого изменения солнечной активности и 3 (27%) через один год после них. Последнее массовое размножение вредной черепашки было в 2008–2009 гг. С максимумом численности в 2009 г. Через 11–12 лет (в 2020–2021 гг.) следует ожидать начало очередного массового размножения хлебных клопов [8; 11].

Долгоносик свекловичный обыкновенный. Его массовое размножение в зоне свеклояния Украины имели место в следующие годы: 1851–1855, 1868–1869, 1875–1877, 1880–1881, 1892–1893, 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. Средний период – 9 лет. Из 18 массовых размножений 16 (90%) начинались точно в годы резких изменений солнечной активности и только 2 (10%) – через один год. Последнее массовое размножение этого времени было в 2010–2012 гг. с максимумом численности в 2010 г. Следовательно очередное (начало) следует ожидать начиная с 2019 г. [8; 11].

Этот прогноз разработан нами для географических популяций в целом для Украины. Однако генетики и экологи (Дубинин, 1932; Шмальгаузен, 1946) установили что географические популяции состоят из локальных, а прогноз на уровне географических нередко не подтверждается. Учитывая последнее мы выполнили анализ многолетней динамики численности географической популяций черепашки вредной в южных, восточных и центральных областях Украины и выделили локальные популяции этого вредителя. Согласно нашим исследованиям последние сосредоточены в Барвенковском, Купянском, Лозовском и Харьковском районах Харьковской области; Беловодском, Белокуракинском, Сватовском и Старобельском – Луганской; Артемовском, Володарском, Волновахском районах Донецкой области; Доменском, Знаменском, Маловисковском районах Кировоградской области; Домашевском, Овидиопольском, Ренейском, Татарбурнаском – Одесской области; Васильковском, Криворожском, Пятихатском, Софиевском, Соловянском районах Днепропетровской области; Баштанском, Братском, Вознесенском, Владимирском – Херсонской области; Акимовском, Мелитопольском, Михайловском, и Приморском районах Запорожской области; Высокопольском, Чаплинском – Херсонской области; в Красногвардейском, Старокрымском и Феодосийском районах Автономной Республики Крым.

Для анализа многолетней динамики локальных популяций черепашки вредной нами использованы в качестве показателя коэффициенты размножений, масса самцов и самок, соотношение полов, половой индекс, процент в популяции черных особей (табл. 1).

Из табл. 1 следует, что коэффициент размножения купянской популяции черепашки вредной варьировал значительно и увеличивался от 0,3 до 34 или увеличивался и снижался, соответственно, в 113 раз. Масса самцов изменялась от 94 до 128 мг или в 1,4 раза; самок – от 101 до 160 мг или в 1,6 раза. Показательны были изменения полового индекса.

В отдельные годы количество самцов, в сравнении с количеством самок, увеличивалось в 1,3–3,5 раза, особенно в годы массовых размножений черепашки вредной купянской локальной популяции: 1970, 1984–1985, 1987–1988, 1990–1993 гг., а в 1996 г. соответственно в 3,6 раза. Увеличение количества самцов в локальной популяции можно объяснить следующим, в 1993–1995 гг. наметилась депрессия в размножении этой локальной популяции, причем коэффициент размножения в эти годы снизился с 4-х (1993 г.) до 0,3 (1995 г.). В ответ на размножение численности в 1996 году резко возросло соотношение самцов в популяции (78%).

Таблица 1

**Изменение структуры и численности
локальной популяции черепашки вредной (1969–2001 гг.)**

Годы	Кoeffициент размножения	Масса, мг		Соотношение в %		Половой индекс	% меланистов
		самцов	самок	самцов	самок		
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	нет данных		50	50	1,0	-
1978	1	нет данных		50	50	1,0	-
1979	2	нет данных		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

Примечание: половой индекс больше единицы – в популяции доминируют самцы, меньше – самки

Это подтверждает теорию Г.А. Викторова (Викторов, 1967), согласно которой регуляция численности насекомых – это автоматический кибернетический процесс с участием в качестве механизма обратной отрицательной связи.

В настоящее время установлена связь полового состава популяции с её численностью. При этом экологи рассматривают динамику полового состава популяции, как один из адаптивных механизмов регуляции численности [30]. Кроме того, имеются данные которые показывают, что в течении популяционных циклов животных изменяется не только численность, но и возрастная и генетическая структура, физиологические свойства особей и другие популяционные показатели [30; 13].

Изменение экологической структуры изюмской локальной популяции черепашки вредной приведены в табл. 2.

Для изюмской локальной популяции черепашки вредной также характерны циклические изменения экологической структуры (организации). Внезапное массовое размножение ее отметил Н.Н. Соколов – один из основателей учения о черепашке вредной. В 1901 г. он писал: «В средней России черепашка появилась первоначально в Харьковской губернии, по среднему течению Донца, именно в Изюмском уезде. После она перешла в Купянский и Старобельский уезды той же губернии, а равно в Бахмутский уезд Екатеринославской губернии» [24].

Таблица 2

**Изменение экологической структуры
изюмской локальной популяции черепашки вредной**

Годы	Плотность на на 1 м ²		Коэффициент размноже- ния	Масса, мг		Соотношение, %		Половой индекс
	перезимо- вавших клопов	личинок новой генерации		самцов	самок	самцов	самок	
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

Анализ динамики изюмской и купянской локальных популяций черепашки вредной позволили нам отметить не совпадения на массовых размножений во времени, а также блуждание очагов у изюмской локальной популяции как одно из свойств нелинейных динамических систем.

Например, в 1993 г. с конца мая до середины июля наблюдалась пасмурная погода с высокой влажностью воздуха и полным отсутствием солнечного сияния. Несмотря на неблагоприятные погодные условия, все районы Харьковской области отметили начало очередного нарастания численности черепашки вредной.

Годом начала очередного массового размножения черепашки вредной в Харьковской области был 1997 год, когда в степном Лозовском и лесостепном Харьковском районах коэффициент размножения этого вредителя достиг соответственно 17 и 16 (табл. 3).

Таблица 3

Динамика численности черепашки вредной в некоторых районах Харьковской обл. в 1997 г.

Название района	Коэффициент размножения	Соотношение, %		Половой индекс
		самцов	самок	
Барвенковский	1,3	70	30	2,3
Богодуховский	2,2	44	56	0,8
Волчанский	4,0	52	48	1,08
Змиевской	2,0	45	55	0,8
Изюмский	20,0	42	58	0,8
Красноградский	2,0	50	50	1,0
Купянский	0,8	61	39	1,6
Лозовской	17,0	65	35	1,8
Первомайский	3,8	33	67	0,5
Харьковский	16,0	74	26	2,8

В 1998 г. для размножения черепашки вредной в Харьковской области сложились благоприятные погодные условия, особенно в весенне-летний период (жесточайшая засуха). Тем не менее, коэффициент размножения этого вредителя в целом в области составил 1,8 (в 1997 г. – 3,9). В Лозовском районе он был почти в 4 раза, в Харьковском в – 1,2 раза, а в Изюмском районе одном из старейших первичных очагов массового размножения черепашки вредной достиг всего лишь единицы, т. е. массовое размножение завершилось.

Методология решения «задач на обострение» с нетрадиционной точки зрения рассматривает ряд классических задач не только метеорологии (катастрофические явления в атмосфере Земли – жестокие засухи!), но и экологии. При этом влияние малых возмущений различно в зависимости не только от ряда факторов, но и стадии развития процесса (массового размножения), и от месторасположения, попадает ли оно в центр популяционной локализации или на ее периферию. Массовое возмущение вообще может не играть никакой роли и полностью «забывается», если на квазистационарной стадии оно попало на периферию структуры (периферию ареала географической или локальной популяции). Так начало очередного массового размножения черепашки вредной в 1997 г. (на периферии ареала харьковской географической популяции (Харьковский р-н). В ареале области это массовое размножение завершилось уже в 1999 году. Но если численность популяции выросла настолько, что превзошла порог медленного роста (в период депрессии), то её рост начинается сверхбыстро в режиме обострения. В этом случае предсказуемость начала очередного массового размножения практически невозможна. Это объясняется тем, что нелинейность динамики популяций – это возможность неожиданных изменений направления таких процессов. А их нелинейность делает принципиально ненадежными и недостаточными весьма распространенные до сих пор прогнозы-экстраполяции от наличного.

Пределы предсказуемости массовых размножений вредных насекомых согласно методологии нелинейной динамики

Согласно классической (линейной) методологии динамика популяций – это изменения их численности и популяционной структуры (организации) в пространстве и во времени в зависимости от абиотических и биотических факторов. При этом изменения можно предвидеть как в перспективе, так и в ретроспективе. Так, по крайней мере, ориентировано прогнозирование в защите растений при разработке годичных и многолетних прогнозов в Украине. А если прогнозы не оправдываются или вспышки массовых размножений некоторых широко распространенных видов вредных насекомых возникают «неожиданно», то начинается поиск возможных причин.

Так было после глобальных массовых размножений мотылька лугового в 1975 и 1986–1988 гг. и последнего массового размножения этого вредителя в России в 2008–2010 гг., в Украине 2011–2013 гг. Анализируя последнее, украинские экологи утверждали, что несмотря на успехи, достигнутые в процессе исследований динамики популяций, обоснования закономерностей периодических размножений мотылька лугового и синхронности с циклами солнечной активности, этот вредитель всегда появляется «неожиданно» и «внезапно», «нагоняет страху на службу защиты растений» и также внезапно пропадает, – чтобы вновь появиться в то время когда его не ожидают [29].

В результате системного синтеза существующих концептуальных представлений о закономерностях популяционной динамики насекомых и методах прогнозирования в защите растений авторы пришли к следующим методологическим выводам:

– существующие концепции о закономерностях динамики популяций насекомых и методы прогнозирования в защите растений устарели и не отвечают современным представлениям неравновесной термодинамики и синергетики (нелинейной динамики);

– современные представления последней изложены в рассмотренных нами выше фундаментальных публикациях;

– из них следует, что динамика популяций насекомых является нелинейной и хаотической, при этом ведущим механизмом ее следует считать положительную нелинейную обратную связь;

– «основные» факторы линейной динамики температура и осадки из-за наличия странных аттракторов не прогнозируются достоверно на срок двух недель, тем более на следующий год (сезон);

– для популяционной динамики насекомых свойственны режимы с обострением, возникающие спонтанно в любой части их видового ареала и совершающие «блуждание» в пределах последнего;

– прогнозирование методами экстраполяции от наличной фитосанитарной обстановки не дает желаемых результатов (такие прогнозы практически не оправдываются);

– новое появляется в нелинейных системах в результате бифуркаций как внезапное, непредвиденное и непредсказуемое;

– внешняя среда в условиях которой совершаются процессы популяционной изменчивости содержит дискретные (прерывающиеся) структуры – аттракторы, при этом даже незначительные флуктуации (температуры, осадков, засухи, резкие изменения солнечной радиации, продолжительности солнечного сияния, солнечной активности, введение новых приемов агротехники, применение пестицидов и т.п.)

в результате резонансных взаимодействий могут вызвать сверх быстрый нелинейный рост численности насекомых;

- при разработке алгоритмов прогнозирования начала очередных массовых размножений вредных насекомых следует использовать качественную информацию. Этому требованию отвечает хроника массовых размножений за многолетний исторический период, а в качестве предиктора (критерия) годы резких изменений солнечной активности;

- когда популяционная динамика в процессе эволюции достигает точки бифуркации, ее описать (формализовать) на линейном уровне практически невозможно. Система пребывает в состоянии детерминированного хаоса из которого в процессе самоорганизации формируется новая структура. В этом состоянии система становится весьма чувствительной к стрессовым факторам, поэтому будущая ее траектория становится стохастической и практически непрогнозируемой;

- перестройка структуры (организация) начинается во всей популяции в зоне локализации. В зависимости от состояния начальной зоны локализации, которая выше или ниже порогового уровня, массовое размножение может прекратиться или распространиться на всю систему;

- это положение хорошо иллюстрирует основные проблемы прогнозирования массовых размножений вредных насекомых. Когда популяция приближается к точке бифуркации (вспышке массового размножения), надежный прогноз времени и места практически невозможны. При этом вспышка массового размножения может произойти, но не в Украине, а в других регионах, входящих в видовой ареал конкретного вида вредного насекомого;

- теоретически надежный прогноз возможен, когда популяции вредителя находятся в относительно стабильном состоянии или депрессии;

- с учетом этого положения были достоверно предсказаны очередные массовые размножения мотылька лугового на территории Украины в 1986–1988 и 2011–2013 гг. с упреждением 4–7 лет [5–9].

В 2011 г. режимы с обострением или возникновение локальных очагов с высокой плотностью гусениц мотылька лугового возникли в южных, восточных и местами в центральных областях Украины. В 2012 г. продолжалось нарастание численности этого вредителя в указанных и северных областях республики, истребительные мероприятия против гусениц были проведены на площади 460 тыс. га. В 2013 г. площадь, заселения вредителем в 2,7 раза превысила площадь 2012 г., а истребительные мероприятия были проведены на площади 1 млн 222 тыс. га. На 2014 г. было запланировано от наличной до 3 млн га, обработано всего лишь 93 тыс. га или в 3,5 раза меньше. Следовательно, 2013 г. был фактически последним годом очередного массового размножения мотылька лугового в Украине.

В Российской Федерации последняя вспышка массового размножения также продолжалась три года. Она началась в 2008 г. в Забайкальском крае, затем в Сибирском федеральном округе, где впервые плотность зимующих гусениц была в среднем 8 экз./м². В первой половине 2010 г. массовое размножение мотылька было зарегистрировано в Алтайском крае, Новосибирской и Челябинской областях, в республиках Хакасия и Татарстан.

Особенно показательным было массовое размножение мотылька лугового в Воронежской области в первой половине 2010 г.

Несмотря на жесточайшую засуху во время массового лета и откладки яиц самками, они имели хорошо развитое жировое тело и зрелую яйцепродукцию [21]. Это противоречит установившемуся в литературе мнению подавляющего

большинства экологов о том, что в период массового лета и откладки яиц бабочками мотылька лугового отсутствие осадков и низкая относительная влажность воздуха – основная причина бесплодия последних [23; 22; 16; 15; 27].

Вопреки мнению большинства исследований, температура воздуха и осадки не являются «основными факторами» динамики популяций насекомых [18; 20; 2–4; 28; 26; 21].

Оригинальные исследования в этой связи были проведены в центральной Лесостепи Украины А.А. Стригуном на примере обыкновенного свекловичного долгоносика [26]. За период 1970–2001 гг. численность последнего варьировала – в 1 до 11 экз./м² в весенний период и от 1,4 до 16,3 экз./м² – в осенний. За этот период автор выделил годы значительных всплесков численности этого вредителя, а именно, 1974–1977, 1985–1987, 1994–1995 и 2001 гг. Проанализировав показатели (суммы эффективных температур и гидротермические коэффициенты) за указанный период, он пришел к выводу, что метеорологические условия в течение вегетации и зимующего периода не дают объяснения многолетнего изменения численности популяции обыкновенного свекловичного долгоносика.

Таким образом, температуру воздуха и показатели осадков за вегетационный период использовать в качестве предикторов как разработки многолетних, так и годовых фитосанитарных прогнозов использовать не рекомендуется. При этом многими исследователями показано, что при прогнозировании (предсказании) необходимо переходить к методам статистики объектов нечисловой природы, которая интенсивно развивается в последнее время. В нашем случае – это хроника массовых размножений вредных насекомых. Указанное представление было впервые обосновано Германом Хакеном, как принцип циклической причинности методу параметрами порядка и хаоса.

В фитосанитарной прогностике такой подход с учетом локализации режимов обострения в пространстве и во времени позволяет разрабатывать многолетние качественные прогнозы начала очередных массовых размножений вредных насекомых с упреждением до 5 лет. А в качестве предиктора используют годы резких изменений солнечной активности. Согласно синергетическим представлениям, последняя не является полностью случайным процессом. Этот процесс модулируется 22-летней циклическостью магнитного поля и 11-летней повторяемостью чисел Вольфа (W). При этом динамическая система, определяющая солнечную активность («солнечную погоду» по А. Чижевскому) содержит странный аттрактор, а, следовательно, обладает чувствительностью к начальным условиям. Учитывая, что числа Вольфа определяют довольно грубо, поэтому можно рассчитывать не более одного цикла [19]. Для качественного прогноза, отвечающего на актуальный вопрос когда и где следует ожидать начало очередного массового размножения того или иного вида вредного насекомого этого вполне достаточно.

Выводы и предложения. Вопреки мнению большинства исследований, температура воздуха и осадки не являются «основными факторами» динамики популяций насекомых. При этом многими исследователями показано, что при прогнозировании (предсказании) необходимо переходить к методам статистики объектов нечисловой природы, которая интенсивно развивается в последнее время. В нашем случае – это хроника массовых размножений вредных насекомых.

В связи с этим рекомендуется сценарный метод прогнозирования и принятия решений в защите растений. Такой подход, основанный на методологии нелинейной динамики (синергетической парадигмы) дает возможность заблаговременно определить очаги режимов с обострением и принять оптимальные решения

в защите растений. А прогнозный сценарий будет не предсказанием будущего, а элементами эволюционного процесса, свойственного природе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бабчук И.В., Григоренко В.Г., Гавлинский П.В. и др. Рекомендации по прогнозу развития, распространения и учету численности лугового мотылька. Киев : Урожай, 1983. 24 с.
2. Белановский И. Закономерности в массовых размножениях вредителей в связи с метеорологическими факторами. *Зоол. журн.* 1936. Т. 15 (2). С. 187–216.
3. Белановский И.Д. О массовых размножениях насекомых. *Первая экол. конф. по проблеме «Массовые размножения животных и их прогнозы»: тез. докл.* Ч. 1. Киев : Изд. АН УССР. 1940. С. 8–10.
4. Белановский И.Д. Особенности массовых размножений насекомых и принципы их прогнозирования. *Вторая экол. конф. по проблеме «Массовые размножения животных и их прогнозы»: тез. докл.* Ч. 1. Киев : Изд-во КГУ, 1950. С. 10–11.
5. Білецький Є.М. Закономірності прогнозу масового розмноження лучного метелика. *Карантин і захист рослин.* 2004. № 9. С. 11–13.
6. Білецький Є. Теорія і технологія багаторічного прогнозу в захисті рослин. *Науковий вісник АНВШУ.* Київ, 2005. № 3 (29). С. 57–70.
7. Белецкий Е.Н. Теория и технология многолетнего прогноза. *Защита и карантин растений.* 2006. № 5. С. 46–50.
8. Белецкий Е.Н. Массовые размножения насекомых. История, теория, прогнозирование : монография. Харьков : Майдан, 2011. 172с.
9. Белецкий Е.Н. Фитосанитарное прогнозирование на Украине: история, методология, пути совершенствования. *Защита и карантин растений.* 2015. № 12. С. 14–19.
10. Белецкий Е.Н., Станкевич С.В., Немерицкая Л.В. Современные представления о динамике популяций насекомых: прошлое, настоящее, будущее. Синергетический подход. *Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Серія Фітопатологія та ентомологія.* 2017. № 1–2. С. 23–33.
11. Белецкий Е.Н., Станкевич С.В. Полицикличность, синхронность и нелинейность популяционной динамики насекомых и проблемы прогнозирования. Вена : Premier Publishing s.r.o. Viena, 2018. 138 с.
12. Белецкий Е.Н., Станкевич С.В. Хроника массовых размножений главных вредителей сельскохозяйственных культур и лесных насаждений. *Таврійський науковий вісник.* 2018. Т. 1. № 100. С. 256–267.
13. Большаков В.Н. Экологическое прогнозирование. Москва : Знание, 1983. 64 с.
14. Викторов Г.А. Проблемы динамики численности насекомых (на примере вредной черепашки). Москва : Наука, 1967. 271 с.
15. Довгань С.В. Моделі прогнозу розвитку та розмноження фітофагів : монографія. Херсон : Айлант, 2009. 208 с.
16. Дружелюбова Т.С., Макарова Л.А. Погода и прогноз размножения вредных насекомых. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1972. 84 с.
17. Дубинин Н.П., Ромашов Д.Д. Генетическое строение вида и его эволюция. Генетико-автоматические процессы и проблема экогенотипов. *Биологический журнал.* 1932. Т.1, вып. 5–6. С. 52–95.
18. Летопись Самовидца. Полное собрание русских летописей. (ПСРЛ). Киев, 1878. 174 с.
19. Малинецкий Г.Г. Синергетика, предсказуемость и детерминированный хаос. *Пределы предсказуемости.* Москва : Центр Ком, 1997. С. 69–130.
20. Мокржецкий С.А. Луговой мотылек, его жизнь и меры борьбы с ним. *Труды бюро по энтомологии.* 1902. Т. 3. № 2. 36 с.

21. Обзор фитосостояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2010 году и прогноз развития вредных объектов в 2011 году. Москва, 2011. 44 с.
 22. Поляков И.Я. Прогноз распространения вредителей сельскохозяйственных культур. Ленинград : Колос, 1964. 326 с.
 23. Пятницкий Г.К. Погодные условия и прогноз развития лугового мотылька. *Тр. по защите растений, серия энтомол.* 1936. Т. 1. Вып. 15. С. 68.
 24. Соколов Н.Н. Насекомые и другие животные, наносящие вред в сельском хозяйстве. Маврский (готтентотский) клоп (*Eurygaster maura* F.) или черепашка. Санкт-Петербург : Изд. Мин. земл. и основ. имуществ. Департ.земл., 1901. 82 с.
 25. Станкевич С.В., Белецкий Е.Н., Забродина И.В. Циклически-нелинейная динамика природных систем и проблемы прогнозирования : монография. Ванкувер, Accent Graphics Communications & Publishing, 2019. 232 с.
 26. Стригун О.О. Вплив метеорологічних умов на багаторічну динаміку чисельності звичайного бурякового довгоносика. *Захист і карантин рослин: міжвід. темат. наук. зб.* Київ, 2002. Вип. 48. С. 128–139.
 27. Трибель С.А. Луговой мотылек. Москва : Агропромиздат, 1989. 64 с.
 28. Уатт К. Экология и управление природными ресурсами. Москва : Мир, 1971. 464 с.
 29. Федоренко В. Увага – лучний метелик! *Пропозиція.* 2011. № 11. С. 88–91.
 30. Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. Москва : Наука, 1980. 278 с.
 31. Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции. Москва – Ленинград : Изд-во АН СССР, 1946. 396 с.
 32. 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.
 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. Stankevych S.V., Vasylieva Yu.V., Golovan L.V. et al. Chronicle of insect pests massive reproduction. *Ukrainian journal of ecology.* 2019. № 9 (1). P. 262–274.
 35. 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). P. 578–583.
-