

УДК632.7/.92(292.485/.486+438.42)

**СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОВГОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУ
РОЗМНОЖЕННЯ КОМПЛЕКСУ ШКІДЛИВИХ ВИДІВ КОМАХ
ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОЮ
ТЕХНОЛОГІЄЮ В СТЕПУ УКРАЇНИ**

С.В. Довгань, доктор сільськогосподарських наук

Розроблено за допомогою кореляційно-регресійного методу моделі прогнозу чисельності шкідників зернових культур, з використанням погодних факторів, що дозволило своєчасно прогнозувати розмноження фітофагів у посівах сільськогосподарських культур.

***Ключові слова:** прогноз, чисельність шкідників, тривалість сонячного сяйва, вологість повітря, температура повітря.*

Довгостроковий (річний) прогноз уточнює фазу динаміки в багаторічному циклі шкідливого організму, чисельність та інтенсивність розмноження полівольтинних видів і патогенних збудників хвороб в окремих зонах країни, дає змогу визначити площу заселення шкідником чи ураження збудником хвороб, рівень шкідливості, очікувану площу цілеспрямованих засобів захисту рослин. Ці прогнози розробляють наукові установи УААН і НАН. Для цього державна служба надає необхідну оперативну інформацію про чисельність і поширення шкідливих організмів, матеріали з обстежень сільськогосподарських угідь та місць зимівлі шкідників. Маючи таку інформацію за попередні роки, необхідно проводити комплексну математичну оцінку отриманих даних. Для цього використовують наявні математичні моделі для прогнозування за допомогою комп'ютерної програми. Такі прогнози дають змогу спланувати потребу в засобах захисту рослин як у цілому в країні, так і в окремих регіонах (областях) і своєчасно підготувати їх.

Мета дослідження – розробити моделі прогнозу комплексу шкідників сільськогосподарських культур за допомогою комп’ютерних технологій.

Матеріали та методика досліджень. Для розробки моделей прогнозу чисельності шкідників зернових культур використовувались багаторічні дані спостережень (1968-2007 рр.) пунктів сигналізації та прогнозів Головної державної інспекції захисту рослин Міністерства аграрної політики України в Запорізькій області (таблиця). Спостереження проводилися за загальноприйнятими методиками. Для аналізу чисельності фітофагів вперше використовували кореляційно-регресійний метод.

Результати досліджень. В 1968-2008рр. підйом чисельності **Клопа шкідливої черепашки (*Eurygaster integriceps* Put.)** спостерігався в 1969р., 1981р., 1984р., 1987р., 1993р., 1996р., 2000р., 2002р., 2007-2009рр.

Цикли і зростання чисельності фітофага характеризувалися 3-5-річними підйомами, а в 1994-1997рр. і в 2000-2009рр. кількість їх місцями в 2,5-4,5 рази перевищувала ЕПШ.

Спостерігалась висока залежність сезонної динаміки чисельності клопа шкідливої черепашки як від довготривалих показників середньорічної температури повітря, так і підвищення рівня сонячної активності понад 1630 годин. При показнику 1700 і більше їх чисельність достовірно перевищувала багаторічні показники і характеризувалася високою трофічною специфікою живлення як на озимій пшениці, так і на посівах ячменю із пошкодженням понад 30% сформованих колосків.

При цьому число засохлих колосків як на пшениці озимій, так і ячменю становило 3-6 шт. або до 7 несформованих зернин у колосі. При зниженні посівних площ у польовій сівозміні однією з вирощуваних зернових колосових культур шкідливість імаго цього шкідника не зменшувалася, однак проявлялася із достовірною залежністю в комплексі погодно-кліматичних факторів. Так, у 2000-2009рр. підвищення середньорічної температури повітря на 2,6-3,4° С сприяло збільшенню кількості клопа шкідливої черепашки в 4-6, 5 рази порівняно з іншими роками досліджень.

**Заселеність сільськогосподарських культур фітофагами
в Запорізькій області екз./м², (1968-2008 рр.)**

	Рік	Тривалість сонячного світла	Середня температура повітря по області	Сума опадів (мм за рік)	Відносна вологість повітря	Озима та інші підгризаючі совки	Стебловий (кукурудзяний) метелик	Лучний метелик	Клоп шкідлива черепашка	Хлібні жуки	Хлібна жужелиця
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₅	X ₅	X ₅	X ₅	X ₅
1	1968	1802	9,7	425	72	0,6	0,9	0	1,2	0,9	1,3
2	1969	1742	8,2	581	73	0,8	0,5	0	2,1	0,5	0,5
3	1970	1700	9,5	594	75	0,4	0,8	0	1,1	0,5	0,7
4	1971	1804	9,8	377	73	0,3	0,8	0	1,2	0,6	0,5
5	1972	1680	9,7	440	71	0,5	0,8	0,6	0,5	0,8	0,6
6	1973	1713	8,8	559	75	0,8	0,7	0,02	0,5	0,3	0,7
7	1974	1799	9,5	442	74	0,9	2	0,2	0,3	0,2	0,5
8	1975	1869	10,5	365	70	0,4	1,5	1,1	0,5	0,4	0,5
9	1976	1618	7,7	551	77	0,5	0,9	1,2	0,9	0,5	1,4
10	1977	1594	8,9	596	77	0,7	0,7	0,6	0,4	0,6	1,2
11	1978	1711	8,6	507	77	0,6	1,3	0,6	1	0,5	0,4
12	1979	1783	9,9	517	73	0,5	1,3	0,3	1,2	0,7	0,7
13	1980	1521	8,4	556	79	1,3	0,7	0,1	1,8	1	0,9
14	1981	1730	10,6	651	76	0,5	0,4	0,6	2,3	0,7	1,4
15	1982	1689	8,9	363	75	0,6	0,5	0,6	3	0,8	1,1
16	1983	1691	9,7	482	73	1	0,6	0,01	2,3	0,9	1
17	1984	1599	9,4	388	73	0,6	0,7	0,02	3,6	0,8	1
18	1985	1580	7,7	599	77	0,9	0,8	0,05	3,3	1,2	1,1
19	1986	1724	9,3	440	71	0,6	0,8	0,4	2,7	0,9	0,6
20	1987	1629	7,1	530	76	0,4	1,2	0,6	4,4	1	0,4
21	1988	1660	8,9	560	76	0,5	1,2	1,6	2,4	1	0,6
22	1989	1648	10,5	419	76	0,7	1,8	1,4	0,6	0,8	1,1
23	1990	1736	10,4	363	75	0,7	1	1,1	1,5	0,8	1,2
24	1991	1664	9,5	467	76	0,6	1	0,2	1,6	0,7	0,9
25	1992	1548	9	545	76	0,7	1,3	0,3	2	0,9	0,8
26	1993	1597	8,3	433	75	0,6	1,4	0,2	6,9	0,8	0,6
27	1994	1711	9,7	380	74	0,5	1	0,1	2,7	0,8	0,4
28	1995	1625	10,1	560	77	0,7	1,3	0,3	6,4	0,7	0,9
29	1996	1686	9,2	536	75	0,9	1,2	0,2	7,5	0,8	1
30	1997	1551	8,4	851	79	1,1	1	0,3	7,5	0,9	1,2
31	1998	1663	9,8	474	74	1	0,9	0,2	1,2	0,8	0,4
32	1999	1659	10,8	502	74	0,8	1,1	0,4	2	0,8	0,3
33	2000	1639	10,2	434	75	0,9	1,4	0,4	10,4	1	2,2
34	2001	1650	10,2	484	74	0,7	1,2	0,4	5,5	0,9	0,5
35	2002	1633	10,5	480	74	0,7	1	0,5	5,7	0,7	2,2
36	2003	1642	9,2	516	73	0,7	1,3	0,8	4,6	0,8	1,2
37	2004	1588	10,2	783	78	1,1	1,4	0,6	2,3	1,2	1,7
38	2005	1703	10,5	497	73	0,7	1,2	0,4	1,4	0,5	0,6
39	2006	1709	9,6	488	76	0,6	1,4	0,3	5,3	0,4	0,5
40	2007	1859	11,5	340	71	0,6	1,5	0,2	5,3	0,5	1

Це свідчить про достовірну залежність динаміки чисельності клопа шкідливої черепашки від коливань погоди, що і є основним критерієм при розробці, математичної моделі прогнозу чисельності клопа шкідливої черепашки в умовах Запорізької області. Доцільно відзначити, що множинний коефіцієнт кореляції при цьому становить 0,61, а критерій Фішера підтверджує високу достовірність, як вибраних предикторів прогнозу, так і в цілому нижченаведеної моделі можливого заселення зернових колосових культур цим фітофагом.

$$Y = 16,5640 - 0,0101 X_1 + 1,0531 X_2 - 0,0004 X_3 - 0,1001 X_4 + 0,3849 X_5,$$

де y – прогнозована чисельність фітофага; 16,5640 – вільний коефіцієнт; X_1 – тривалість сонячного сяйва; X_2 – середня річна температура повітря; X_3 – сума опадів (мм) за рік; X_4 – середня річна вологість повітря; X_5 – попередній рік.

У 1968-2008рр. сезонна динаміка чисельності хлібних жуків (**Anisoplia L.**) коливалася від 0,2-1,2 екз./м² імаго. У всі роки привалював хлібний жук-кузька. Відзначено, що у 1980-1981рр., 1985р., 1987-1988рр., 2000р. і 2004р. кількість цих фітофагів у 3-6 разів перевищувала їх чисельність в інші роки спостережень. Сходи пшениці озимої пошкоджували личинки, що призводило до усихання до 7% молодих рослин. На колосі, головним чином безостих сортів, дорослі жуки пошкоджували 4-9 зернин і на пізньостиглих сортах виколошування у середній і нижній частині колосу місцями становило понад 5% зерна. Таким чином, прямі й непрямі втрати на посівах озимої пшениці у роки підйому чисельності хлібних жуків, часто становили 9-16% порівняно з іншими періодами моніторингу, як личинок, так і дорослої стадії жука. Відзначено, що в останні 10 років число личинок, які перезимували, становило понад 87% від виявлених восени молодших і старших віків. Це сприяло накопиченню хлібних жуків в умовах цієї області досліджень.

Відсутність широкомасштабних застосувань рідких добрив, а також наявність в окремих районах земель, що не обробляються і порівняно невисокий рівень сортової агротехніки, є також важливими факторами у розмноженні і розвитку хлібних жуків.

Враховуючи достовірне коливання чисельності хлібних жуків за роками, нами вперше виділені комплекс погодно-кліматичних факторів, які в сумісності з динамікою чисельності цих фітофагів дозволили створити модель прогнозу чисельності хлібних жуків на посівах пшениці озимої та інших колосових культур.

При цьому множинний коефіцієнт кореляції становить 0,57, а критерій Фішера перевищує фактичні дані математичної експертизи і достовірно підтверджує наукову і практичну цінність цієї моделі прогнозу.

$$Y=1,951667-0,00049X_1 -0,00919X_2 -0,00077X_3 -0,00366X_4 +0,470414X_5$$

де, y – прогнозована чисельність фітофага; 1,951667 – вільний коефіцієнт;
 X_1 – тривалість сонячного саява; X_2 – середня річна температура повітря;
 X_3 – сума опадів (мм) за рік; X_4 – середня річна вологість повітря; X_5 – попередній рік.

У 1969-2008рр. при проведенні ґрунтових розкопок виявлено в середньому 0,3-1,3 екз./м² гусениць озимої та інших підгризаючих совок (***Agrotis segetum Schiff.***) Достовірне збільшення їх чисельності спостерігали в 1980р., 1983р., 1985р., 1996-2000рр., 2004р. порівняно з іншими роками спостережень. В 1999-2008рр. відзначали спалахи як чисельності, так і шкідливості озимої совки, що спричинено, як погодними умовами, так і діяльністю людини. Необхідно відзначити, що останніми роками практично не застосовуються гранульовані інсектициди і рідкі азотні добрива, які впливають на розвиток гусениць усіх поколінь. Характерно, що озима та інші совки накопичуються в місцях, які інтенсивно прогрівалися, зокрема чорний пар і

часто сприяли зниженню густоти посівів (до 16%) озимої пшениці. Вперше відзначено шкідливість гусениць на овочевих і баштанних культурах головним чином на суходолі.

Важливими є дані щодо розвитку гусениць в осінній період органогенезу рослин. Так, останніми роками, вони проходили всі чотири віки до настання прохолодного періоду. Це сприяло виживанню усіх видів совок і зростанню їх ролі в структурі ентомокомплексу.

При застосуванні трихограми встановлено ефективність її дії проти яєць совок, зокрема у зниженні чисельності цих фітофагів на 60-84% при триразовому внесенні яйцеїда.

У прогнозі заселення сільськогосподарських культур совками потрібно враховувати, як багаторічну динаміку чисельності фітофагів, так і погоднокліматичних факторів. Це дозволяє, з коефіцієнтом множинної кореляції 0,3, прогнозувати розмноження фітофагів у Запорізькій області. Модель визначає чисельність і міграцію озимих та підгризаючих совок з урахуванням як абіотичних, так і біотичних факторів. Модель на видовому рівні враховує структурні зміни видової специфіки і якісні характеристики, що впливають на виживання цих фітофагів в Запорізькій області. Нижче наведена модель.

$$Y = 2,8248 - 0,0007X_1 + 0,0508X_2 + 0,0000X_3 - 0,0207X_4 + 0,0916X_5$$

В 1969–2008 рр. чисельність личинок хлібної жужелиці (**Zabrus tenebrioides Goeze.**) становила в середньому 0,3–2,3 екз/м². Порівняно високою чисельністю характеризувались 1976–1977, 1981–1982, 1989–1990, 1996–1997, 2000, 2002–2004 рр. Достовірне збільшення кількості цього фітофага спостерігали при посіві озимої пшениці після стерневого попередника. В роки досліджень фітофаг пошкоджував 12,3–14% сходів озимої пшениці, головним чином при порушенні сівозміни. Доцільно відзначити, що висока чисельність як личинок, так і дорослих стадій хлібної жужелиці спостерігається в період підвищення середньої річної температури повітря і при сумі опадів не менше 480 мм. Важливим при цьому є вплив тривалості сонячного саява.

Ці фактори сприяли виживанню як стадії яйця, так і личинок хлібної жужелиці в осінній період її розвитку. Важливо, що в роки досліджень фітофаг негативно впливав на густоту посівів озимої пшениці і в осередках його розвитку формувалися як однорічні, так і багаторічні угруповання бур'янів. При цьому не виявлено значних впливів біотичних факторів на чисельність усіх стадій розвитку хлібної жужелиці.

Вперше відзначено накопичення великої кількості яйцекладок і стадії лялечки під копицями і валками, тоді як в інших структурах агроценозу їх число не перевищувало 24%.

У моделях прогнозу хлібної жужелиці враховані багаторічні показники як динаміки чисельності, так і погодно-кліматичних факторів, які з коефіцієнтом кореляції 0,37 дозволяють з високою ймовірністю прогнозувати чисельність цього фітофага на посівах озимої пшениці. Модель наводиться нижче:

$$y = 2,0198 - 0,0018 X_1 + 0,2044 X_2 - 0,0003 X_3 + 0,0036 X_4 - 0,1882 X_5$$

В 1968-2008рр. спостерігалось достовірне коливання чисельності імагінальної стадії **стеблового (кукурудзяного) метелика (*Ostrinia nubilalis* Нб.)**, яке складало 0,5-1,8 екз./м² метеликів.

В 1974-1975рр., 1978-1979рр., 1989-1993рр., 1994р., 2000-2009рр. доросла стадія цього шкідливого виду комах виявлена в першій декаді липня, а в інші роки досліджень фітофага спостерігали з другої декади липня до другої декади серпня. Характерно, що яйцекладки та гусениці цього шкідника були багаточисельними на середньо-пізньостиглих гібридах і в 2,5 раза, цей показник зростав у крайовій (до 150м) смузі посіву кукурудзи. В усі роки досліджень привалував стебловий кукурудзяний метелик, який до 1998р. становив понад 90% ентомокомплексу стебел і початків, а з 1999р. цей показник колився від 59 до 75% і в агроценозах постійно зростала пошкодженість початків бавовниковою совкою. Встановлено, що підвищення рівня сонячної інсоляції і середньорічної температури повітря та його вологість

сприяли накопиченню стеблового кукурудзяного метелика в умовах Запорізької області.

У роки підйому чисельності стеблового кукурудзяного метелика кількість уражень початків фузаріозними гнилями місцями зростала в 2,1-4,6 рази порівняно з іншими роками спостережень. У роки високої чисельності цього шкідника встановлений високий ступінь виживання гусениць усіх віків їх розвитку. В зв'язку з цим важливим є урахування погодно-кліматичних чинників при розробці математичних моделей прогнозу чисельності стеблового кукурудзяного метелика на конкретних посівах господарств Запорізької області. Множинний коефіцієнт кореляції становив 0,46, що свідчить про достатній рівень розробленої і наведеної нижче моделі, а також доцільність впровадження її в ланцюгу систем сучасних захисних заходів, а також в оптимізації технологій управління чисельністю фітофага на видовому і популяційному рівнях.

$$Y = 1,3851 - 0,0003 X_1 - 0,0103 X_2 + 0,0006 X_3 - 0,0077 X_4 + 0,4718 X_5,$$

У період з 1968-2008 рр. спостерігалось п'ять періодів підйому чисельності **лучного метелика (*Pyrausta sticticalis* L.)** як на посівах сільськогосподарських культур, так і на землях, що не оброблялися у 1975-1976 рр., 1981-1982 рр., 1988-1990 рр., 2003-2004 рр. та 2009р.

Відзначена особливість міграції цього фітофага на землях не сільськогосподарського призначення біля каналів зрошення, а також на сільськогосподарських угіддях де переважав бур'ян берізка польова на технічних культурах. Пошкодження рослин гусеницями цього фітофага спостерігалися з третьої декади травня до другої декади червня, а на бур'яні березки польовій місцями до кінця червня. Таким чином, трофічні зв'язки фітофага як за низької, так і високої чисельності, залежать від погодніх факторів, а також і росту та етапів органогенезу рослинних угруповань. На ділянках з високою та інтенсивною формою розвитку комплексу культурних

рослин і бур'янів луговий метелик на видовому і популяційному рівнях характеризувався високою плодючістю самиць і виживанням основних стадій їхнього розвитку. Залежність резервацій, а також імагінальної стадії від погодно-кліматичних факторів є основними при визначенні предикторів прогнозу лучного метелика в умовах Запорізької області. При цьому визначальним є також показник багаторічної динаміки чисельності фітофага, який дозволяє регулювати кореляційну залежність визначених показників моделі прогнозу із множинним коефіцієнтом кореляції 0,6, підтверджувати практичну і наукову цінність та новизну розробленої нами моделі прогнозу чисельності фітофага в сільськогосподарських угіддях Запорізької області. При цьому критерій Фішера достовірно перевищує показники фактичних коливань математичної залежності і свідчить про якісну і кількісну математичну обґрунтованість усіх складових проблеми, що вивчалася

$$Y = -1,2176 + 0,0008 X_1 - 0,0815 X_2 + 0,0001 X_3 + 0,0105 X_4 + 0,5879 X_5.$$

Висновки:

1. Привалюючими факторами, що впливають на формування ентомокомплексів є температура повітря і інтенсивність сонячного сьйва. Ці показники з високим коефіцієнтом кореляції взаємозалежні і зумовлюють виживання як монофагів, так і поліфагів у всіх областях досліджень.
2. Вперше виділені періоди підйому і зниження чисельності шкідників як на видовому, так і на популяційному рівнях.
3. За результатами багаторічних досліджень створені математичні моделі прогнозу чисельності шкідників, що дозволяє оптимізувати захисні заходи у всіх ґрунтово-кліматичних зонах України.
4. Вперше розроблені нові технологічні показники щодо своєчасного прогнозу розмноження фітофагів у посівах сільськогосподарських культур, які необхідно впровадити у всіх областях, районах і господарствах України.
5. Описані кореляційні залежності, а також складені математичні моделі сучасного прогнозу чисельності фітофагів .

**Обоснование долгосрочного прогноза размножения комплекса вредителей
зерновых культур с помощью компьютерной технологии в Степи
Украины.**

Довгань С.В.

С помощью корреляционно – регрессионного метода разработана модель прогнозирования численности вредителей зерновых культур с использованием погодных факторов.

Ключевые слова: прогноз, численность вредителей, длительность солнечного света, влажность воздуха, температура воздуха.

**Substation lasting many years of prognosis development insects of grain-
crops make use computer technology in Steppe of Ukraine.**

Dovgan S.V.

The model of prognosis of development and reproduction insects of grain-crops make use weather proof.

Keywords: forecast, the number of pests, the duration of sunlight, humidity, air temperature.