

Министерство образования и науки Украины
Харьковский национальный аграрный университет имени В.В. Докучаева

Е.Н. Белецкий, С.В. Станкевич

**ПОЛИЦИКЛИЧНОСТЬ,
СИНХРОННОСТЬ И НЕЛИНЕЙНОСТЬ
ПОПУЛЯЦИОННОЙ ДИНАМИКИ
НАСЕКОМЫХ И ПРОБЛЕМЫ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

Монография



PREMIER
Publishing

Premier Publishing s.r.o.

Vienna 2018

УДК 574.3: 595.7

ББК 28.080.3: 28.691.89

Б 43

Рекомендовано к изданию учёным советом Харьковского национального аграрного университета им. В.В. Докучаева (протокол № 9 от 25 октября 2017 г.)

Рецензенты:

Петренко В. П., доктор с.-х. наук, профессор, чл.-кор. НААНУ,
главный научный сотрудник (Институт растениеводства им. В. Я. Юрьева);

Тихоненко Д. Г., доктор с.-х. наук, профессор (ХНАУ им. В. В. Докучаева);

Туренко В. П., доктор с.-х. наук, профессор (ХНАУ им. В. В. Докучаева);

Яровой Г. И., доктор с.-х. наук, профессор (ХНАУ им. В. В. Докучаева)

Белецкий Е. Н. Станкевич С.В.

Б 43 **Полицикличность, синхронность и нелинейность популяционной динамики насекомых и проблемы прогнозирования: монография /** Белецкий Е. Н. Станкевич С.В., – Вена.: Premier Publishing s.r.o. Vienna, 2018. – 138 с.

ISBN 978-3-903197-97-8

В монографии на основании прошлого и настоящего выполнен теоретический синтез закономерностей популяционной динамики наиболее распространённых насекомых-вредителей сельскохозяйственных растений, лесных и плодово-ягодных насаждений.

Показана полицикличность их динамики в пространстве и времени, региональная и глобальная синхронность и нелинейность последней.

С позиции нелинейной динамики выполнен анализ режимов с обострением (массовых размножений насекомых), пределы их прогнозирования и перспективы развития фитосанитарной (экологической) прогностики как основы управления динамикой популяций вредных и полезных организмов в экосистемах.

Монография рассчитана на широкий круг специалистов, биологов, экологов и тех, кого интересует эта проблема.

Subscribe to print 16/01/2018. Format 60×90/16.

Offset Paper. Garinitura Arno. Conv. Pec. liter. 11. Edition of 500 copies.

Typeset in Berling by Ziegler Buchdruckerei, Linz, Austria.

Printed by Premier Publishing s.r.o. Vienna,

Vienna, Austria on acid-free paper.

Am Europlatz 2, 1120 Vienna, Austria

pub@ppublishing.org, <http://ppublishing.org/>

ISBN 978-3-903197-97-8

© Белецкий Е. Н., Станкевич С. В. 2018.

© Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева, 2018.

© Дизайн обложки Станкевича С. В., 2018

Содержание

Введение	5
Вступление.....	7
Introduction	9
Introduction	11
Einleitung.....	13
Сущность проблемы.....	15
1. Теоретические представления о динамике, популяций насекомых: прошлое, настоящее, будущее. Синергетический подход. .	17
1.1. Теории, объясняющие сезонные и годовичные изменения численности насекомых	17
1.2. Динамика численности популяций как элементарный фактор микроэволюции	21
1.3. Теории, объясняющие закономерности популяционных циклов. .	25
2. Полицикличность, синхронность и нелинейность массовых размножений насекомых	32
2.1. Хроника массовых размножений некоторых насекомых (виды, годы массовых размножений, регионы)	32
2.2. Популяционные циклы насекомых (в пространстве и во времени)	42
2.2.1. Цикличность массовых размножений насекомых	42
2.2.2. Пространственно-временная синхронизация массовых размножений насекомых.	55
2.2.3. Синхронность массовых размножений некоторых насекомых.	55
2.2.4. Цикличность как всеобщее свойство развития и функционирования природных систем.	66
2.2.5. Теория цикличности динамики популяций	68
2.2.6. Нелинейность массовых размножений насекомых как аналоги режимов с обострением. Возможный механизм катастрофической их численности с позиции синергетики	71
3. Блуждание массовых размножений некоторых видов насекомых в пределах ареала	76
3.1. Саранчовые (массовые размножения в пространстве и во времени)	76

3.2. Массовое размножение мотылька лугового	79
3.3. Блуждание массовых размножений черепашки вредной в ареале..	83
4. Проблема прогнозирования в защите Растений. Прошное, настоящее, будущее	86
5. Алгоритмы прогнозирования начала очередных массовых размножений некоторых насекомых-вредителей в Украине	104
6. Пределы предсказуемости массовых размножений вредных насекомых согласно методологии нелинейной динамики	112
Заключение.	117
Глоссарий	119
Список литературы	125

Ныне естественные науки открыты для всего неожиданного, которое больше не рассматривается как результат несовершенства знания или недостаточного контроля.

*Илья Пригожин, Изабелла Стенгерс.
Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой*

Введение

Согласно синергетике, популяции насекомых являются сложными открытыми биологическими системами с хаотической нелинейной динамикой в пространстве и времени. В связи с этим прогнозирование их развития в будущем является непростой задачей. Достаточно вспомнить «неожиданные», «внезапные», «непредвиденные» массовые размножения саранчовых, совки озимой, мотылька лугового, жужелицы хлебной, черепашки вредной, долгоносиков свекловичных и целого ряда насекомых-вредителей лесных и плодово-ягодных насаждений.

Около трёхсот лет тому назад французский естествоиспытатель Рене Реомюр (1683–1757), в 1735 г. впервые описал массовые размножения совки-гаммы в окрестностях Парижа, заложил основы метеорологической и паразитарной концепций динамики популяций насекомых, а энтомологи по-прежнему констатируют и описывают массовые размножения насекомых, ссылаясь на их «непредсказуемость».

Конец XX – начало XXI вв. вновь ознаменовались массовыми размножениями саранчовых в Казахстане, России, Украине и других регионах мира [1; 2]. В восточных регионах России, в том числе в Приморском и Хабаровском краях в 2008 г. отмечена очередная вспышка массового размножения мотылька лугового [3].

В 1997–1998 гг. после непродолжительной депрессии вновь заявила о себе черепашка вредная в Болгарии, Венгрии, России, Румынии, Украине, Ираке, Иране, Иордании, Сирии, Турции. В 1997–1998 гг. в странах Ближнего и Среднего Востока хлебными клопами из рода *Eurygaster* было повреждено 5 млн. га пшеницы. При этом ежегодные затраты на мониторинг и защиту посевов составляли около 40 млн. \$ [4]. В 2008–2010 гг. массовые размножения черепашки вредной вновь повторялись [15].

По проблеме динамики популяций насекомых ныне опубликовано практически необозримое количество работ, тем не менее, до сих пор нет ответов на актуальные вопросы: каковы механизмы популяционной динамики, возможно ли прогнозировать в будущем массовые размножения насекомых и пределы предсказуемости?

В последние два десятилетия опубликованы фундаментальные работы по проблеме хаоса и предсказуемости поведения сложных систем в будущем. При этом доказана невозможность долгосрочного прогнозирования даже сравнительно «простых» механических систем, не говоря уже о сложных биологических, экологических, экономических, социальных, климатических, метеорологических и других природных системах [5; 6; 11; 12; 14; 16].

Предлагаемая монография – итог теоретического синтеза популяционной динамики насекомых с позиций методологии нелинейной динамики (синергетики) с обоснованием возможности прогнозирования в экологии и защите растений.

Монография рассчитана на широкий круг специалистов, биологов, экологов и тех, кого интересует эта проблема.

Авторы выражают искреннюю благодарность рецензентам: докторам сельскохозяйственных наук, профессорам В.П. Петренковой, Д.Г. Тихоненко, В.П. Туренко и Г.И. Яровому за ценные замечания при обсуждении рукописи.

*Нині природничі науки відкриті для всього неочікуваного,
котре більше не розглядається як результат
недосконалості знань чи недостатнього контролю.*

*Ілля Пригожин, Ізабелла Стенгерс.
Порядок з хаосу: новий діалог людини з природою.*

Вступ

Згідно синергетики, популяції комах є складними відкритими біологічними системами з хаотичною нелінійною динамікою в просторі і часі. У зв'язку з цим прогнозування їх розвитку в майбутньому є непростим завданням. Досить згадати «несподівані», «раптові», «непередбачені» масові розмноження саранових, совки озимої, метелика лучного, жувелиці хлібної, черепашки шкідливої, довгоносиків бурякових і цілого ряду комах-шкідників лісових та плодово-ягідних насаджень.

Близько трьохсот років тому французький натураліст Рене Реомюр (1683–1757), в 1735 р. вперше описав масові розмноження совки-гами в околицях Парижа, заклав основи метеорологічної і паразитарної концепції динаміки популяцій комах, а ентомологи як і раніше констатують і описують масові розмноження комах, посилаючись на їх «непередбачуваність».

Кінець ХХ – початок ХХІ ст. знову ознаменувалися масовом розмноженням саранових в Казахстані, Росії, Україні та інших регіонах світу [1; 2]. У східних регіонах Росії, в тому числі в Приморському та Хабаровському краях в 2008 р. відзначено черговий спалах масового розмноження метелика лучного [3].

У 1997–1998 рр. після нетривалої депресії знову заявила про себе черепашка шкідлива в Болгарії, Угорщині, Росії, Румунії, Україні, Іраку, Ірані, Йорданії, Сирії, Туреччині. У 1997–1998 рр. в країнах Близького і Середнього Сходу хлібними клопами з роду *Eurygaster* було пошкоджено 5 млн. га пшениці. При цьому щорічні витрати на моніторинг та захист посівів склали близько 40 млн. \$ [4]. У 2008–2010 рр. масові розмноження черепашки шкідливої знову повторювалися [15].

З проблеми динаміки популяцій комах нині опубліковано безліч робіт, проте, до цього часу немає відповідей на актуальні питання: які механізми популяційної динаміки, чи можливо прогнозувати в майбутньому масові розмноження комах і межі передбачуваності?

В останні два десятиліття опубліковані фундаментальні роботи з проблеми хаосу і передбачуваності поведінки складних систем в майбутньому. При цьому доведена неможливість довгострокового прогнозування навіть

порівняно «простих» механічних систем, не кажучи вже про складні біологічні, екологічні, економічні, соціальні, кліматичні, метеорологічні та інших природні системи [5; 6; 11; 12; 14; 16].

Пропонована монографія – підсумок теоретичного синтезу популяційної динаміки комах з позицій методології нелінійної динаміки (синергетики) з обґрунтуванням можливості прогнозування в екології та захисті рослин.

Монографія розрахована на широке коло фахівців, біологів, екологів і тих, кого цікавить ця проблема.

Автори висловлюють щирю подяку рецензентам: докторам сільськогосподарських наук, професорам В. П. Петренковій, Д. Г. Тихоненку, В. П. Туренку і Г. І. Яровому за цінні зауваження під час обговорення рукопису.

Nowadays natural sciences are open for everything unexpected, which is no longer regarded as the result of the imperfect knowledge or inadequate control.

*Illia Prihozyn, Isabella Stengers.
Order out of chaos: a new dialogue between man and nature.*

Introduction

According to synergetics, the insects' population is a complicated open bio-logical system with a chaotic nonlinear dynamics in space and time. In this connection, the forecasting of their development in the future is not an easy task. It is enough to remember an "unexpected", «sudden», «unforeseen» mass reproduction of acridoid grasshoppers (Acrididae (Lat.), Turnip moth (*Scotia segetum* (Lat.)), beet webworm (*Margarita sticticallis* (Lat.)), corn ground beetle (*Zabrus tenebrioides* (Lat.)), pentatomid eurygaster (*Eurygaster integriceps* (Lat.)), beet root weevil (*Asproparthenis* (= *Bothynoderes*) *punctiventris* (Lat.)) and a number of insect pests of forest and fruit and berry plantations.

About three hundred years ago the French naturalist Rene Reamur (1683–1757) in 1735 for the first time described the mass reproduction of the common silvery moth (*Autographa gamma* (Lat.) in the environs of Paris, and laid the foundations for the meteorological and parasitic ideas of the insects' population dynamics, but the entomologists still ascertain and describe mass reproduction of the insects referring to their "unpredictability".

End of the XXth – the beginning of the XXIst centuries again were marked by mass reproduction of the acridoid grasshoppers (Acrididae (Lat.) in Kazakhstan, Russia, Ukraine and other regions of the world [1; 2]. In 2008 in the eastern regions of Russia, including Primorskii and Khabarovskii territories another outbreak of the webworm beetle (*Margarita sticticallis* (Lat.)) reproduction was noted [3].

In 1997–1998, after a short depression, a sunn pest (*Eurygaster integri-ceps* (Lat.)) again declared about itself in Bulgaria, Hungary, Russia, Romania, Ukraine, Iraq, Iran, Jordan, Syria and Turkey. In 1997–1998 in the countries of the Middle East 5 million hectares of wheat were damaged by capsid grain bug from the genus of *Eurygaster*. At the same time, the annual expenditures for monitoring and protection of crops were about 40 million \$ [4]. In 2008–2010 the mass reproduction of the sunn pest (*Eurygaster integriceps* (Lat.)) was reiterated again [15].

On the problem of the dynamics of insects' populations an almost limitless number of works have now been published; but nevertheless, there are still no answers to the topical questions. They are: what are the mechanisms of population dynamics; is it possible to predict future mass reproduction of insects in the future, and what are the limits of predictability?

In the last two decades the fundamental works concerning the problems of chaos and predictability of the complicated systems' behavior in the future have been published. At the same time, it is proved that it is impossible to predict for a long time even relatively "simple" mechanical systems, not speaking about complex biological, ecological, economic, social, climatic, meteorological and other natural systems [5, 6, 11, 12, 14, 16].

The proposed monograph is the result of theoretical synthesis of the insects' population dynamics from the positions of nonlinear dynamics methodology (synergtics) with the substantiation of the possibility to forecast in ecology and plant protection.

The monograph is intended for a wide range of specialists, biologists, ecologists and those who are interested in this problem

The authors are sincerely grateful to the reviewers: Doctors of Agricultural sciences, Professors V.P. Petrenkova, D.H. Tykhonenko, V.P. Turenko and H.I. Yarovyι for their valuable remarks while discussing the manuscript.

Aujourd'hui les sciences naturelles sont à la portée de tout inattendu qu'on ne considère plus comme résultat de l'imperfection des connaissances ou du contrôle insuffisant.

*Ilya Prigogine, Isabella Stengers.
Ordre du chaos: un nouveau dialogue de l'homme avec la nature.*

Introduction

En conformité de la synergie les populations des insectes sont des systèmes biologiques complexes avec la dynamique chaotique non linéaire en espace et en temps. C'est pourquoi il n'est pas facile de faire des pronostics de leur développement dans le futur. Il suffit de se souvenir des reproductions de masse brusques, inattendues de locustidés, de l'agrotide des moissons, de la pyrale de la betterave, du zabre bossu, du bothynodère, de l'eurygastre nuisible et de toute une série des insectes parasites qui nuisent des plantations de forêts, de baies et des arbres fruitiers

Près de trois cents ans en arrière le naturaliste français René Réomure (1683–1757), en 1735 a décrit pour la première fois la reproduction de masse de la noctuelle gamma aux environs de Paris, il a jeté les bases de la conception météorologique et parasitaire de la dynamique des populations des insectes et les entomologistes comme auparavant constatent et décrivent les reproductions de masse des insectes en attestant leur «imprévisibilité».

La fin du XX, le début du XXI siècle ont été marqué de nouveau par la reproduction de masse de locustidés en Kazakhstan, en Russie, en Ukraine et aux autres régions du monde [1, 2]. En 2008 dans les régions d'est de la Russie, le krai du Primorie et de Khabarovsk y inclu, on a révélé une nouvelle éclosion de la reproduction de masse de la pyrale de la betterave.

En 1997–1998 après une courte dépression on a entendu parler encore de l'eury-gastre nuisible en Bulgarie, en Hongrie, en Russie, en Roumanie, en Ukraine, en Irak, en Iran, en Jourdanie, en Syrie, en Turquie. En 1997–1998 dans les pays du Proche-Orient et du Moyen-Orient les punaises panifiables du genre Eurygaster ont nui 5 millions ha de blé. Dans le même temps les dépenses annuelles de la surveillance et de la protection des semences ont composé 40 mln \$ [4].

En 2008–2010 la reproduction de masse de l'eurygastre nuisible se répétait de nouveau [15].

De nos jours on a publié un grand nombre de travaux sur le problème du dynamique de population, cependant on n'a pas trouvé de réponses sur les questions actuelles: quels sont les mécanismes de la dynamique des populations, s'il est possible de prévoir dans le futur les reproductions de masse des insectes et les limites de prévisibilité.

Dans la période des derniers vingt ans on a publié des travaux fondamentaux sur le problème du chaos et de la prévisibilité du comportement des systèmes complexes dans le futur. En même temps on a prouvé qu'il est impossible de prévoir pour longtemps les systèmes mécaniques relativement «simples», sans parler des systèmes complexes biologiques, écologiques, économiques, sociales, climatiques, météorologiques et d'autres systèmes naturels [5, 6, 11, 12, 14, 16].

La monographie proposée c'est le résultat du synthèse théorique de la dynamique des populations des insectes du point de vue de la méthodologie de la dynamique non linéaire (la synergie) avec l'argumentation de la possibilité de la prévisibilité dans l'écologie et dans la protection des plantes.

La monographie est destinée à un large cercle des spécialistes, biologistes, écologues, et à ceux qui s'intéressent à ce problème.

Les auteurs expriment leur remerciement sincère aux critiques: docteurs en agronomie, professeurs Petrenkova V.P., Tikhonenko D.G., Tourenko V.P. et Yaroviy G.I. pour les remarques précieuses pendant l'étude du manuscrit.

*Die Naturwissenschaften sind jetzt für alles
Unerwartete offen, das nicht mehr als Ergebnis
der Unvollkommenheit der Kenntnisse oder
mangelhafter Kontrolle betrachtet wird.*

*Ilja Prygoshyn, Isabella Stengers.
Die Ordnung aus Chaos: der neue Dialog des Menschen mit der Natur.*

Einleitung

Gemäß der Synergie sind die Insektenpopulationen komplizierte offene biologische Systeme mit chaotischer nichtlinearer Dynamik in Zeit und Raum. Deshalb ist die Vorhersage ihrer Entwicklung in der Zukunft eine schwere Aufgabe. Es sollte nur «unerwartete», «plötzliche», «unvorhergesehene» Massenvermehrungen von Heuschrecken, Wintereule, Rübenzünsler, Getreide-Laufkäfer, Getreidewanze, Rübenderbrüßler und von einer ganzen Reihe von Insekten-Schädlingen des Waldbestandes und der Obstgehölze erwähnen.

Vor etwa 300 Jahren, im Jahre 1735, beschrieb der französische Naturforscher Rene Reaumur (1683–1757) zum ersten Mal die Massenvermehrungen der Gamma-Eule in der Nähe von Paris, schuf die Grundlagen des meteorologischen und parasitären Konzepts der Populationsdynamik von Insekten, aber die Entomologen stellen wie zuvor fest und beschreiben die Massenvermehrungen von Insekten in Bezug auf ihre „Unvorhersehbarkeit“.

Das Ende des XX – der Beginn des XXI Jahrhunderts war durch die Massenvermehrung von Heuschrecken in Kasachstan, Russland, in der Ukraine und in anderen Regionen der Welt gekennzeichnet [1, 2]. In östlichen Regionen von Russland, z. B. in Primorje und Chabarowsk, wurde die weitere Explosion der Massenvermehrung des Rübenzünslers im Jahre 2008 angemerkt [3].

In den Jahren 1997 und 1998, nach der kurzfristigen Depression, trat die Getreidewanze in Bulgarien, Ungarn, Russland, Rumänien, in der Ukraine, im Irak, im Iran, in Jordanien, Syrien, in der Türkei wieder auf. In den Jahren 1997 und 1998 wurden 5 Mio. ha Weizen in den Ländern des Nahen und Fernen Ostens von den Wanzen (Gattung Eurygaster) beschädigt. Dabei jährlicher Aufwand für die Überwachung und den Aussaatschutz war ca. 40 Mio. \$ [4]. In Jahren 2008–2010 wiederholten sich die Massenvermehrungen der Getreidewanze [15].

Die Polyzyklizität, die Synchronizität und die Nichtlinearität der Populationsdynamik von Insekten und Probleme der Vorhersage: Monographie

Zum Problem der Populationsdynamik von Insekten wurden heutzutage fast unzählige Menge von Arbeiten veröffentlicht, dennoch gibt es jetzt keine Antworten auf aktuelle Fragen: was sind die Mechanismen der Populationsdynamik; ist es möglich, die Massenvermehrungen von Insekten und die Grenzen der Vorhersagbarkeit in der Zukunft zu prognostizieren?

In den letzten zwei Jahrzehnten wurden grundlegende Arbeiten zum Problem vom Chaos und von der Vorhersagbarkeit des Verhaltens von komplexen Systemen in der Zukunft veröffentlicht. Dabei wurde die Unmöglichkeit langfristiger Vorhersage nicht nur von relativ „einfachen“ mechanischen Systemen bewiesen, sondern auch von komplizierten biologischen, ökologischen, wirtschaftlichen, sozialen, klimatischen, meteorologischen und anderen natürlichen Systemen [5, 6, 11, 12, 14, 16].

Die vorgeschlagene Monographie ist das Ergebnis von theoretischer Synthese der Populationsdynamik der Insekten vom Standpunkt der Methodologie der nichtlinearen Dynamik (Synergie) mit Begründung der Möglichkeit in Ökologie und Pflanzenschutz zu prognostizieren.

Die Monographie ist für ein breites Spektrum von Fachleuten, Biologen, Ökologen und für diejenige vorgesehen, die sich für dieses Problem interessieren.

Die Autoren beweisen ihre aufrichtige Dankbarkeit den Rezensenten: den Doktoren für Agrarwissenschaften, Professoren W.P Petrenkova, D.G. Tychonenko, W.P. Turenko und G.I. Jarowoj für wertvolle Bemerkungen bei der Besprechung des Manuskripts.

Сущность проблемы

Проблема динамики популяций – одна из центральных проблем экологии. Она возникла с появлением человечества и его сельскохозяйственной деятельности. Она определяется с временными измерениями: прошедшее, настоящее, будущее. Поэтому прогнозирование – это история, которая ориентирована из прошлого в будущее. Такое сравнение имеет определённый смысл, т. к. между прогнозированием и прошлым имеет место некоторая симметрия, осью которой является настоящее, а прогнозирование массовых размножений насекомых – это отображение истории или хронологической последовательности динамики их популяций во времени. Более того, хроника массовых размножений насекомых уже включает в себе информацию о результатах взаимодействия популяций практически со всеми факторами внешней среды [7].

Насекомые, как одна из древнейших и многочисленных групп животных, появившихся на Земле около 400 млн лет тому назад, имеют «генетическую память» в прошлом и, соответственно, передают генетическую информацию от поколения к поколению при помощи генетического кода согласно эволюционной триады: наследственность, изменчивость и естественный отбор [7]. Последний особенно усиливается во время массовых размножений, повторяющихся циклически, т. е. через разные промежутки времени между началами очередных или так называемых популяционных циклов [4]. Однако, как ныне известно, популяционные циклы не являются точным повторением прошлого в будущем. Они включают в себе информацию прошлого, но при этом уже закономерно изменяются генетическая и экологическая структура (организация) популяций [8].

Согласно научным космологическим теориям, возможность производства новой информации в любом эволюционном процессе связана действием космического принципа гипотезы выдвинутой гарвардским учёным Дэвидом Лейзером о Вселенной термодинамического равновесия при нулевой температуре. Интересным следствием этой гипотезы является утверждение о том, что Вселенная никогда не может содержать достаточного количества информации о будущем развитии, в любой момент может возникнуть что-то новое, а система может перейти на новый уровень развития, называемый в неравновесной и нелинейной динамике (синергетике)

бифуркацией [10–14]. Поэтому ...«мы никогда не знаем заранее, когда произойдёт следующая бифуркация. Случайность возникает вновь и вновь, как феникс из пепла...» [10, с. 33].

Поэтому в последние годы стала весьма актуальной проблема катастрофических событий или так называемых в синергетике возникающих режимов с обострением в нелинейных системах. Когда одна или несколько величин, характеризующих систему, за конечное время вырастают до бесконечности [13]. В экологии популяций это «неожиданные» катастрофические массовые размножения насекомых.

Автора выражают надежду на то, что на основе методологии нелинейной динамики (синергетики) возможно не только вскрыть закономерности этого сложного экологического процесса, но и научиться его предвидеть в будущем для совершенствования прогнозирования.

1. Теоретические представления о динамике, популяций насекомых: прошлое, настоящее, будущее. Синергетический подход

Теория — это обобщенная система научного знания. Она должна выполнять следующие основные функции: описательную, объяснительную, синтезирующую и прогностическую (главная функция). Теория прогнозирования должна показать, как возможно синтезировать сценарий будущего при весьма слабом знании механизма тех процессов, которые обусловлены вмешательством человека в природу [17].

Динамика популяций — это сумма факторов средовых и популяционных, которые оказывают непосредственное или опосредованное влияние на динамику ее плотности и численности. В реальных природных популяциях в любой момент времени одновременно наличествуют и взаимодействуют все основные факторы популяционной динамики: мутационный процесс, популяционные циклы, изоляция и естественный отбор, т. е. дарвиновская эволюционная триада [7].

1.1. Теории, объясняющие сезонные и годовые изменения численности насекомых

Исторические сведения о закономерностях динамики численности насекомых немногочисленны и фрагментарны. Самые ранние исследования экологии насекомых выполнены французским натуралистом Р. Реомюром. В работе, изданной в 1735 г., приведены оригинальные наблюдения о влиянии некоторых факторов среды на развитие насекомых. В том же году Реомюр впервые описал массовое появление совки-гаммы во Франции, а в последующие несколько лет выполнил целый ряд наблюдений за развитием насекомых при разных режимах температуры. Реомюру принадлежат классические исследования паразитизма у насекомых, его по праву считают основателем паразитарной и метеорологической концепций динамики популяций насекомых.

С изобретением термометра температура явилась наиболее очевидным фактором внешней среды, поэтому, естественно, первые исследования в области экологии насекомых прежде всего касались этого фактора.

Наиболее ранние наблюдения влияния верхних температурных пределов на онтогенез и выживаемость насекомых были выполнены Николе в 1841 г., Бютчли в 1874 г. и Грабером в 1887 г.

Выявление реакции насекомых на различные изменения температуры, осадков, относительной влажности воздуха и различных сочетаний

последних послужило основой для формирования в начале XIX в. климатической концепции регуляций численности насекомых.

В середине XIX в. одновременно были сформулированы две теоретических концепции динамики численности популяций: «подвижного равновесия» [18] и трофоклиматическая К. Ф. Рулье (1814–1858). Их сущность и концептуальные основы изложены в обзорной работе И. Я. Полякова, показавшего в историческом аспекте становление основных теоретических представлений о динамике популяций.

Подлинно научной явилась теория эволюции Чарльза Дарвина [20]. В свете представлений Ч. Дарвина численность животных и растительных организмов колеблется в естественных условиях более или менее регулярно, в зависимости от средовых и популяционных изменений, а в основе этих колебаний – саморегуляция популяций, как и любых биологических систем. Несмотря на то, что Дарвин разделял взгляды Мальтуса по вопросу о колебаниях численности популяций, он подчеркнул закономерный характер этого процесса и заложил основы для развития современной популяционной экологии и биологии в целом. «Эта теория, позднее модифицированная и истолкованная на основе положений генетики, служит сейчас тем стержнем, вокруг которого строится вся современная биология» (Майр, 1981. С. 12).

Основные положения дарвиновской теории эволюции, прежде всего динамики популяций, явились мощным стимулом дальнейших исследований популяционной экологии, разработки и совершенствования теоретических представлений о динамике численности животных. Проблема динамики популяций быстро выдвинулась на одно из ведущих мест в экологических исследованиях.

В конце тридцатых – начале сороковых годов текущего столетия отечественными и зарубежными учеными одновременно были сформулированы факториальные теории динамики популяций: паразитарная, биоценотическая и климатическая. Не ссылаясь на отдельные работы, посвященные основным положениям и критическому анализу названных теорий, укажем на детальный обзор выполненный в монографии [4].

Характерной особенностью этих теоретических представлений была негласная попытка полностью объяснить причины колебаний численности каких-либо организмов их реакцией на те или иные абиотические факторы. Подобного рода подход в экологии А. М. Гиляров (1981) квалифицировал как «аутэкологический редукционизм». Последний, как указывает автор, был прогрессивной методологией и господствовал в экологии примерно до шестидесятых годов.

В начале и середине пятидесятых годов XX в. И. Я. Поляков (1950) на примере мышевидных грызунов сформулировал теоретическую концепцию изменения жизненности популяций в процессе градаций их численности. Сущность её заключается в том, что жизненность популяции в данный период (её структура, физиологическое состояние отдельных возрастных групп, темпы развития, интенсивность размножения, выживаемость, устойчивость к различным неблагоприятным факторам) определяется теми условиями, в которых развивались в прошлом те возрастные группы, из которых она состоит. Автор этой концепции считал, что популяции различаются не только по возрастному составу, соотношению полов, размерам тела, но и по характеру реакций на одни и те же факторы среды. Эта изменчивость формируется под непосредственным влиянием условий питания и климатических факторов, в которых проходят отдельные этапы онтогенеза особи или соответствующих возрастных фракций популяций. Он считает, что вредители сельскохозяйственных культур относятся к таким группам животных, для которых решающее значение в динамике популяций имеют физические факторы и кормовые ресурсы среды. Под влиянием этих факторов формируются морфофизиологические свойства популяций, их реакции на энергетические ресурсы и климатические факторы, характер внутрипопуляционных и межвидовых отношений не имеют значения для тенденций изменения численности. Основное и принципиально новое положение этой теории состоит в том, что она позволяет заблаговременно судить о динамике численности и о вероятных факторах, способных на нее воздействовать, по состоянию кормовой базы, физической среды и морфофизиологическим свойствам популяции, это делает её приемлемой для решения задач прогноза [21].

В последние годы XX в. среди отечественных и зарубежных экологов были популярны теоретические концепции, названные Г. А. Виктовым [22] стохастизмом и регуляционизмом, а современный этап исследовании популяционной динамики поиском механизмов регуляции численности.

Сторонники первого направления считали воздействия факторов внешней среды на популяции случайными. Комбинации различных факторов определяют изменения численности насекомых (подъемы и спады), причем благоприятное сочетание условий, определяющих подъемы численности, наблюдается в природе гораздо реже, чем неблагоприятное.

Представители второго направления рассматривают колебания численности как регулируемый процесс. Они считают, что случайные изменения её, вызванные прямым или косвенным воздействием абиотических

(главным образом физических) факторов, компенсируются деятельностью регуляторных механизмов, которые управляются изменениями плотности популяций по принципу отрицательной обратной связи. По мнению сторонников регуляционизма, в этой роли могут выступать биотические факторы среды, реагирующие на изменения численности других организмов.

Согласно представлениям большинства современных экологов, изменение численности насекомых рассматривается как взаимодействие различных механизмов. Г. А. Викторов подразделил их на модифицирующие и регулирующие. К модифицирующим он отнес климатические и другие геофизические факторы среды, к регуливающим – естественных врагов (паразиты, хищники, возбудители болезней), внутривидовые отношения (конкуренция), а также трофические факторы (количество, качество и доступность пищи).

Более двух десятилетий тому назад на примере лесных насекомых сформулирована трофическая теория динамики популяций. Основатель этой теории Д. Ф. Руднев считал главным фактором динамики численности стволовых и хвоегрызущих насекомых количество и качество пищи. Погода и другие экологические факторы, по мнению этого автора, оказывают опосредованное влияние на численность популяций через состояние кормовых растений, «... они могут лишь ускорить или замедлить темпы роста численности, основное направление которого определяется физиологическим состоянием самих растений».

В конце шестидесятых – начале семидесятых годов XX в. П. М. Рафес обосновал биогеоценологическую теорию динамики популяции лесных насекомых. Ее концептуальная основа — зависимость формирования и величины, а также изменений популяции от биогеоценоза как надсистемы, взаимозависимости предыдущего (растения) и последующего (фитофага) звеньев в цепях питания. Согласно этой теории, популяция в совокупности с регулирующими ее численность факторами представляет собой не самостоятельную систему, а отдельный элемент в биогеоценозе. При этом состояние популяции и изменения, которые она претерпевает, определяются потоком вещества, проходящим через нее по цепям питания и осуществляющим круговорот вещества в данном биогеоценозе [23]. П. М. Рафес на примере непарного шелкопряда сделал вывод о том, что массовые размножения каких-либо растительноядных насекомых — это признак того, что скорость поступления его пищевого ресурса возросла, поскольку улучшилось качество корма и увеличилась (например, благодаря погоде) возможность его потребления. Следовательно, считает автор, круговорот вещества и поток

энергии в биогеоценозе детерминирует продуктивность (величину) каждой популяции, а тем самым и соотношение численности партнеров по трофическим связям.

Оценивая биогеоценологическую теорию П. М. Рафеса как попытку системного подхода к анализу динамики популяций, следует признать, что она являлась одним из вариантов трофической теории [4].

Из теоретического обзора следует ряд методологических выводов.

1. Появление паразитарной, климатической, трофической и других теорий явилось закономерным историческим этапом экологических исследований; они соответственно отражали методологию того или иного периода развития экологии популяций.

2. Существование теорий, объясняющих динамику популяций на основе их взаимодействия с одним-двумя факторами среды, может быть лишь временным, ибо непрерывно накапливаются факты, которые не укладываются в рамки этих теорий [24].

3. В экологии насекомых назрела необходимость теоретического синтеза, предполагающего появление новой теории, в которой диалектически сняты ограниченности прежних [4].

4. Любая подлинно научная теория должна выполнять описательную, объяснительную, синтезирующую, а главное, прогностическую функцию.

Последнему требованию не отвечают названные теории динамики популяций.

Для создания теории, объясняющей повторяемость и цикличность массового размножения насекомых, необходим синергетический синтез с учетом системных закономерностей их развития и взаимодействия с системами более высокого уровня организации, нелинейности популяционной динамики и хаоса, режимов с обострением и ограниченности прогнозов [10–14].

1.2. Динамика численности популяций как элементарный фактор микроэволюции

На всеобщий характер колебаний численности особей в природных популяциях и возможное эволюционное значение этого явления впервые указал С. С. Четвериков [25] на примере «волн жизни» насекомых.

Впоследствии генетики и эволюционисты показали, что популяционные волны являются элементарным фактором микроэволюции. Они приводят к ослаблению естественного отбора при увеличении численности особей в естественных популяциях и усилению его при снижении численности.

Спустя два десятилетия С. С. Четвериков в работе «О некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения современной генетики» выполнил теоретический синтез дарвинизма и генетики и заложил основы популяционной генетики и генетической теории видообразования [26].

Благодаря названным работам в биологии твердо утвердилось фундаментальное значение популяций, из которых состоит население любого вида. Стало ясно, что именно на популяционном уровне происходят все эволюционные изменения, названные в 1938–1939 гг. Н. В. Тимофеевым-Ресовским микроэволюцией [27].

Детальные исследования по генетике популяций на примере насекомых были выполнены в 30-х годах XX в. Н. П. Дубининым и Д. Д. Ромашовым. Они обосновали теорию генетико-автоматических процессов, которые объясняют закономерности массовых появлений насекомых. Проведенные авторами анализы показали, что в течение всей жизни популяций в них совершаются генетико-автоматические процессы (ГАП) [28]. Они протекают в популяциях с постоянной численностью, но особенно интенсивны в период снижения численности, когда происходит перестройка генетической структуры популяций. При нарастании численности течение генетико-автоматических процессов чрезвычайно медленное, но тем не менее, продолжается непрерывная дифференциация генетического состава популяций.

Генетико-автоматические процессы могут оказывать значительное влияние на ход динамики численности, изменяя плодовитость и жизнеспособность особей в популяциях, особенно в тот момент, когда та или иная возникшая мутация попадает под давление естественного отбора. Изменения численности популяций являются выражением многообразных экологических зависимостей между средой и организмом. Посредством этих зависимостей внешняя среда реализует часть своего воздействия на генетическое строение вида и на его эволюционный процесс. Таким образом, теория генетико-автоматических процессов вскрыла некоторые причины колебаний численности насекомых, в основе которых лежит динамика генетического состава популяций.

Вопросы динамики популяций вредных насекомых и грызунов как ограниченные панмиксии были широко представлены в работах известного биолога-эволюциониста И. И. Шмальгаузена. Для теории динамики популяций в методологическом аспекте важны выводы И. И. Шмальгаузена [29] о четырех фазах изменений численности и вытекающих из них последствиях.

Первая фаза — рост численности в благоприятных условиях, при ослаблении действия естественного отбора — связана с накоплением и комбинированием мутаций (увеличение индивидуальной изменчивости).

Вторая фаза — относительная стабилизация, сопровождающаяся усилением конкуренции, а также прямой борьбы за существование — связана с эффективным отбором наиболее благоприятных комбинаций и сокращением изменчивости.

Третья фаза — более или менее резкое сокращение численности под давлением мощных элиминирующих факторов — связана с дальнейшим сокращением изменчивости и, частью, со случайным переживанием некоторых более благоприятных комбинаций.

Четвертая фаза — новое размножение — связана с быстрым распространением выживших комбинаций и дальнейшим накоплением новых мутаций.

И.И Шмальгаузен считал, что циклические изменения численности популяций вносят лишь частичное ограничение панмиксии в периоды депрессии, однако их эволюционное значение не подлежит сомнению.

Для познания закономерностей динамики популяций насекомых важны следующие выводы:

– популяции способны поддерживать свою численность в состоянии динамического равновесия, несмотря на постоянные изменения факторов внешней среды; это достигается адаптивными гомеостатическими реакциями отдельных особей, динамикой экологической структуры популяции и изменением ее генетического состава;

– колебания качества популяции — столь же характерный её атрибут, что и колебания численности.

Непрерывным условием поддержания жизнеспособности популяции в изменяющихся условиях среды, как считал автор, является высокая степень ее генетической разнородности, которая обеспечивается экологическими механизмами: различным образом жизни разных внутрипопуляционных групп животных, строгими закономерностями формирования пар, разной скоростью полового созревания самцов и самок, разным соотношением полов в разных возрастных группах и другими.

По С. С. Шварцу [30], экологические механизмы эволюционного процесса проявляются в трех важнейших формах, основанных на изменении возрастной структуры популяции (возрастной отбор), изменении численности (неизбирательная элиминация) и изменении пространственной структуры популяции.

Резкие изменения численности – важнейший фактор преобразования популяции, причем, вопреки общепризнанным представлениям, этот фактор (неизбирательная элиминация) оказывает на экологическую структуру популяции, как правило, строго избирательное действие, преобразуя её в определенных направлениях, соответствующих изменениям среды. Резкие колебания численности популяций, подобно возрастному отбору, содействуют быстрой мобилизации резервов популяции и, как правило, являются одним из факторов ее адаптивной эволюции [30].

В настоящее время имеется много фактов, показывающих, что обогащение генетического фонда популяций имеет фундаментальное значение. Поэтому, естественно, должны существовать специальные механизмы поддержания гетерогенности популяций. Один из таких механизмов — повышенная жизнеспособность гетерозигот. Гетерозиготность в популяциях достигается за счет перемешивания особей особенно в периоды миграций, когда увеличивается вероятность спаривания особей из популяций, разных по генетической структуре. Миграции и перемешивания являются для насекомых одним из основных механизмов поддержания генетической гетерогенности популяций и предотвращением обеднения общего генетического фонда.

Генетическая разнородность популяций является одной из предпосылок микроэволюционных преобразований. Однако, как справедливо указывал С. С. Шварц [30], «... Естественный отбор не может работать в кредит. Это значит, что генетическая разнородность популяций является не только предпосылкой их преобразований, но и повышает жизнестойкость популяции в текущий момент её истории».

Благодаря исследованиям С. С. Шварца [30] и других экологов-эволюционистов намечилось сближение эволюционных и экологических представлений. Положено начало новому этапу изучения экологических механизмов микроэволюционного процесса в развитии современной синтетической теории эволюции. Для этого этапа исследований было характерно познание экологического своеобразия популяций, соотношения между уровнем и типом динамики численности, плодовитостью, продолжительностью жизни и др., их экологической и генетической структуры. Изменение экологической структуры популяции, в том числе и изменение её численности, ведет не только к генетическому дрейфу, т. е. к случайному изменению частоты встречаемости разных генотипов, но и к направленному преобразованию генетического состава популяций (экологические механизмы эволюционного процесса). Всестороннее изучение этих закономерностей

создает предпосылки к разработке теории управления качественным составом популяции.

Синтез эволюционных и экологических представлений, создание единого эволюционно-экологического подхода в изучении проблем жизни способствовало выходу биологического познания за рамки эмпирической конкретности и знаменовало собой новый этап теоретизации биологии.

1.3. Теории, объясняющие закономерности популяционных циклов

Проблема массовых размножений насекомых в течение многих десятилетий занимает одно из центральных мест в экологических исследованиях во всем мире. Однако до настоящего времени повторяемость вспышек массовых размножений некоторых видов вредных насекомых остается предметом размышлений, а закономерности их почти не изучены [4].

Давно была замечена многолетняя повторяемость массовых размножений насекомых и других животных, которые интересовали Реомюра, Дарвина и Уоллеса, но закономерный характер этого явления впервые показал Ф. П. Кеппен [31] на примере анализа массовых появлений и миграций вредных саранчовых в России и странах Европы в период с 592 по 1866 гг.

На основе анализа исторических данных, в середине двадцатых — начале тридцатых годов XX в. экологами были выдвинуты теоретические представления о периодичности массовых размножений (грызунов и насекомых), их связи и взаимодействии с циклами солнечной активности, климата и естественных врагов (зоофагов и энтомофагов). Для объяснения причин циклических колебаний численности было предложено несколько различных теорий: метеорологическая, случайных колебаний, теория взаимодействия популяций (хищник – жертва, паразит – хозяин) и теория трофических уровней [32].

Однако все попытки связать циклические колебания численности с климатическими факторами пока остаются безуспешными [32].

В отечественной и зарубежной экологической литературе давно дискутируется вопрос о связи популяционных циклов насекомых и других животных с многолетней динамикой солнечной активности.

Этот вопрос, выросший в теоретическую проблему о возможности использования показателей последней в качестве критерия для прогнозирования появления вредителей сельскохозяйственных культур, всегда затрагивал основы теории динамики популяций [4].

Первая попытка установления связи массовых размножений насекомых принадлежала Ф. П. Кеппену [32]. Проанализировав массовые

размножения и миграции вредных саранчовых в России и странах Европы почти за 1300-летний исторический период, он сопоставил их с многолетней динамикой солнечных пятен и сделал вывод о том, что периоды с особенно сильными размножениями и дальними миграциями саранчовых в подавляющем большинстве случаев начинались в эпохи минимумов солнечной активности, через год после минимума или же за год до него.

Согласно его данным грандиозные вспышки численности саранчовых имели место в 1333–1339, 1689–1693, 1800–1806, 1822–1829, 1855–1862 гг. Эти периоды, продолжались несколько лет и заканчивались на шестой или седьмой год после минимума солнечных пятен [32].

Спустя полвека к этой проблеме вновь обратился Н. М. Кулагин [33]. Систематизировав исторические материалы массовых размножений саранчовых в России и некоторых странах Европы в XVIII и XIX вв. и сопоставив их с динамикой солнечных пятен, он пришел к выводу, что периодичность в динамике численности саранчовых отсутствует. Это объясняется сложностью тех факторов, которые обуславливают динамику их популяций. Массовые размножения саранчовых чаще наблюдаются в теплые годы, чем в холодные, хотя бывают и исключения [33].

Обобщив в 1930 г. хроники массовых размножений лугового мотылька в ЦЧО за 1854–1929 гг., Н. Н. Конаков также констатировал их совпадения с динамикой солнечной активности. В течение 61 года, с 1854 г. по 1915 г., вспышки численности этого вредителя имели место пять раз (1855, 1867, 1889, 1901 и 1912 гг.) со строгой приуроченностью к минимуму солнечных пятен или в год, предшествующий ему. Только в 1878 г. (год минимума) лугового мотылька не было, но зато в массе появились саранчовые, хлебные жуки, совка-гамма, непарный и сосновый шелкопряды. Начиная же с 1916 г. по 1922 г. вспышки численности лугового мотылька и азиатской саранчи наблюдались ежегодно, а в 1922 г. отмечено массовое размножение совки-гаммы и яблонной моли [34].

Со середины 50-х гг. XX в. проблема солнечно обусловленных вспышек численности насекомых особенно интенсивно разрабатывалась Н. С. Щербиновским для пустынной саранчи шистоцерки [35]. Цикличность, как указывал Н. С. Щербиновский, одна из характерных сторон в жизни и размножении пустынной саранчи. Согласно его данным, вспышки размножения этого вредителя за 150 лет имели место 13 раз и повторялись со средними промежутками между максимумами вспышек в 11,5 года. Кроме того, наблюдалась синхронность в началах, течении и затухании вспышек численности саранчи на громаднейшей территории

двух материков, от Индии до Марокко. Эти факты указывают, что размножение шистоцерки зависит не только от экологических условий мест ее обитания, но и каких-то процессов, охватывающих целые континенты и обуславливающих более или менее аналогичные изменения экологической среды в постоянных резервациях вредителя, удаленных друг от друга на десятки тысяч километров. Основная причина цикличности массовых размножений пустынной саранчи, по Н. С. Щербиновскому [35], изменение солнечной активности, оказывающей влияние на динамику и циркуляционный режим атмосферы и, соответственно, погоду в зоне первичных очагов размножения этого вредителя. Именно на эти изменения шистоцерка реагирует цикличностью размножения и миграциями стай, улетающих на тысячи километров от своих первичных очагов. Автор считал, что в условиях саванн, пустынь и полупустынь эволюционно изменялась форма существования шистоцерки и миграции ее стай как в течение каждого года, так и во время циклов массовых ее размножений, которые могут быть оценены как реакция вида на геологический ход ритмов погодных условий в пустынных зонах основного ее обитания.

Н. С. Щербиновский [35] писал, что в период муссонов, в засушливых районах тропической зоны начинается бурный рост растительности, а это в свою очередь приводит к резкому увеличению численности саранчи, образованию последней стадной формы, которая совершает далекие миграции. Он доказал, что миграциям присущи те же циклы, что и солнечной активности. При этом решительным образом отметал все антинаучные объяснения причин временных массовых размножений и вымираний насекомых, как саморегулирование видовой жизни организмов или «подвижное равновесие» между «хозяевами» и их паразитами и стремился диалектическими методами вскрыть существующие в природе материальные причины наблюдаемых явлений, поднимая глаза от земной поверхности в воздушную среду, в которой трансформируется энергия, идущая к нам от единственного, источника энергии нашей планетной системы – Солнца [35, С. 29–30].

Позднее Н. С. Щербиновский в 60-х гг. XX в. развил представление о солнечно обусловленных всплесках численности всех вредных насекомых, а для улучшения методов прогноза их массовых размножений рекомендовал учитывать трехчленную зависимость и обусловленность:

- ритмику переменной солнечной активности;
- режим циркуляции атмосферы, подчиненный не только вращению

Земли вокруг оси, но и импульсам волновой и корпускулярной радиации Солнца;

– экологические изменения в биоценозах, вызываемые меняющимися в пространстве и во времени сезонными изменениями режима погоды под влиянием солнечной активности и деятельности человека.

Основополагающие работы Н. С. Щербиновского явились весомым вкладом в обоснование проблемы «Солнце – биосфера». Они в своё время по достоинству были оценены А. Л. Чижевским [36].

Однако среди энтомологов эти работы в то время не получили признания, главным образом потому, что естествознание ещё не располагало убедительными доказательствами реальности связей между Землёй и космическим пространством – проблемой очень сложной и мало знакомой экологам [37].

Детальные исследования закономерностей изменений численности непарного шелкопряда были выполнены В. И. Бенкевичем [37]. Он проанализировал хроники массовых размножений этого вредителя в европейской части СССР за последние 100 лет и показал их связь с солнечной активностью, циркуляционным режимом атмосферы, погодой и климатом. Большинство вспышек численности непарного шелкопряда, как установил автор, имели место на ветви спада и в минимуме 11-летних циклов солнечной активности или же через 2, 3, 4 года после максимума индекса рекуррентности и максимума развития меридиальных процессов атмосферной циркуляции в мае, июне или ноябре – марте. Солнечная активность создает циклический фон массовых размножений непарного шелкопряда, причем она не является рядовым модифицирующим фактором. Регулирующая роль активности Солнца проявляется в упорядочении мощности воздействия прочих модифицирующих факторов и придании им свойственной цикличности [37].

Акридолог А. Н. Добрецов [38] также считал, что между популяционными циклами саранчовых и солнечными циклами имеется тесная связь. Так, анализируя цикличность вспышек численности нестадных саранчовых в Красноярском крае, он пришел к выводу о связи их с засухами, которые в этом регионе приходятся в основном на девятый или десятый годы одиннадцатилетнего солнечного цикла.

С цикличностью солнечной активности связывали вспышки массовых размножений вредных насекомых многие зарубежные экологи [4].

Тем не менее, гипотезу солнечно-земных связей массовых размножений насекомых с солнечной активностью не признавал известный японский эколог Мияшита. Он отрицал периодичность массовых размножений вредных насекомых и их солнечную обусловленность. Показательны его результаты исследований с детальным анализом многолетних (за 60–70 лет) изменений

численности 12 видов вредителей сельского и лесного хозяйства в различных регионах Японии [39]. Основной вывод автора: для большинства видов вредителей вспышки массовых размножений нерегулярны, продолжительность их неодинакова. Исключение составляют лишь стадные саранчовые, динамика численности которых совпадает с многолетними изменениями солнечной активности. Массовые размножения вредителей леса и динамика активности Солнца в различных областях Германии асинхронны – таков вывод немецкого эколога Климетцека [40].

Главная причина скепсиса, как нам представляется, заключается в устаревшем методологическом подходе к оценке цикличности динамики популяций, состоящем в однозначном объяснении этого сложного экологического процесса, в попытке свести изменения численности к одному или нескольким средовым факторам, выделить из них главный, которого, с точки зрения системного подхода, быть не может!

Не менее важной причиной противоречий, имеющих в экологической литературе, является линейный подход к объяснению характеристик солнечной активности и её земных проявлений, а нередко и непонимание факта о наличии у самоорганизующихся систем, каковыми являются популяции, биогеоценозы и биосфера, прямых и обратных связей, обеспечивающих иерархичность, взаимодействие, синхронизацию и гомеостаз. Согласно современным представлениям, солнечная активность это сложная открытая система со странными аттракторами и хаосом, она обладает чувствительностью к начальным условиям, а её показатель W (число Вольфа) измеряется довольно грубо, поэтому можно рассчитывать только на прогноз нескольких долговременных колебаний солнечной активности [11].

В этой связи справедливы указания оппонентов на отсутствие анализа и подтверждения сопряженности солнечно-экологических связей [22].

В своё время Г.А. Викторов писал, что «установление связи между колебаниями численности и ритмикой солнечной активности требует более основательных доказательств, основанных на выяснении причинных зависимостей, а не на простой констатации цикличности с определенным средним периодом колебаний» [22. – 40 с].

Это обстоятельство вызывало, естественно, определенный скептицизм у части отечественных и зарубежных экологов, даже в тех случаях, когда солнечно-экологическая синхронизация была установлена на основании качественной модели.

Ситуацию в гелиобиологии в свое время удачно охарактеризовал Ю.И. Витинский [41], указав, что в настоящее время скептиков по отношению

к реальности влияния солнечной активности на биосферу, особенно среди биологов и медиков, пока не меньше, чем сторонников этой точки зрения.

По нашему мнению, это в какой-то мере объясняется и тем, что нередко исследователи солнечно земных связей отождествляют термины периодичность, ритмичность и цикличность [42]. В целях четкого разграничения этих понятий и необходимости теоретического обоснования закономерностей массовых размножений насекомых, мы считаем необходимым в своих обобщениях и исследованиях использовать следующие термины и понятия.

Цикл — законченный или незаконченный (прерванный) процесс, элементы которого (фазы, стадии, этапы и т. д.), следуя друг за другом или чередуясь, составляют единый ряд, единое целое.

Цикличность — наличие, существование цикла или циклов в развитии (или строении) чего-либо.

Ритм — закономерное (равномерное) чередование, следование (соотношение) и (или) повторение каких-либо элементов, присущее развитию, течению какой-либо системы в пространстве и во времени.

Ритмичность — наличие ритма в развитии (или строении) чего-либо. Ритм и ритмичность проявляются не только в сочетании, чередовании и повторении циклов, но и в самих циклах, внутри них. Не совсем правильно значение термина ритм сводить только к равномерной повторяемости, периодичности, ибо последняя, хотя и широко распространенный, но всего лишь частный случай ритмичности. Таким образом, ритм — это наиболее общее свойство организации неживой и живой материи, а проявление его закономерностей беспредельно.

Период — промежуток времени (или иного измерения), в течение которого что-нибудь происходит (начинается, развивается и заканчивается). Следовательно, период цикла — это промежуток времени, в течение которого он протекает (от его начала до окончания).

Периодичность — закономерная (в том числе равномерная) повторяемость каких-либо (законченных) явлений, процессов (циклов) во времени и (или) в пространстве через определенные, но обязательно равные единицы какой-либо системы измерения. Различие понятий цикла, ритма и периода авторы кратко сформулировали так: цикл – это процесс, явление; ритм – его характеристика, внутренняя организация, структура; период – мера (в любых единицах измерения) процесса, явления от начала до конца.

Такая характеристика процессов и явлений, протекающих в неорганическом и органическом мире, во многом созвучна диалектической

концепций развития, согласно которой повторяемость (цикличность) — это необходимый признак всякого закона, наличие у процессов и явлений внутренней закономерности, носящей объективный характер.

По мнению учёных, биологические процессы и явления цикличны. Цикличность их объясняется, с одной стороны, постоянным воздействием внешних космических факторов, с другой – автоколебаниями, присущими любой материальной системе [36; 43].

2. Полицикличность, синхронность и нелинейность массовых размножений насекомых

2.1. Хроника массовых размножений некоторых насекомых (виды, годы массовых размножений, регионы)

Саранча пустынная, или шистоцерка – *Schistocerca gregaria* Forsk.

Саранча пустынная распространена в тропических и субтропических регионах Африки и Юго-Западной Азии.

Нами обобщены и дополнены исторические сведения о массовых размножениях шистоцерки в ареале, который условно разделен на четыре региона: восточный, западный, центральный, южный. В восточный регион входят Афганистан, Ирак, Иран, Пакистан, Индия, Саудовская Аравия, Йемен, Оман, Эритрея, Эфиопия, Сомали и Египет; в западный: Мавритания, Синегал, Мали, Нигер, Гвинея, Гвинея-Биссау, Буркина-Фасо и Западная Сахара; в центральный: Ангола, Замбия, Заир, Судан и Чад; в южный: Ботсвана, Намибия и Южная Африка.

В восточном регионе массовые размножения саранчи пустынной имели место в 1843–1845, 1862–1873, 1875–1881, 1889–1908, 1912–1919, 1926–1936, 1939–1946, 1950–1954, 1966–1968, 1972–1975, 1981–1983, 1986–1990, 1992–1995, 2003–2004 гг.; в западном — 1863–1867, 1890–1894, 1900–1903, 1905–1911, 1913–1919, 1926–1936, 1940–1947, 1950–1952, 1966–1968, 1972–1975, 1979–1983, 1986–1989, 1992–1995, 2003–2004 гг.; в центральном — 1863–1866, 1869–1870, 1877–1880, 1889–1896, 1903–1909, 1913–1917, 1926–1932, 1936–1939, 1940–1952, 1965–1970, 1973–1980, 1986–1990, 1992–1995, 2003–2004 гг.; в южном — 1900–1909, 1912–1917, 1926–1932, 1940–1947, 1950–1962, 1968–1970, 1978–1981, 1986–1990, 1992–1995, 2003–2004 гг. В ареале массовые размножения саранчи пустынной имели место в 1800–1803, 1810–1813, 1821–1826, 1833–1834, 1843–1845, 1860–1866, 1878–1881, 1890–1896, 1900–1909, 1913–1917, 1926–1932, 1939–1946, 1950–1960, 1965–1970, 1973–1980, 1986–1990, 1992–1995, 2003–2004 гг.

Саранча африканская мигрирующая – *Locusta migratoria migratorioides* R. et F.

Распространена во всех государствах Африки, а за период 1889–2003 гг. её массовые размножения были в 1889–1892, 1903–1907, 1913–1914, 1927–1929, 1936–1938, 1946–1951, 1953–1956, 1961–1968, 1977–1978, 1986–1989, 1992–1994, 2003–2004 гг. В 1889 г. Д. Карутерс наблюдал перелет

этой саранчи через Красное море. Стая ее включала примерно 40 млрд. особей, а их масса превышала массу меди, свинца и цинка, добытых за весь XIX в. В 1954 г. 10 млрд. особей этого вида вредителя превратили в безжизненную пустыню около 500 км² цветущего края в Кении. В 1998 г. стаи перелетной саранчи *Locusta migratoris capito* Sans. опустились на о. Мадагаскар и уничтожили 2 млн. га риса. А в 2004 г. из Египта налетела на Израиль стая саранчи длиной 10 км.

Саранча африканская красная – *Nomadacris septemfasciata* Serv.

С 1847 г. по 2004 г. в Намибии, Ботсване и Замбии отмечено 13 массовых размножений этого вида: 1847–1857, 1891–1892, 1906–1907, 1913–1920, 1927–1930, 1935–1938, 1940–1944, 1956–1958, 1961–1968, 1977–1978, 1986–1989, 1993–1994, 2004–2005 гг.

Саранча перелетная австралийская – *Chorthoicetes terminifera* Walk.

В восточных и северо-западных регионах Австралии массовые размножения этого вида отмечены в 1934, 1937–1939, 1946–1947, 1950–1951, 1953–1955, 1973–1974, 1977–1979, 1984–1987, 1990, 1999–2001, 2006 гг.

Прус, или саранча итальянская – *Calliptamus italicus* L.

По данным летописей, массовые размножения этого вредителя в Киевской Руси были в 1008, 1024, 1083–1086, 1092, 1094–1095, 1103, 1195–1196, 1408, 1501, 1534, 1536, 1541–1542, 1579, 1583, 1601–1603, 1615, 1646–1648, 1652, 1685; в Украине: 1688–1690, 1710–1713, 1719–1720, 1743–1744, 1748–1749, 1756–1757, 1780–1783, 1793–1794, 1796–1799, 1803–1810, 1820–1823, 1825–1829, 1834–1839, 1841–1843, 1850–1852, 1859–1860, 1862–1864, 1866–1869, 1884–1888, 1890–1893, 1901–1903, 1910–1913, 1923–1925, 1930–1932, 1937–1939, 1945–1947, 1951–1953, 1995–1997, 2003 гг.

Саранча мароккская – *Doclostaurus maroccanus* Thnb.

Ареал саранчи мароккской — степи юго-запада Украины, Южного Крыма, предгорья Предкавказья, Закавказья, Средней Азии и Казахстана. Как вредитель сахарной свеклы саранча мароккская отмечена в Венгрии, Болгарии, Греции, Югославии (Самраг, 1973). Массовые размножения этого вредителя в Болгарии – 1901–1902, 1905, 1909, 1929–1932, 1939; Венгрии – 1919–1925, 1937–1940, 1948–1949; Югославии – 1930–1933, 1946–1948; Сирии – 1949, 1974; Сомали – 1953; Марокко – 1955; Ираке – 1960; Казахстане – 1993, 2000, 2006–2008; Афганистане – 2002; Чечне – 2000–2001 гг.; Афганистане, Армении, Азербайджане и Турции – 2010 г.

Саранча перелетная, или азиатская – *Locusta migratoria* L.
в Украине *L. migratoria rossica* Uv. Et Zol.

Массовые размножения были в следующие годы: 1708–1712, 1719–1720, 1726–1732, 1745–1748, 1756–1757, 1780–1785, 1793–1794, 1797–1799, 1804–1806, 1822–1825, 1834–1836, 1844–1848, 1850–1858, 1853, 1855–1860, 1862–1864, 1866–1868, 1875–1876, 1880–1882, 1890–1894, 1896–1897, 1899, 1912, 1920–1923, 1933, 1938, 1946, 1959–1961, 1995–1996 гг.

Нестадные саранчовые (кобылки) – бескрылая – *Podisma pedestris* L., сибирская – *Gomphocerus sibiricus* L., крестовая – *Paracryptera microptera* F.-W. и темнокрылая – *Stauroderus scalaris* F.W.

Массовые размножения их в Красноярском крае – 1726, 1755–1756, 1839–1840, 1902–1903, 1911–1913, 1942–1943, 1946–1948, 1951–1955, 1962–1967, 1986–1988, 1999–2002 гг.

Хрущи майские – *Melolonta* sp.

1856–1861, 1863–1864, 1867–1868, 1879–1880, 1892–1893, 1895–1896, 1899–1900, 1905–1906, 1929–1932, 1936–1938, 1946–1947, 1949–1952, 1957–1958, 1962–1963, 1965–1966, 1985–1986, 2009–2010 гг.

Кравчик-головач – *Letrus apterus* Lax.

1846–1847, 1852, 1867, 1873, 1879–1880, 1898–1902, 1933–1935, 1972, 1975, 2000–2001 гг.

Щелкуны и чернотелки – *Elateridae*, *Tenebrionidae*

1873, 1879, 1881, 1885–1890, 1900, 1916–1920, 1931–1940, 1972–1975, 1989–1990 гг.

Медляк песчаный – *Opatrum sabulosum* L. и чернотелка кукурузная – *Pedinus femoralis* L. (жуки)

1879–1881, 1925–1926, 1930, 1936, 1938, 1945–1948, 1953–1954, 1983–1985 гг.

Совка озимая – *Scotia segetum* Schiff.

Первое массовое размножение этого вредителя в Европе было отмечено в 1572 г., в Украине – 1638 г., в Поволжье – 1764 г. В 1790 г. гусеницы этого вредителя уничтожили зерновые колосовые в Латвии, в 1795 г. в Санкт-Петербургской губернии. В начале XIX в. совка озимая сильно вредила в Нечерноземной полосе России и в странах Прибалтики. За исторический период 1813–1999 гг. в Украине было 22 массовых размножения совки озимой: 1813–1819, 1823–1825, 1836–1842, 1846–1852, 1855–1856, 1867–1868, 1880–1881, 1892–1896, 1899–1900, 1907–1909, 1915–1919, 1923–1924, 1936–1940, 1946–1950, 1955–1957, 1964–1968, 1971–1973, 1981–1984, 1997–1998 и 2007–2008 гг.

Совка восклицательная – *Scotia exclamationis* L.

Массовые размножения этого вредителя в Украине были в 1836–1840, 1843–1844, 1850–1852, 1855–1856, 1860, 1869–1870, 1879–1880, 1893–1895, 1907–1909, 1923–1924, 1936–1940, 1967–1968, 1972–1973, 1976, 1982–1984, 1987, 1995–2003 гг.

Совка-гамма – *Autographa gamma* L.

В Украине массовые размножения совки-гаммы зарегистрированы в 1829, 1833, 1839–1840, 1854, 1859–1860, 1864–1865, 1870–1871, 1879–1880, 1888–1889, 1899–1900, 1910, 1912–1913, 1922, 1928–1930, 1946, 1953, 1960–1961, 1988, 1995–1996 гг.

Совка люцерновая, или льняная – *Heliotis virescens* Hfn.

За столетие (1875–1976 гг.) в Украине массовые размножения совки люцерновой были в 1875, 1879, 1881–1882, 1886–1888, 1892–1894, 1897–1898, 1904–1905, 1928, 1934, 1945, 1948–1949, 1953, 1976–1977 гг.

Совка капустная – *Mamestra brassicae* L.

В Украине вспышки её массового размножения имели место в 1871, 1878–1879, 1896, 1904–1905, 1908–1909, 1912–1914, 1922–1923, 1927–1928, 1932–1933, 1937–1938, 1956–1957, 1964–1965, 1969–1970, 1973–1975, 1985–1986, 1990–1991, 1994, 1997–1998, 2000–2002 гг.

Совка луговая восточная – *Mythimna unipuncta* Haw.

На Дальнем Востоке её массовые размножения имели место в 1926, 1939, 1943, 1950, 1953, 1955, 1966–1967, 1969–1970, 1972–1973, 1975, 1978, 1983, 1985 гг.

Мотылек стеблевой – *Ostrinia nubilalis* Hb.

С 1852 г. по 2006 г. в Украине было 11 вспышек массового размножения этого вредителя: 1852, 1869–1870, 1879–1880, 1886–1887, 1892–1901, 1911–1918, 1929–1934, 1961–1962, 1977–1978, 1986–1996, 2006–2008 гг.

Мотылек луговой – *Margaritita sticticalis* L.

Первое, известное из летописи, массовое размножение в Украине датировано 1686 г. (Летопись Самовидца, 1878, с. 164), второе – 1769 г. Согласно уточнённым данным, его массовые размножения в Украине были в 1855, 1869, 1880, 1901, 1912–1913, 1920–1921, 1929–1932, 1935–1936, 1956, 1975 и 2011–2013 гг.

Черепашка вредная – *Eurygaster integriceps* Put.

В европейском ареале массовые размножения черепашки вредной известны с XIX в., в азиатском – с конца первого столетия нашей эры. В Ираке во время правления Харун-Ар-Рашида (766–809) – халифа из династии Аббасидов арабы несколько лет голодали из-за гибели посевов пшеницы

и ячменя от повреждений их клопами. В Иране, согласно легендарным сведениям, Надир-шах Афшар (1688–1747), в 1736 г. во время массового размножения черепашки вредной, приказал своим воинам выжечь дикорастущие злаки в горных очагах зимовки хлебных клопов и тем самым – указывается в легенде – освободил Иран от нашествия этих вредителей. Если легендарные сведения верны, то через 200 лет, а именно, в 1936–1937 гг. массовое размножение черепашки вредной вновь повторилось в странах Ближнего и Среднего Востока, в Казахстане, республиках Средней Азии, на Кавказе, в Поволжье и Украине.

Становление черепашки вредной как опасного вредителя пшеницы и ячменя осуществлялось на протяжении нескольких последовательных исторических этапов.

Первый этап – формирование центров первичной вредоносности клопов и, соответственно, предпосылки для очагового увеличения их численности. Второй этап – расселение клопов и обособление их географических популяций в результате развития земледелия в Передней и Средней Азии и Закавказье, с последующим расселением их в Юго-Восточную Европу, степные и лесостепные районы Азии и Европы.

В Ставропольском крае, согласно уточненным нами данным, массовые размножения черепашки вредной были в 1854–1856, 1865–1867, 1880–1884, 1892–1896, 1901–1905, 1909–1912, 1926, 1937–1941, 1950–1952, 1967–1968, 1984–1986, 1992–1994, 1997, 2003, 2007, 2009 гг. – начало очередного.

В Краснодарском крае: 1854–1856, 1865–1867, 1880–1884, 1892–1896, 1901–1905, 1909–1912, 1925–1926, 1937–1941, 1950–1956, 1967–1968, 1984–1986, 1996–2000, 2009 – начало очередного.

В Ростовской области: 1892–1893, 1901–1905, 1909–1912, 1916, 1923–1924, 1937–1941, 1948–1949, 1955–1958, 1967–1968, 1984–1986, 1992–1994, 1996–2000, 2009 – начало очередного массового размножения.

В республиках Адыгея, Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесия, Северная Осетия (Алания), Калмыкия, в Волгоградской области очередное массовое размножение черепашки вредной началось с 2008 г., в Чечне – с 2007 г.

В степной зоне Поволжья массовые размножения хлебных клопов имели место в 1890–1892, 1900–1905, 1909–1912, 1931, 1937–1941, 1952–1956, 1967–1968, 1972–1973, 1986–1988, 1996–2000, с 2008 г. – начало очередного.

В Центральном черноземном районе России черепашка вредная была в массе в 1890–1894, 1901–1904, 1909–1912, 1937–1941, 1954–1956,

1967–1968, 1984–1986, 1996–2000, 2009 г. – начало очередного массового размножения.

Массовые размножения девяти географических популяций черепашки вредной (днепропетровской, донецкой, запорожской, кировоградской, луганской, николаевской, одесской, харьковской и херсонской) в Украине были в 1890–1896, 1901–1902, 1909–1912, 1925–1926 (луганской, одесской и харьковской), 1937–1941, 1950–1956, 1967–1968, 1972–1973 (харьковской и херсонской), 1980–1984, 1992–1995, 2008 – начало очередного массового размножения.

Массовые размножения крымской географической популяции вредной черепашки были в 1870–1871, 1880–1881, 1890–1892, 1916, 1931, 1938–1941, 1955–1958, 1997–1998, с 2010 г. началось очередное массовое размножение черепашки вредной во всех административных районах АР Крым.

В странах Ближнего и Среднего Востока массовые размножения хлебных клопов, согласно уточненным нами сведениям, были: в Ираке – 1909–1912, 1920–1921, 1924–1928, 1937–1938, 1943–1949, 1953–1958, 1978–1981, 1986–1991, 1997–1998 гг.; Иране – 1735–1736, 1909–1911, 1920–1921, 1924–1932, 1937–1938, 1943–1949, 1953–1958, 1978–1981, 1986–1991, 1997–1998 гг.; Иордании – 1924–1928, 1935–1938, 1943–1949, 1953–1958, 1989–1992, 1997–1998 гг.; Ливане – 1924–1928, 1935–1938, 1956–1958, 1961–1966, 1989–1992, 1997–1998 гг.; Палестине – 1920–1921, 1924–1928, 1937–1938, 1953–1958, 1989–1992, 1997–1998 гг.; Сирии – 1909–1914, 1924–1928, 1937–1938, 1953–1958, 1961–1966, 1989–1992, 1997–1998 гг.; Египте – 1931–1933, 1939–1941, 1956–1958, 1967–1972, 1979–1990, 1997–1998 гг.; Турции – 1886–1889, 1909–1911, 1927–1930, 1932–1933, 1939–1941, 1956–1958, 1978–1981, 1986–1991, 1997–1998 гг.; Пакистане – 1940–1946, 1956–1958, 1978–1981, 1986–1991, 1997–1998 гг.; Марокко (австрийский, маврский клопы и черепашка вредная) – 1932–1934, 1940–1947, 1953–1955, 1967–1990, 1997–1998 гг.

В Казахстане массовые размножения черепашки вредной имели место в 1901–1905, 1907, 1913, 1915, 1918, 1920–1922, 1924–1928, 1940–1943, 1961–1966, 1986–1988, 1997–1998 гг.; Киргизии – 1901–1905, 1907, 1913, 1915, 1918, 1920–1922, 1924–1928, 1939–1943, 1961–1966, 1986–1988, 1997–1998 гг.; Узбекистане – 1901–1905, 1909–1913, 1915, 1918, 1920–1922, 1924–1928, 1939–1943, 1961–1966, 1986–1988, 1997–1998 гг.; Таджикистане – 1901–1905, 1907, 1909–1912, 1915, 1918, 1920–1922, 1924–1928, 1939–1943, 1961–1966, 1986–1988, 1997–1998 гг.;

Туркменистане – 1900–1905, 1907, 1909–1913, 1915, 1918, 1920–1921, 1924–1928, 1939–1943, 1961–1966, 1986–1988, 1997–1998 гг.

В Палеарктике – 1854–1856, 1865–1867, 1880–1886, 1890–1896, 1900–1905, 1909–1914, 1920–1922, 1924–1928, 1931–1933, 1937–1943, 1948–1957, 1964–1970, 1972–1981, 1984–1991, 1996–2003, 2008–2010 гг.

Черепашки австрийская, маврская и вредная в Болгарии, Венгрии, Германии, Италии, Польше, Португалии, Румынии, Чехословакии и Югославии: 1929–1933, 1950–1956, 1964–1970, 1977–1981, 1984–1986, 1996–1998, 2008–2010 гг.

Жужелица хлебная малая – *Zabrus tenebrioides* Geoez

За период с 1860 г. по 2001 г. в степной и лесостепной зоне Украины отмечено 13 массовых размножений этого вредителя: 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 гг.

Муха гессенская – *Mayetiola destructor* Say.

С 1847 г. по 2000 г. в Украине массовые размножения мухи гессенской были в 1847–1848, 1852, 1855–1856, 1874–1876, 1879–1881, 1896–1898, 1900–1903, 1906–1911, 1923–1925, 1930–1932, 1936–1938, 1947–1948, 1952–1955, 1961–1963, 1968–1969, 1972–1973, 1979–1980, 1986–1987, 1991–1992, 2003–2007 гг.

Муха шведская овсяная – *Oscinella frit* L.

Муха шведская с 1825 г. по 1837 г. в западной части Латвии, с 1867 г. по 1870 г. в Германии и Польше сильно вредила зерновым культурам. В Украине её массовые размножения имели место в 1880–1882, 1890–1892, 1902–1903, 1907–1909, 1911–1912, 1923–1925, 1930–1932, 1949–1953, 1961–1962, 1972–1975, 1985–1986, 1991–1992, 2000–2003 гг.

Кузька, или жук хлебный – *Anisoplia austriaca* Hrb.

За период (1841–1996 гг.) в Украине зарегистрировано 17 массовых размножений кузьки: 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, 2003–2007 гг.

Совка зерновая обыкновенная – *Aramea sordens* Hfn.

В лесостепной зоне Украины массовые размножения этого вредителя были в 1871, 1881, 1885–1887, 1896, 1911–1913, 1923–1924, 1933, 1939–1940, 1946–1947, 1950–1951, 1960, 1963–1965 гг.

Совка зерновая серая – *Aramea anceps* Schiff.

Массовые размножения совки зерновой серой известны в Северном Казахстане в 1887–1888, 1901–1903, 1911–1912, 1924–1926, 1937–1939,

1949–1951, 1957–1959, 1965–1966, 1969–1970, 1974–1975, 1980–1981, 1992, 2003–2004 гг.

Совка яровая – *Amphiposa fuscosa* Frr.

Массовые размножения в Украине были в 1877–1879, 1886–1887, 1889–1892, 1913–1914, 1929–1932, 1960, 1986–1989 гг.; в Татарстане – 1877–1881, 1885, 1960, 1986–1987 гг.; на юге Московской обл. – 1913–1914 гг.

Совка стеблевая южная – *Oria musculosa* Нв.

В степной зоне Украины массовые размножения были в 1882, 1884, 1886–1889, 1891–1896, 1898–1902, 1910–1913, 1931–1933 гг.

Совка травяная – *Cerapteryx graminis* L.

Гусеницы повреждают рожь, овес, ячмень, луговые травы. В Украине (Лесостепь и Полесье) вредила в 1842, 1847–1849, 1854–1855, 1866–1867, 1878, 1880, 1882, 1886–1889, 1896, 1912, 1919, 1923, 1926–1928 гг. В северных уездах Карелии и в Ленинградской губ. – 1924–1927 гг. В 1907 г. в Финляндии, до этого в 1866–1867, 1880–1881, 1882–1883, 1885–1886, 1891–1893, 1896–1897, 1914, 1916, 1920–1921 и 1925–1926 гг. в Швеции – 1890–1891, 1911–1916 и в 1921 гг.; в Норвегии – 1899, 1911 и 1917 гг.; в Англии – 1917 и 1919 гг.; в Дании – 1923 г.; в Шотландии – 1917 г.; в Германии – 1923–1924 гг. и 1928 г.; в Австро-Венгрии – 1915 г. В Прибалтийских государствах: Курляндия – 1854 г. в окрестностях Литавы в 1829 г., у Риги и Ревеля, где совместно с совкой-гаммой истребила посевы гороха. Повреждения льна и гороха известны в 1787 г. (Гримм, 1874).

Пьявица красногрудая – *Ouleta melanopus* L.

За последние 118 лет пьявица красногрудая размножалась в массе в Украине в 1878–1880, 1882, 1894–1895, 1907–1910, 1912–1914, 1934–1935, 1938–1939, 1952, 1955–1956, 1962–1963, 1971–1972, 1983–1988, 1995–1996 гг.

Пиляльщик хлебный обыкновенный – *Cephus pygmaeus* L.

Массовые размножения в Украине имели место в 1850, 1870, 1875–1878, 1880–1883, 1887–1888, 1893–1895, 1902–1903, 1907–1910, 1912–1914 гг. В последнее столетие этот вредитель находится в депрессии, а его численность не превышает ЭПВ.

Зеленоглазка – *Chlorops pumilionis* Bjerck.

В Украине (главным образом в Полесье) массовые размножения ее были в 1879–1881, 1887–1888, 1923–1924, 1952–1954, 1956–1957 и 1962–1963 гг.

Опомиза пшеничная – *Oromyza florum* L.

В зоне Полесья – 1829, 1968–1969, 1980–1984, 1986–1987, 1990–1991 гг.

Тля гороховая – *Acyrtosiphon pisum* Harris.

В Украине в массе – 1903–1905, 1911, 1913–1914, 1923, 1926, 1929, 1931–1932, 1937, 1963–1964, 1973 и 1986 гг.

Блошки свекловичные – *Chaetocnema* sp.

1841–1842, 1852, 1858, 1878–1880, 1922, 1933, 1946–1947, 1953–1954, 1958–1959, 1968–1969, 1990 гг.

Щитоноска свекловичная – *Cassida nebulosa* L.

1834, 1841, 1859, 1871, 1878, 1897, 1903, 1911–1912 и 1915 гг.

Щитоноска зеленая – *Cassida viridis* L.

1840–1841, 1859–1860, 1871, 1878, 1897, 1903, 1911–1912 гг.

Долгоносик свекловичный обыкновенный – *Asproparthenis punctiventris* Germ.

Массовые размножения долгоносика свекловичного обыкновенного в Украине были в 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 гг.

Моль капустная – *Plutella maculipennis* Curt.

1908, 1914–1916, 1923, 1928, 1938, 1946, 1952, 1958, 1964, 1970–1972, 1976–1978, 1987–1988, 1995–2000 гг.

Беянка капустная – *Pieris brassicae* L.

Массовые размножения этого широко распространенного вредителя в Украине были в 1846–1847, 1851–1852, 1854–1855, 1862, 1866, 1868, 1910, 1913, 1927, 1931–1932, 1936–1937, 1947–1948, 1972–1974, 1981–1982, 1991–1992, 2001–2002 гг.

Пиляльщик рапсовый – *Athalia rosae* L.

1756, 1760, 1782, 1806, 1818, 1833, 1835–1836, 1838, 1866, 1878–1879, 1889, 1895–1896, 1922–1924, 1925–1928, 1956, 1978–1979 гг.

Долгоносик вишневый – *Rhynchites auratus* Scop.

1903, 1913–1914, 1916–1917, 1924–1925, 1937–1941, 1947–1949 гг.

Боярышница – *Aporia cratalgi* L.

1838–1839, 1849–1853, 1859–1860, 1867–1869, 1896–1897, 1906–1907, 1910–1911, 1916–1917, 1923–1925, 1933–1934, 1946–1948, 1954–1956, 1966–1967, 1980–1983, 1993–1994, 2003–2004 гг.

Моль яблонная – *Iponomeuta malinellus* Zell.

1843–1845, 1857–1858, 1874–1875, 1884–1885, 1894–1896, 1903–1905, 1916–1919, 1924–1925, 1934–1936, 1946–1948, 1957–1959, 1965–1967, 1973–1975, 1985–1987, 1994–1996 гг.

Шелкопряд кольчатый – *Malacosoma neustria* L.

1826–1829, 1838–1839, 1843–1844, 1849–1850, 1856–1857, 1862–1866, 1882–1883, 1889–1890, 1903–1907, 1915–1916, 1923–1925, 1933–1936, 1947–1948, 1956–1957, 1967–1968, 1977–1978, 1987–1988, 1998–1999 гг.

Плодожорка яблонная – *Laspeyresia pomonella* L.

1855–1856, 1868–1869, 1879–1880, 1885, 1888–1890, 1894–1896, 1898–1899, 1936–1937, 1950–1952, 1955–1956, 1960–1961, 1986–1987, 1993–1996, 2007–2008 гг.

Пяденица зимняя – *Operophtera brumata* L.

1844–1845, 1848–1850, 1856, 1868–1869, 1880–1881, 1892–1893 1903–1904, 1911–1912, 1948–1951, 1953–1954, 1960–1965, 1967, 1972–1977, 1979–1980, 1986, 1993–1994, 1999–2001 гг.

Листовертка дубовая зеленая – *Tortrix viridana* L.

1853–1854, 1864, 1875, 1886, 1906–1910, 1923–1925, 1929, 1947–1949, 1952–1954, 1961–1964, 1966, 1968, 1972–1975, 1983–1984, 1986–1988, 1992, 1996–1998, 2003 гг.

Златогузка – *Euproctis chrysorrhoea* L.

1841–1842, 1847–1848, 1855–1856, 1859–1860, 1862–1863, 1867–1868, 1880–1881, 1885–1888, 1896–1897, 1907–1909, 1912–1913, 1920–1921, 1924–1925, 1929–1930, 1933–1934, 1937–1941, 1948–1951, 1958–1959, 1965–1967, 1971–1973, 1983–1984, 1997–2000 гг.

Шелкопряд непарный – *Oscneria dispar* L.

1837–1839, 1841–1842, 1850–1852, 1859–1863, 1868–1871, 1879–1880, 1886–1887, 1895–1898, 1907–1910, 1912–1914, 1920–1923, 1931–1936, 1942–1944, 1948–1952, 1956–1957, 1964–1968, 1972–1973, 1982–1983, 1995–1997 гг.

Шелкопряд-монашенка – *Oscneria monacha* L.

1846–1849, 1851–1852, 1855–1860, 1863–1867, 1889–1892, 1905–1907, 1925–1927, 1937–1942, 1946–1950, 1952–1960, 1978–1980, 1987–1988, 1999–2000 гг.

Шелкопряд сосновый – *Dendrolimus pini* L.

1839–1842, 1850–1854, 1863–1870, 1875–1877, 1883–1884, 1890–1891, 1896–1899, 1902–1904, 1913–1915, 1923–1925, 1937–1941, 1947–1948, 1961–1962, 1971–1973, 1977–1978, 1983–1988, 1995–1998 гг.

Краснохвост – *Dasychira pudibunda* L.

1853–1855, 1867–1868, 1883–1884, 1901–1902, 1917–1918, 1926–1928, 1932–1933, 1940–1941, 1953–1955, 1964–1965, 1968–1970, 1980–1981, 1986–1989, 1997–1999 гг.

Лунка серебристая – *Phalera bucephala* L.

1875, 1893–1894, 1941–1942, 1945–1946, 1953–1954, 1958–1959, 1962, 1966, 1968, 1972 гг.

Совка сосновая – *Panolis flammea* Schiff.

1825–1827, 1888, 1892, 1912, 1922–1925, 1930–1931, 1938–1940, 1946–1947, 1957–1959, 1962–1964, 1973–1975, 1983–1985, 1997–2000 гг.

Пяденица сосновая – *Vupalus piniarius* L.

1869–1872, 1875–1880, 1890–1896, 1914–1915, 1918–1919, 1923–1925, 1937–1941, 1947–1948, 1956–1957, 1961–1966, 1971–1972, 1975–1980, 1988–1992, 1995–1999 гг.

Пиляльщик сосновый обыкновенный – *Diprion pini* L.

1838–1839, 1842–1844, 1848–1849, 1854–1855, 1875–1876, 1883–1884, 1887–1891, 1899–1900, 1903–1904, 1910–1911, 1926–1930, 1932–1933, 1936–1938, 1941–1943, 1947–1950, 1956–1957, 1966–1968, 1978–1972–1973, 1975–1976, 1978–1980, 1983–1984, 1991–1994, 1997–2000, 2002–2005 гг.

Пиляльщик сосновый рыжий – *Neodiprion sertifer* Geoffr.

1880–1881, 1886–1887, 1893–1894, 1907–1908, 1917–1918, 1922–1924, 1934–1937, 1945–1948, 1950–1955, 1958–1960, 1964–1966, 1972–1973, 1975–1976, 1978–1980, 1983–1984, 1991–1994, 1995–2000, 2009–2010 гг.

2.2. Популяционные циклы насекомых (в пространстве и во времени)

Сезонная, годовая и многолетняя динамика популяций насекомых предполагают постоянные циклические смены структуры (организации) последних в процессе взаимодействия с циклически меняющихся средовых факторов (космических, геофизических, биотических и др.). Повторяющиеся во времени многолетние изменения численности насекомых были названы популяционными циклами и генетико-автоматическими процессами. За последние годы опубликовано практически необозримое количество работ, в которых приводятся закономерности популяционных циклов, но проблема по-прежнему остается актуальной, дискуссионной и нуждается в дальнейших исследованиях с учетом современной методологии нелинейной динамики.

2.2.1. Цикличность массовых размножений насекомых

Более 150 лет тому назад цикличность массовых размножений саранчовых отметил Демоле, а через четверть века после него Ф.П. Кеппен выдвинул гипотезу о связи массовых размножений названных вредителей с многолетней динамикой солнечных пятен. Затем Свинтон отметил массовое

появление саранчовых в эпохи минимумов солнечных пятен. Б. П. Уваров отметил одновременное появление пустынной саранчи в ряде регионов Африки и Азии также в связи с изменением солнечных пятен. В 1952 г. Н. С. Щербиновский (без ссылки на работы Ф. П. Кеппена) обосновал цикличность массовых размножений шистоцерки как закономерный процесс. Обобщенные нами данные о многолетней динамике географических популяций некоторых видов насекомых также свидетельствуют об их цикличности во времени (табл. 1).

Таблица 1. – Популяционные циклы насекомых
(в пространстве и во времени)

№ пп	Вид насекомого, регион, годы массовых размножений	Продолжительность массовых размножений	Промежутки в годах между очередными массовыми размножениями, лет
1	2	3	4
1.	Саранча пустынная, или шистоцерка Восточный регион (1843–2003 гг.) Западный регион (1863–2003 гг.) Центральный регион (1863–2003 гг.) Южный регион (1900–2003 гг.) Ареал (1800–2003 гг.)	3, 5, 8 4, 5, 7 4, 5, 7 4, 7	5–6, 7, 9, 11, 13–14, 19, 23, 100 5, 6–7, 8, 10, 11, 17, 20, 100 6, 8, 10, 12, 13, 15, 100 6, 8, 10, 11, 14, 100 6, 10–11, 12–13, 17, 18, 100
2.	Саранча африканская мигрирующая (1889–2003 гг.)	2, 4	7, 8–9, 10, 14, 100
3.	Саранча африканская красная (1847–2004 гг.)	2, 4	5, 7, 8, 9, 11, 15, 44, 100
4.	Саранча австралийская перелетная (1934–2006 гг.)	2, 3	3–4, 5, 7, 9, 15

1	2	3	4
5.	Прус, или саранча итальянская в Украине (1711–2003 гг.)	1, 2, 3, 4	3, 4, 6–7, 8, 9, 11–13, 24, 44, 100, 200, 300
6.	Саранча азиатская, или перелетная в Украине (1708–1995 гг.)	4, 5	3, 4, 6–7, 8, 9–10, 11, 50, 100, 200
7.	Совка озимая (1813–2007 гг.)	2, 3, 5, 7, 8	7–8, 9–10, 11–12, 19, 100, 200
8.	Совка восклицательная (1836–1999 гг.)	1, 2, 3, 5	4, 5, 6, 7, 9, 12–13, 14
9.	Совка-гамма (1829–1995 гг.)	1, 2	5, 6, 9, 10–11, 18, 28
10.	Совка люцерновая (1875–1976 гг.)	1, 2	5–6, 7, 11, 23–24
11.	Совка капустная (1871–2000 гг.)	1, 2, 3	3, 4–5, 7, 8, 10, 12, 21
12.	Мотылек стеблевой (1869–2006 гг.)	2	6, 7, 9, 10, 16, 18, 42, 100
13.	Мотылек луговой (1855–2011 гг.)	3, 4	6, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 100
14.	Черепашка вредная:		
15..	Украина (1870–2008 гг.)	2	8, 10–11, 12, 14, 16, 17
16	Ставропольский край (1854–2009 гг.)	1, 3, 5	8, 9, 12–13, 15, 17
17.	Краснодарский край (1854–2009 гг.)	3, 5	8, 9, 12–13, 15, 17
18.	Ростовская область (1892–2009 гг.)	2, 4	8, 9, 11, 12–14, 17
19.	Поволжье (1890–2008 гг.)	3, 5	8, 10–11, 12–14, 15
20.	Центральный черноземный район России (1850–2009 гг.)	3, 5	8, 11–12, 13–14, 28

1	2	3	4
21.	Ирак (1909–1997 гг.)	2	4, 6, 8, 9, 10, 11,25
22.	Иран (1909–1997 гг.)	2	4, 6, 8, 10–11, 13,23
23.	Иордания (1924–1997 гг.)	2, 4	4, 7–8, 10, 36
24.	Ливан (1924–1997 гг.)	3, 4	4, 5, 7, 8,21, 28
25.	Палестина (1920–1997 гг.)	2, 4	4, 7–8, 18,36
26.	Сирия (1909–1997 гг.)	4, 6	4, 7–8, 15, 28
27.	Египет (1931–1997 гг.)	3	8, 12, 17–18, 21
28.	Турция (1886–1997 гг.)	3	5, 7, 8, 11, 22–23
29.	Пакистан (1940–1997 гг.)	2, 3	8, 11, 16, 22
30.	Казахстан (1901–1997 гг.)	1, 3	3, 4, 6, 11, 14, 23–25
31.	Киргизия (1901–1997 гг.)	1, 3	3, 4, 6, 11, 14, 23–25
32.	Узбекистан (1901–1997 гг.)	1, 3	3, 4, 6, 11,23–25
33.	Таджикистан (1901–1997 гг.)	1, 3	3, 4, 6, 11, 23–25
34.	Туркменистан (1900–1997 гг.)	1, 5, 6	3, 4, 6, 11, 14, 23–25
35.	Палеарктика (1854–1995 гг.)	3, 7, 8	8, 11–12, 15–16
36.	Жужелица хлебная малая (1863–2003 гг.)	2, 3	4–5, 6, 12, 13, 14, 20, 23
37.	Муха гессенская (1847–2000 гг.)	2, 3, 4	5, 6–7, 8–9,11, 17, 19
38.	Муха шведская (1880–2000 гг.)	2, 3	4, 5, 6, 9, 10, 12–13, 19

1	2	3	4
39.	Кузья, или жук хлебный (1841–1996 гг.)	2, 3, 4	4, 6, 7, 8, 9–10, 11–12, 14, 16
40.	Совка зерновая обьк новенная в Украине (1871–1963 гг.)	1, 2, 3	3, 4, 6, 7, 9, 10–11, 12, 15
41.	Совка зерновая серая в Северном Казахстане (1857–2003 гг.)	2, 3	5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 14
42.	Долгоносик свекло вичный обыкновенный (1851–2010 гг.)	2, 3	5,7–8, 9–10, 11, 17, 100
43.	Моль капустная (1908–2000 гг.)	1, 3	5,6, 8, 9, 10, 11, 100
44.	Белянка капустная (1846–2001 гг.)	1, 2	3, 4, 5, 8, 10, 11, 14, 42
45.	Пилильщик рапсовый (1756–1978 гг.)	1, 2	2, 3, 4, 6, 11–12, 14–15, 22, 27, 31
46.	Боярышница (1838–2003 гг.)	2, 3	6, 7–8, 10, 11, 12–13, 14, 29, 100
47.	Златогузка (1841–1997 гг.)	2, 3	3–4, 5–6, 7–8, 10–11, 12, 14, 100
48.	Моль яблонная (1843–1994 гг.)	2, 3	8, 9, 10–11, 12–13, 17, 100
49.	Шелкопряд кольчатый (1826–1998 гг.)	2, 4	5,6,7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 20, 100
50.	Плодожорка яблонная (1855–2007 гг.)	2, 3	3–4, 5–6, 7, 11, 13, 14, 33, 44
51.	Пяденица зимняя (1844–1999 гг.)	1, 2	5–6, 7, 8, 9, 11, 12, 37, 100
52.	Листовертка зеленая дубовая (1853–2000 гг.)	1, 3	3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 20
53.	Шелкопряд непарный (1837–1995 гг.)	2, 3, 4, 5	5, 6, 7, 8–9, 10, 11, 13

1	2	3	4
54.	Шелкопряд-монашенка (1846–1999 гг.)	2, 3, 4, 5	4, 5, 6, 8–9, 12, 20, 26, 100
55	Шелкопряд сосновый (1839–1995 гг.)	2, 3, 4, 5	6, 7, 8, 10–11, 12, 14, 100
56.	Краснохвост (1853–1997 гг.)	2, 3	8, 9, 11, 14, 16
57.	Совка сосновая (1825–1997 гг.)	1, 3	5, 8, 10, 11, 14, 20
58.	Пяденица сосновая (1869–1995 гг.)	2, 5, 6	4, 5, 6, 7, 9–10, 13, 15, 24
59.	Пилильщик сосновый обыкновенный (1838–2002 гг.)	2, 3, 5	4, 5, 6, 8, 9–10, 12, 16, 21
60.	Пилильщик сосновый рыжий (1880–2009 гг.)	2, 3	3, 5, 6, 7, 8, 10, 11–12, 14

Из этой таблицы следует вывод: массовые размножения 39 видов насекомых цикличны, полицикличны, но не периодичны!

В литературе давно обсуждается вопрос о возможности использования показателей солнечной активности (чисел Вольфа) в качестве одного из критериев для прогнозирования массовых размножений насекомых. В частности, некоторые акаридологи и не только они, предлагают в качестве критериев прогнозирования начала очередных популяционных циклов использовать эпохи минимумов или максимумов солнечной активности. Если бы это действительно было так, то не составляло бы особого труда прогнозировать начало очередных массовых размножений насекомых. На самом же деле массовые размножения не только саранчовых, но и других вредных насекомых совершаются не периодически, а циклически, т. е. через разные промежутки времени. Причем вспышки их численности возникают как в эпохи минимумов, так и в эпохи максимумов и на разных ветвях динамики солнечной активности (ветви роста и ветви спада). Об этом свидетельствует историкостатистический анализ, выполненный нами на примере разных видов насекомых и их массовых размножениях во времени в различных регионах мира.

Таблица 2. – Вероятность начала очередных массовых размножений некоторых видов насекомых в Палеарктике в разные эпохи динамики солнечной активности (СА) [4]

Вид насекомого	Годы массовых размножений	Вероятность (%) начала очередного массового размножения в разные эпохи СА			
		минимум СА	ветвь роста СА	максимум СА	ветвь спада СА
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Саранча пустынная, или шистоцерка:					
восточный регион	1843–2003	14,0	14,0	0,0	72,0
западный регион	1863–2003	22,0	14,0	14,0	50,0
центральный регион	1863–2003	28,0	28,0	0,0	44,0
южный регион	1900–2003	10,0	20,0	10,0	60,0
ареал	1800–2003	44,0	11,0	6,0	39,0
Саранча африканская мигрирующая (в ареале)	1889–2003	42,0	25,0	0,0	33,0
Саранча африканская красная (в ареале)	1847–2004	24,0	38,0	0,0	38,0
Саранча австралийская-перелетная (в ареале)	1936–2006	20,0	20,0	10,0	50,0
Саранча мароккская (в ареале)	1901–1974	14,0	14,0	14,0	58,0
Саранча перелетная, или азиатская (в Украине)	1708–1995	18,0	10,0	4,0	68,0
Нестадные саранчовые (в ареале)	1726–1999	14,0	14,0	14,0	58,0
Прус, или саранча итальянская (в Украине)	1711–2003	20,0	16,0	4,0	60,0
Совка озимая	1813–1999	28,0	38,0	10,0	24,0
Совка восклицательная	1836–1999	29,0	29,0	18,0	24,0
Совка–гамма	1829–1995	29,0	29,0	18,0	24,0

1	2	3	4	5	6
Совка капустная	1871–2000	17,0	56,0	11,0	16,0
Мотылек стеблевой	1869–2006	30,0	20,0	0,0	50,0
Мотылек луговой	1855–2011	17,0	42,0	8,0	33,0
Черепашка вредная:					
Ставропольский край	1854–2009	19,0	31,0	6,0	44,0
Краснодарский край	1854–2009	16,0	38,0	8,0	38,0
Ростовская область	1892–2009	31,0	31,0	15,0	23,0
Поволжье	1890–2009	27,0	18,0	0,0	55,0
Центрально-чернозем- ный район России	1890–2009	44,0	22,0	12,0	22,0
Ирак	1909–1907	30,0	10,0	20,0	40,0
Иран	1909–1997	33,0	11,0	11,0	45,0
Иордания	1924–1997	28,0	14,0	29,0	29,0
Ливан	1924–1997	29,0	29,0	28,0	14,0
Палестина	1920–1997	29,0	14,0	28,0	29,0
Сирия	1909–1997	25,0	12,0	25,0	38,0
Египет	1931–1997	16,0	50,0	17,0	17,0
Турция	1886–1997	22,0	33,0	0,0	45,0
Пакистан	1940–1997	40,0	40,0	0,0	20,0
Палеарктика	1854–1995	27,0	13,0	0,0	60,0
Украина	1870–2008	21,0	36,0	14,0	29,0
Австрийский, маврский клопы и вредная чере- пашка в Болгарии, Вен- гии, Германии, Италии, Польше, Португалии, Румынии, Чехослова- кии и Югославии	1928–2008	57,0	0,0	14,0	29,0
Жужелица хлебная малая	1860–2003	8,0	26,0	40,0	26,0
Муха гессенская	1847–2000	16,0	11,0	26,0	47,0
Муха шведская овсяная	1880–2000	15,0	16,0	0,0	54,0

1	2	3	4	5	6
Кузька, или жук хлебный	1841–1996	29,0	29,0	12,0	30,0
Совка зерновая обыкновенная	1871–1963	16,0	16,0	20,0	67,0
Совка зерновая серая (Северный Казахстан)	1887–2003	0,0	0,0	11,0	50,0
Совка стеблевая южная	1882–1931	43,0	43,0	29,0	57,0
Пьявица красногрудая	1878–1995	8,0	8,0	28,0	46,0
Долгоносик свекловичный обыкновенный	1851–2010	12,0	12,0	23,0	53,0
Моль капустная	1908–2010	10,0	10,0	17,0	18,0
Беянка капустная	1846–2001	29,0	29,0	0,0	43,0
Боярышница	1838–2003	19,0	19,0	0,0	37,0
Златогузка	1841–1997	14,0	14,0	0,0	50,0
Моль яблонная	1843–1994	20,0	20,0	14,0	27,0
Шелкопряд кольчатый	1826–1998	39,0	39,0	6,0	16,0
Плодожорка яблонная	1855–2007	7,0	7,0	14,0	57,0
Пяденица зимняя	1844–1999	35,0	35,0	40,0	30,0
Шелкопряд непарный	1837–1993	5,0	5,0	26,0	58,0
Совка сосновая	1825–1997	17,0	17,0	15,0	54,0
Пяденица сосновая	1869–1995	22,0	22,0	12,0	43,0
Пилильщик сосновый обыкновенный	1838–2002	26,0	26,0	25,0	57,0
Пилильщик сосновый рыжий	1880–2009	22,0	22,0	0,0	39,0

Из (табл. 2) следует важный методологический вывод: массовые размножения насекомых возникали в разные эпохи 11-летних циклов солнечной активности, поэтому названные критерии непригодны для прогнозирования их начала.

До этого немецкий энтомолог Климетцек пришел к аналогичному выводу, выполнив аналогичный анализ связи массовых размножений пяденицы сосновой, совки сосновой, шелкопрядов (монашенки и соснового) и сосновых пилильщиков в ФРГ за период 1810–1970 гг. Выводы последнего подтвердила В. А. Мешкова [46].

В 2003 г. Н. Е. Белецкая, проанализировав динамику коэффициентов заселенности девяти географических популяций вредной черепашки в Украине за период 1947–2002 гг., пришла к выводу о непригодности чисел Вольфа для прогнозирования динамики популяций этого вредителя [47].

С. А. Трибель [48] на основании прогностических чисел Вольфа (W) на 22-й солнечный цикл, прогнозировал начало очередного массового размножения лугового мотылька в 1993 г., а пик вспышки – в 1996–1997 гг. Прогноз не оправдался!

В. П. Кравченко и В. Н. Чайка, проанализировав среднюю плотность зимующего запаса гусениц лугового мотылька за период 1972–2001 гг. и динамику чисел Вольфа за указанное время, нашли, что коррелятивная связь между названными показателями весьма низкая ($r = -0,2$). Тем не менее, логический анализ многолетних материалов динамики плотности этого вредителя и динамики чисел Вольфа свидетельствует о том, что связь между ними все-таки имеет место. В 1974–1976 гг. максимальное распространение этого вредителя было при минимальной солнечной активности, в 1986–1988 гг. минимум SA совпал с началом роста численности, а в 1999–2001 гг. имело место синхронное нарастание численности и солнечной активности.

В итоге вывод авторов заключался в том, что популяционные циклы лугового мотылька связаны с экстремумом SA , а это хорошо согласуется (считают они) с теорией цикличности. Несовместимость математического анализа с логическим моделированием поясняет концепция метапопуляционной динамики. При этом влияние солнечной активности является глобальным, а вспышки массовых размножений насекомых совершаются локально. Объяснение авторов логично, действительно, метапопуляции состоят из полуизолированных локальных популяций, отличающихся между собой генетической и экологической структурой. Общая динамика географических популяций определяется суммарным состоянием локальных популяций. Более того, ареал лугового мотылька включает 14 стран Старого и Нового Света или 11 млн. 552 тыс. км², а площадь Украины не превышает 5,2% этого показателя. В этой связи, усреднение данных динамики численности популяций только в Украине, без учета состояния популяций в ареале нивелирует математическую связь влияния солнечной активности на динамику популяций этого вредителя [49].

Поэтому для прогнозирования массовых размножений насекомых необходим иной критерий, который находится во взаимодействии с погодноклиматическими и трофическими циклами. Таким критерием в настоящее время подавляющее большинство геофизиков, гелиофизиков, климатологов, гидрологов и экологов считают резкие изменения солнечной активности, которые

оказывают влияние на биосферу, биогеоценозы и слагающие их популяции. Нами впервые были использованы годы резких изменений СА или так называемые годы солнечных реперов для анализа массовых размножений вредных насекомых и обоснования многолетнего прогнозирования вспышек их численности в разных регионах, а также выполнен историко-статистический анализ массовых размножений 70 видов насекомых в связи с резкими изменениями солнечной активности за период 1854–1985 гг. в Украине (табл. 3).

Таблица 3. – Частоты массовых размножений 70 видов насекомых в Украине в зависимости от резких изменений солнечной активности (1854–1985 гг.)

Относительные частоты массовых размножений, %			Критерий значимости различия вероятностей «хи-квадрат»	Вероятность случайности различия вероятностей массовых размножений, %
в годы солнечных реперов	через год после репера	в другие годы		
90,0	76,6	29,0	11,11	< 0,5

Из (табл. 3) следует, что частоты массовых размножений насекомых за исследуемый период (1854–1985 гг.) в годы-реперы в 2,5–3,0 раза превышали частоты в другие годы. При этом довольно значительным (11,11) был критерий «хи-квадрат» и сравнительно малым (менее 0,5) уровень вероятности. А это даёт основание утверждать о синхронности массовых размножений 70 видов насекомых в Украине за указанный исторический период с годами резких изменений солнечной активности.

Таблица 4. – Массовые размножения разных видов насекомых в различных регионах мира и резкие изменения солнечной активности (СА)

Вид насекомого, регион	Годы массовых размножений	Относительные частоты массовых размножений, %		
		в годы солнечных реперов	следующий год после репера	в другие годы
1	2	3	4	5
Саранча пустынная:				
восточный регион	1843–2003	84,0	8,0	8,0
западный регион	1863–2003	78,0	22,0	0,0
центральный регион	1863–2003	57,0	36,0	7,0
южный регион	1900–2003	80,0	20,0	0,0
ареал	1800–2003	82,0	18,0	0,0

1	2	3	4	5
Саранча африканская, мигрирующая в ареале	1889–2003	75,0	0,0	25,0
Саранча африканская красная в ареале	1847–2004	85,0	15,0	0,0
Саранча австралийская перелетная в ареале	1934–2006	89,0	11,0	0,0
Саранча азиатская в Украине	1708–1995	64,0	25,0	11,0
Прус, или саранча итальянская в Украине	1711–2003	81,0	15,0	4,0
Совка озимая в Украине	1813–2007	90,0	10,0	0,0
Совка восклицательная в Украине	1836–1999	82,0	18,0	0,0
Совка-гамма в Украине	1829–1995	74,0	16,0	10,0
Совка люцерновая в Украине	1875–1976	54,0	46,0	0,0
Совка капустная в Украине	1871–2000	79,0	16,0	5,0
Мотылек стеблевой в Украине	1869–2006	80,0	20,0	0,0
Мотылек луговой в Украине	1835–2011	79,0	7,0	14,0
Черепашка вредная: в Украине	1870–2008	69,0	31,0	0,0
Ставропольском крае	1854–2009	73,0	27,0	0,0
Краснодарском крае	1854–2009	92,0	8,0	0,0
Ростовской области	1892–2009	67,0	33,0	0,0
Ираке	1909–1997	78,0	22,0	0,0
Иране	1909–1997	78,0	22,0	0,0
Иордании	1920–1997	83,0	17,0	0,0
Ливане	1924–1997	83,0	17,0	0,0
Палестине	1920–1997	83,0	17,0	0,0
Сирии	1909–1997	71,0	29,0	0,0
Египте	1931–1997	67,0	33,0	0,0
Турции	1886–1997	82,0	18,0	0,0
Пакистане	1940–1997	80,0	20,0	0,0
Казахстане	1901–1997	82,0	18,0	0,0
Киргизии	1901–1997	82,0	18,0	0,0
Узбекистане	1901–1997	70,0	30,0	0,0

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Таджикистане	1901–1997	73,0	27,0	0,0
Туркмении	1900–1997	73,0	27,0	0,0
Палеарктике	1854–1995	86,0	7,0	7,0
Жужелица хлебная в Украине	1860–2003	85,0	15,0	0,0
Муха гессенская в Украине	1847–2000	95,0	5,0	0,0
Муха шведская	1880–2000	69,0	31,0	0,0
Кузька, или жук хлебный в Украине	1841–1996	82,0	18,0	0,0
Совка зерновая обыно- венная в Украине	1871–1963	75,0	17,0	8,0
Совка зерновая серая в Северном Казахстане	1887–2003	54,0	46,0	0,0
Пьявица красногрудая в Украине	1878–1995	77,0	15,0	8,0
Долгоносик свеклович- ный обыкновенный	1841–2010	82,0	18,0	0,0
Моль капустная	1908–2000	61,0	31,0	8,0
Белянка капустная	1846–2001	72,0	21,0	7,0
Пилильщик рапсовый	1756–1978	56,0	31,0	13,0
Боярышница	1838–2003	88,0	12,0	0,0
Златогузка	1841–1997	86,0	9,0	5,0
Моль яблонная	1843–1994	67,0	33,0	0,0
Шелкопряд кольчатый	1826–1998	94,0	6,0	0,0
Плодожорка яблонная	1855–2007	64,0	21,0	15,0
Пяденица зимняя	1844–1999	88,0	6,0	6,0
Листовертка зеленая дубовая	1853–2000	83,0	6,0	11,0
Шелкопряд непарный	1837–1995	84,0	10,0	6,0
Шелкопряд-монашенка	1846–1999	69,0	23,0	8,0
Шелкопряд сосновый	1839–1995	82,0	18,0	0,0
Краснохвост	1853–1997	71,0	22,0	7,0
Совка сосновая	1825–1997	39,0	53,0	8,0
Пяденица сосновая	1869–1995	86,0	14,0	0,0
Пилильщик сосновый обыкновенный	1838–2002	88,0	12,0	0,0
Пилильщик сосновый рыжий	1880–2009	88,0	6,0	6,0

Этот вывод справедлив и для массовых размножений отдельных видов насекомых в различных регионах мира с разными почвенно-климатическими условиями (табл. 4).

2.2.2. Пространственно-временная синхронизация массовых размножений насекомых

За последние три десятилетия проблема пространственно-временной синхронизации биологических процессов приобрела приоритетное значение во многих отраслях современной науки и, прежде всего, в экологии — системной науке, которая была основана около 150 лет тому назад. В свете современных представлений, явления в Космосе и на Земле характеризуются направленностью, цикличностью и синхронностью, а последняя, как теперь известно, является одной из фундаментальных закономерностей развития любой материальной системы (биологической, экологической, экономической, социальной и др.).

Экологи давно обратили внимание на совпадения популяционных циклов у многих видов животных, в том числе насекомых, которые одновременно размножаются на огромной территории.

2.2.3. Синхронность массовых размножений некоторых насекомых

Саранча пустынная, или шистоцерка. В 1929 г. Б.П. Уваров отметил её одновременное массовое размножение в государствах пустынно-степной зоны Африки и Западной Азии. В 1986–1990 гг. и 2003–2004 гг. она одновременно размножалась в массе в восточном, западном, центральном и южном регионах Африки и Передней Азии.

В 1986–1990 гг. и 2003 гг. одновременно с пустынной саранчой размножались саранча африканская мигрирующая, саранча африканская красная, в Австралии и на о. Тасмания – австралийская перелетная саранча, итальянская саранча – в Украине и нестадные саранчовые в Сибири и Якутии.

Саранча перелетная, или азиатская; 1875–1876 гг. – Россия, Украина, Португалия, Украина; 1912–1914 гг. – Россия, Китай, Украина; 1944–1946 гг. – Казахстан, Украина; 1995–1996 гг. – Казахстан, Украина.

Прус, или саранча итальянская: синхронно массовые размножения имели место в 1823–1824 гг. – юг Франции, Украина; 1844–1847 гг. – Алжир, Закавказье, Молдавия, Украина; 1863–1868 гг. – Испания, Казахстан, о. Сардиния, Венгрия, Украина; 1888–1889 гг. – Венгрия, Грузия, Россия, Украина; 1892–1897 гг. – Венгрия, Ростовская обл., Украина; 1919–1923 гг. – Болгария,

Предкавказье, Нижнее Поволжье, Казахстан, Кулуңда, Китай, степные районы Канады; 1936–1939 гг. – Предкавказье, Нижнее Поволжье, Западная Сибирь, Северный Китай, Украина, Югославия; 1945–1947 гг. – Молдавия, Украина; 1951–1955 гг. – Казахстан, Поволжье, Сев. Китай, юг Украины; 1983–1986 гг. – юг России, Поволжье, Индия; 1992–1999 гг. – Нижнее Поволжье, Казахстан, Западная Сибирь, Украина; 2003–2008 гг. – Западная Сибирь, Украина.

Совка озимая: 1813–1819 гг. – Прибалтика, Санкт–Петербургская губерния, Украина; 1823–1825 гг. – юг Франции, Россия, Украина; 1836–1842 гг. – Западная и Восточная Европа, Россия, Украина; 1846–1852 гг. – Россия (18 губерний), Украина; 1855–1856 гг. – Россия, Украина; 1861–1868 гг. – Россия, Украина; 1880–1881 гг. – Россия, Украина; 1892–1896 гг. – Германия, Россия, Украина; 1899–1900 гг. – Россия, Украина; 1907–1909 гг. – Венгрия, Россия, Украина, Чехословакия, Финляндия, Югославия; 1915–1919 гг. – Англия, Африка, Венгрия, Болгария, Германия, Россия, Египет, Украина, Чехословакия; 1923–1925 гг. – Австрия, Америка, Бразилия, Дания, Закавказье, Испания, Италия, Корея, Марокко, Россия, Украина, Чехословакия, Япония; 1936–1941 гг. – Казахстан, Киргизия, Россия, Украина; 1946–1950 гг. – Венгрия, Казахстан, Киргизия, Россия, Сербия, Румыния, Украина, Чехословакия, Югославия; 1955–1956 гг. – Венгрия, Болгария, Россия, Сербия, Чехия, Хорватия; 1971–1975 гг. – Германия, Россия, Украина; 1982–1987 гг. – Германия, Польша, Россия, Украина; 1995–2003 гг. – Россия, Греция, Словакия, Украина.

Совка гамма: 1826–1829 гг. – Голландия, Восточная Пруссия, Россия, Украина; 1833 г. – Россия, Украина; 1839 г. – Россия, Украина; 1854 г. – Россия, Украина; 1860 г. – Россия, Украина; 1871 г. – Австрия, Россия, Украина; 1878–1879 гг. – Россия, Украина; 1899–1900 гг. – Англия, Россия, Украина; 1912–1913 гг. – Россия, Украина; 1922 г. – Россия, Украина; 1928–1930 гг. – Германия, Голландия, Польша, Украина, Чехословакия; 1946 г. – Германия, Дания, Россия, Украина, южная Швеция, южная Финляндия; 1953–1954 гг. – Россия, Украина; 1962–1963 гг. – Венгрия, Украина.

Совка капустная: 1871 г. – Белоруссия, Украина; 1878–1879 гг. – Белоруссия, Украина; 1964–1965 гг. – Венгрия, Россия, Сербия, Украина; 1969–1970 гг. – Венгрия, Сербия, Украина; 1985–1986 гг. – Сербия, Украина.

Мотылек стеблевой: 1886–1887 гг. – Англия, Молдавия, Восточная Индия, Украина; 1892–1895 гг. – Англия, Венгрия, Украина; 1896–1899 гг. – Венгрия, Индия, Украина, Югославия; 1900–1905 гг. – Болгария, Венгрия, Германия, Украина; 1908–1909 гг. – Грузия, Египет, Италия, Сербия, Украина; 1923–1925 гг. – Австрия, Америка, Бразилия, Дания, Закавказье, Испания, Италия, Корея, Марокко, Россия, Украина, Чехословакия, Япония; 1936–1941 гг. – Казахстан, Киргизия, Россия, Украина; 1946–1950 гг. – Венгрия, Казахстан, Киргизия, Россия, Сербия, Румыния, Украина, Чехословакия, Югославия; 1955–1956 гг. – Венгрия, Болгария, Россия, Сербия, Чехия, Хорватия; 1971–1975 гг. – Германия, Россия, Украина; 1982–1987 гг. – Германия, Польша, Россия, Украина; 1995–2003 гг. – Россия, Греция, Словакия, Украина.

Северная Африка, США, Украина; 1949–1950 гг. – США; 1986–1996 гг. – Украина, Франция; 2006–2007 гг. – Россия, Украина.

Мотылек луговой: 1680–1686 гг. – Киевская Русь; 1769–1770 гг. – Астраханская обл.; 1901 г. – Болгария, Венгрия, Россия, Украина; 1909–1910 гг. – Северная Америка, Россия, Украина; 1914–1915 гг. – Болгария, Венгрия, Румыния, Украина, Югославия; 1921–1922 гг. – Болгария, Венгрия, Россия, Украина, Чехословакия; 1929–1930 гг. – Болгария, Венгрия, Германия, Польша, Северная Маньчжурия, Россия, Украина, Югославия; 1935 г. – Россия, Румыния, Украина; 1975 г. – Болгария, Германия, Польша, Россия, Северный Казахстан, Украина, Чехословакия, Югославия; 1984–1989 гг. – Калмыкия, Восточная Сибирь, Дальний Восток; 1986–1988 гг. – Россия, Украина, Китай; 2000–2002 гг. – Россия, Украина.

Черепашка вредная: За последние 146 лет (1854–2009 гг.) в Палеарктике зарегистрировано 15 массовых размножений вредной черепашки и других хлебных клопов, в том числе 11 (73%) глобальных: 1901–1905, 1909–1914, 1923–1929, 1931–1933, 1936–1943, 1948–1957, 1964–1970, 1972–1981, 1984–1991, 1996–2003, 2009–2010 гг. В эти годы хлебные клопы одновременно размножались в массе в 6–22 регионах мира.

Жужелица хлебная малая: 1863–1865 гг. – Болгария, Украина; 1946–1947 гг. – Сирия, Украина; 1957–1959 гг. – Северный Кавказ, Украина.

Муха гессенская: 1879–1880 гг. – Россия, Украина; 1900 г. – Канада, США, Украина; 1923–1925 гг. – Польша, Украина; 1978–1981 гг. – Кокчетавская, Кустанайская области; 1986–1987 гг. – Украина, Южная Каролина (США).

Муха шведская: 1880 г. – Россия, Украина; 1923–1925 гг. – Россия, Украина; 1972–1975 гг. – Россия, Украина; 1991–1992 гг. – Россия, Украина.

Долгоносик обыкновенный свекловичный: 1880–1881 гг. – Россия, Украина; 1905 г. – Венгрия, Украина; 1922–1923 гг. – Болгария, Украина; 1937–1938 гг. – Венгрия, Украина; 1947–1948 гг. – Германия, Украина; 1962–1964 гг. – Болгария, Украина.

Моль капустная: 1946 г. – Литва, Украина; 1964 г. – Литва, Украина.

Беянка капустная: 1927 г. – Германия, Украина.

Плодожорка яблонная: 1855–1856 гг. – Южная Австралия, Южная Америка, Южная Африка, о. Тасмания, США, Украина; 1885–1886 гг. – Южная Австралия, Южная Африка, США, Украина; 1933–1937 гг. – Армения, Башкирия, Белоруссия, Средняя Азия, Казахстан, Татарстан, ЦЧР России, Украина; 1955–1958 гг. – Австрия, Австралия, Болгария, Германия, Канада, Румыния, Украина, Франция; 1993–1996 гг. – Россия, Украина; 2007–2008 гг. – Россия, Украина.

Пяденица зимняя: 1852–1893 гг. – Дания, Украина; 1903–1904 гг. – Дания, Украина; 1948–1951 гг. – Литва, Украина; 1953–1954 гг. – Англия, Дания, Словакия, Украина; 1960 г. – Англия, Дания, Литва, Словакия, Украина; 1972–1977 гг. – Германия, Словакия, Украина; 1979–1980 гг. – Дания, Германия, Словакия, Украина, Хорватия; 1993–1994 гг. – Белоруссия, Германия, Польша, Словакия, Украина, Хорватия; 1999–2001 гг. – Австрия, Румыния, Украина.

Шелкопряд кольчатый: 1882–1883 гг., 1947–1948 гг., 1997–1998 гг. – Россия, штат Массачусетс (США), Украина; 1955–1956 гг. – Башкирия, Болгария, Венрия, Нидерланды, Румыния, Украина.

Боярышница: 1849, 1852, 1859 гг. – Молдавия, Украина; 1867–1869 гг. – Россия, Украина.

Шелкопряд непарный: 1861–1863 гг. – Россия, Украина; 1869–1871 гг. – Башкирия, Россия, Украина; 1877–1880 гг. – Башкирия, Украина; 1884–1886 гг. – Германия, Россия, Украина; 1898–1899 гг. – Россия, Украина; 1907–1910 гг. – Башкирия, Россия, Украина; 1912–1913 гг. – Башкирия, Италия, Канада, Германия, Румыния, США, Урал, Украина; 1920–1922 гг. – Башкирия, Россия, Украина; 1929–1934 гг. – Германия, Россия, Украина; 1953–1955 гг. – Башкирия, Болгария, Россия, Словакия, Украина) 1964–1968 гг. – Болгария, Польша, Россия, Словакия, Украина; 1982–1988 гг. – Италия, Северный Кавказ, Германия, Канада, Польша, Россия, Румыния, Словакия, США, Урал, Украина, Хорватия; 1995 г. – Крым, Китай.

Златогузка: 1867, 1912, 1920–1921, 1924–1925, 1929 и 1937–1941 гг. – Англия, Россия, Украина, Чехословакия; 1948–1951 гг. – Польша, Румыния, Украина; 2000 г. – Польша, Румыния, Украина.

Листовертка дубовая зеленая: 1875, 1886, 1910, 1920 гг. – Канада, Украина; 1947–1949 гг. – Дания, Россия, Украина; 1929 г. – Германия, Россия, Украина; 1960–1963, 1966 гг. – Германия, Россия, Словакия, Украина; 1983–1984 гг. – Польша, Украина, Хорватия; 1988 г. – Польша, Украина; 1996 г. – Австрия, Белоруссия, Германия, Польша, Румыния, Украина.

Шелкопряд сосновый: 1839–1842, 1863–1870, 1875–1877 гг. – Германия, Польша, Россия, Украина; 1890–1891, 1897–1900, 1927–1928 гг. – Германия, Россия, Украина; 1902–1904, 1913–1915, 1923–1925 гг. – Россия и Украина; 1937–1941, 1995–1998 гг. – Белоруссия, Германия, Россия, Украина; 1953–1955, 1958–1959 гг. – Белоруссия, Германия, Польша, Россия, Украина; 1966, 1982–1985 гг. – Польша, Украина [46].

Шелкопряд-монашенка: 1846–1849 гг. – Башкирия, Германия, Дания, Украина, Чехия; 1857 г. – Россия, Царство Польское; 1863–

1867 г. – Германия, Украина; 1889–1892 гг. – Бельгия, Польша, Россия, Румыния, Украина, Чехия; 1905 г. – Австрия, Бельгия, Германия, Польша, Украина; 1925 г. – Австрия, Бельгия, Испания, Польша, Россия, Румыния, Украина; 1946–1950 гг. – Австрия, Башкирия, Германия, Польша, Испания, Россия, Украина, Швейцария, Швеция, Чехия; 1952–1960 гг. – Австрия, Башкирия, Германия, Польша, Испания, Россия, Румыния, Украина, Югославия; 1978–1980 гг. – Белоруссия, Германия, Дания, Польша, Украина; 1999 г. – Австрия, Польша, Украина; «Самым большим бедствием было массовое заражение монашенкой в 1845–1867 гг., распространившееся от Оренбурга до Восточной Пруссии; в 1888–1891 гг. монашенкой были заражены колоссальные пространства от Силезии до Венгрии» (Фридерикс, 1932, с. 672).

Пяденица сосновая: 1869–1872, 1876 г. – Германия, Россия, Украина; 1880, 1891–1897 гг. – Германия, Украина; 1927–1930 гг. – Германия, Россия, Украина; 1937–1941 гг. – Воронежская обл., Германия, Дания, Красноярский край, Нидерланды, Украина, Шотландия; 1961–1966 гг. – Курганская обл., Украина; 1971 г. – Белоруссия, Германия, Россия, Украина; 1983–1984 гг. – Англия, Россия, Украина, Шотландия; 1999–2000 гг. – Австрия, Польша, Украина.

Совка сосновая: 1925 г. – Германия, Украина. «Лесное бедствие, наблюдавшееся в Северной Германии, относится к 1925 г. и было вызвано массовым размножением сосновой совки. Заражение распространилось на 500 тыс. га, причем 170 тыс. га были догола объедены» (Фридерикс, 1932, с. 431).

Пилильщик сосновый обыкновенный: В 1935–1936, 1941–1943, 1953–1954, 1957–1958, 1966–1968 гг. массовые размножения обыкновенного соснового пилильщика одновременно были в Белоруссии, России и Украине; 1976 г. – Польша, Ростовская обл., Украина; 1983 г. – Россия, Украина; 1991–1992 г. – Белоруссия, Польша, Россия, Украина; 1997–2000 г. – Австрия, Польша, Украина.

Пилильщик сосновый рыжий: 1866 г. – Украина, Финляндия; 1880 г. – Германия, Украина, Финляндия, Чехия, Эстония; 1907 г. – Россия, Украина; 1934–1937 гг. – Австрия, Венгрия, Карелия, Россия, Украина, Чехия; 1945–1948 гг. – Австрия, Белоруссия, Грузия, Нидерланды, Германия, Норвегия, Польша, Украина, Шотландия; 1958–1960 гг. – Австрия, Белоруссия, Германия, Россия, Украина, Финляндия, Чехия, Швеция, Шотландия; 1963–1966 гг. – Дания, Россия, Украина; 1972–1974 гг. – Германия, Польша, Украина [46].

Примечание: *подчёркнуты годы глобальных массовых размножений.*

Особенно показательны массовые размножения были в 1868–2009 гг. в Украине, когда одновременно появлялось в массе от 20 до 41 вида насекомых, повреждающих сельскохозяйственные растения и лесные насаждения. За этот исторический период синхронность массовых размножений имела место в 1868–1870 гг. у 28 видов: прус итальянский, саранча азиатская, хрущи майские, кравчик, совка озимая, совка восклицательная, совка-гамма, мотылек стеблевой (кукурузный), мотылек луговой, черепашка вредная, жук хлебный (кузька), совка зерновая обыкновенная, пилильщик обычно-венный хлебный, долгоносик обыкновенный свекловичный, щитоноска свекловичная, щитоноска зеленая, белянка капустная, совка капустная, боярышница, шелкопряд кольчатый, плодожорка яблонная, златогузка, шелкопряд непарный, шелкопряд-монашенка, шелкопряд сосновый, краснохвост, пяденица зимняя, пяденица сосновая;

в 1878–1880 гг. у 34 видов: прус итальянский, саранча азиатская, хрущи майские, кравчик, личинки щелкунов и чернотелок, черныш песчаный, совка озимая, совка восклицательная, совка люцерновая, совка-гамма, мотылек стеблевой (кукурузный), мотылек луговой, жужелица хлебная, жук хлебный (кузька), пьявица обыкновенная хлебная, совка яровая, пилильщик обыкновенный хлебный, муха гессенская муха, овсяная шведская, зеленоглазка, зерновка гороховая, долгоносик обыкновенный свекловичный, блошки свекловичные, щитоноска свекловичная, щитоноска зеленая, совка капустная, пилильщик рапсовый, плодожорка яблонная, златогузка, шелкопряд непарный, шелкопряд сосновый, волнянка ивовая, бронзовка мохнатая, пяденица сосновая;

в 1890–1896 гг. у 40 видов: прус итальянский, саранча азиатская, хрущи майские, кравчик, личинки щелкунов и чернотелок, совка озимая, совка восклицательная, совка люцерновая, совка-гамма, мотылек луговой, черепашка вредная, жук хлебный кузька, пьявица хлебная обыкновенная, совка зерновая обыкновенная, совка яровая, совка стеблевая южная, пилильщик хлебный обыкновенный, муха гессенская, муха овсяная шведская, долгоносики клубеньковые, долгоносик свекловичный обыкновенный, щитоноска свекловичная, щитоноска зеленая, совка капустная, пилильщик рапсовый, боярышница, моль яблонная, шелкопряд кольчатый, плодожорка яблонная, пилильщик яблонный плодовый, златогузка, шелкопряд непарный, шелкопряд-монашенка, шелкопряд сосновый, лунка серебристая, бронзовка мохнатая, совка сосновая, пяденица сосновая, пилильщик сосновый обыкновенный;

в 1910–1914 гг. у 32 видов: прус итальянский, саранча азиатская, совка озимая, совка клеверная, совка-гамма, мотылек стеблевой (кукурузный), мотылек луговой, черепашка вредная, жук кузья хлебный, пьявица хлебная обыкновенная, совка зерновая обыкновенная, совка яровая, совка стеблевая южная, пилильщик хлебный обыкновенный, муха гессенская, муха овсяная шведская, тля гороховая, долгоносики клубеньковые, долгоносик свекловичный обыкновенный, муха свекловичная, щитоноска свекловичная, щитоноска зеленая, моль капустная, белянка капустная, совка капустная, долгоносик вишневый, шелкопряд кольчатый, златогузка, шелкопряд непарный, шелкопряд сосновый, репейница, пяденица сосновая;

в 1923–1926 гг. у 35 видов: прус итальянский, саранча азиатская, личинки щелкунов и чернотелок, черныш песчаный, совка озимая, совка восклицательная, совка клеверная, совка-гамма, мотылек стеблевой (кукурузный), мотылек луговой, черепашка вредная, жужелица хлебная, жук кузья хлебный, совка зерновая обыкновенная, муха гессенская, муха овсяная шведская, зеленоглазка, тля гороховая, долгоносики клубеньковые, долгоносик обыкновенный свекловичный, муха свекловичная, тля капустная, моль капустная, белянка капустная, совка капустная, пилильщик рапсовый, долгоносик вишневый, боярышница, моль яблонная, шелкопряд кольчатый, листовертка дубовая зеленая, совка сосновая, пяденица сосновая, пилильщик сосновый обыкновенный, пилильщик сосновый рыжий;

в 1934–1942 гг. у 32 видов: прус итальянский, саранча азиатская, хрущи майские, личинки щелкунов и чернотелок, черныш песчаный, совка озимая, совка люцерновая, совка клеверная, совка-гамма, мотылек стеблевой (кукурузный), мотылек луговой, жужелица хлебная, совка зерновая обыкновенная, совка яровая, совка стеблевая южная, муха овсяная шведская, опомиза пшеничная, тля гороховая, долгоносики клубеньковые, муха свекловичная, моль капустная, белянка капустная, совка капустная, шелкопряд кольчатый, листовертка дубовая зеленая, златогузка, шелкопряд непарный, шелкопряд сосновый, совка сосновая, пяденица сосновая, пилильщик сосновый обыкновенный;

в 1946–1950 гг. у 30 видов: прус итальянский, саранча азиатская, хрущи майские, личинки щелкунов и чернотелок, черныш песчаный, совка озимая, совка восклицательная, мотылек луговой, черепашка вредная, жужелица хлебная, жук кузья хлебный, пьявица хлебная обыкновенная, совка зерновая обыкновенная, муха гессенская, тля гороховая, зерновка гороховая, долгоносик свекловичный обыкновенный, моль капустная, белянка капустная, долгоносик вишневый, шелкопряд кольчатый, плодоярка яблонная, златогузка, шелкопряд непарный, шелкопряд-

монашенка, лунка серебристая, совка сосновая, пяденица сосновая, пилильщик сосновый обыкновенный, пилильщик сосновый рыжий;

в 1956–1960 гг. у 34 видов: прус итальянский, саранча азиатская, хрущи майские, совка озимая, совка люцерновая, совка-гамма, мотылек луговой, черепашка вредная, совка зерновая обыкновенная, муха гессенская, муха овсяная шведская, долгоносик свекловичный обыкновенный, блошки свекловичные, совка капустная, белянка капустная, долгоносик вишневый, боярышница, шелкопряд кольчатый, плодоярка яблонная, листовертка дубовая зеленая, златогузка, шелкопряд непарный, шелкопряд-монашенка, шелкопряд пушистый, волнянка ивовая, лунка серебристая, шелкопряд малиновый, гарпия тополевая, хохлатка дубовая, репейница, кисточница ржавая, совка сосновая, пяденица сосновая, пилильщик сосновый рыжий;

в 1964–1968 гг. у 41 вида: прус итальянский, хрущи майские, медяк песчаный, совка озимая, совка люцерновая, совка-гамма, луговой мотылек, черепашка вредная, жужелица хлебная, жук кузья хлебный, пьявица хлебная обыкновенная, совка зерновая обыкновенная, совка яровая, муха гессенская муха, овсяная шведская, зеленоглазка, долгоносик свекловичный обыкновенный, блошки свекловичные, моль капустная, пилильщик рапсовый, жук колорадский картофельный, боярышница, моль яблонная, шелкопряд кольчатый, плодоярка яблонная, листовертка дубовая зеленая, златогузка, шелкопряд непарный, шелкопряд-монашенка, шелкопряд сосновый, шелкопряд пушистый, лунка серебристая, шелкопряд малиновый, хохлатка дубовая, плодовые листовертки, пяденица зимняя, кисточница ржавая, совка сосновая, пяденица сосновая, пилильщик сосновый обыкновенный, пилильщик сосновый рыжий;

в 1972–1977 гг. у 33 видов: хрущи майские, личинки щелкунов и чернотелок, черныш песчаный, совка озимая, совка восклицательная, совка-гамма, мотылек стеблевой (кукурузный), мотылек луговой, совка люцерновая, черепашка вредная, тли злаковые, жужелица хлебная, жук кузья хлебный, пьявица хлебная обыкновенная, муха гессенская, муха овсяная шведская, опомиза пшеничная, тля гороховая, зерновка гороховая, долгоносик свекловичный обыкновенный, щитоноска свекловичная, тля капустная, моль капустная, белянка капустная, боярышница, шелкопряд кольчатый, плодоярка яблонная, листовертка дубовая зеленая, златогузка, шелкопряд непарный, плодовые листовертки, репейница, пилильщик сосновый обыкновенный;

в 1986–1988 гг. у 22 видов: мотылек стеблевой (кукурузный), мотылек луговой, совка-гамма, блошка полосатая хлебная, пьявица обыкновенная хлебная тля, гороховая, зерновка гороховая, муха гессенская, опомиза пшеничная, тля злаковая, долгоносики свекловичные (обыкновенный, серый,

черный), совка капустная, черепашка вредная, листовертки плодовые, шелкопряд непарный, совка сосновая, листовертка дубовая зеленая, шелкопряд кольчатый, плодоярка яблонная, пяденица сосновая;

в 1990–1995 гг. у 22 видов: личинки щелкунов и чернотелок, мотылек стеблевой (кукурузный), черепашка вредная, опомиза пшеничная, жужелица хлебная, муха гессенская, муха овсяная шведская, щитоноска свекловичная, долгоносик обыкновенный свекловичный, блошки крестоцветные, моль капустная, бронзовка золотистая, плодоярка яблонная, пяденица зимняя, совка-гамма, моль яблонная, щитник ягодный, щитник остроголовый, белянка капустная, пилильщик сосновый обыкновенный, пилильщик сосновый рыжий;

в 2000–2010 гг. у 20 видов: прус итальянский, саранча азиатская, совка озимая, совка капустная, мотылек стеблевой (кукурузный), мотылек луговой, совка-гамма, черепашка вредная, жужелица хлебная, жуки хлебные, муха гессенская, муха овсяная шведская, боярышница, златогузка, листовертка дубовая зеленая, совка сосновая, шелкопряд-монашенка, пилильщик сосновый обыкновенный, пилильщик сосновый рыжий.

Пространственно-временная синхронизация массовых размножений насекомых (региональная и глобальная) объясняется тем, что биологические системы формируются и развиваются во внешней среде и под влиянием последней, поэтому неизбежна синхронизация популяционных циклов. Процессы синхронизации обеспечивают согласованность различных процессов и явлений, их усиление и взаимодействие и создают предпосылки для формирования организации (структуры), основанной на отношениях резонансного типа. Такая организация может обладать повышенной устойчивостью в структурном плане и одновременно повышенной чувствительностью к информационно значимым для нее внешним воздействиям, в частности, к соответствующим геофизическим и космическим факторам [10, 50].

Глобальную синхронизацию массовых размножений насекомых невозможно объяснить взаимодействием их популяций с погодными факторами, т. к. совпадение последних даже в пределах одного региона маловероятно.

Подавляющее большинство исследователей считают, что популяционные циклы представляют собой автоколебания биологических систем, синхронизованные солнечной активностью [36; 37; 43; 45].

Солнечная активность может создавать по меньшей мере двойные эффекты: «циклический фон» изменений земных процессов и часть переломов многолетнего хода, искажающих этот «циклический фон» [37].

Обобщенные данные массовых размножений насекомых, резкие изменения солнечной активности и атмосферной циркуляции представлены в (табл. 5).

Как видно из (табл. 5), все 13 массовых размножений насекомых начинались точно (100%) в годы резких изменений солнечной активности. Из 13-ти популяционных циклов 11 или 84,6% начинались в годы господства восточной и меридианальной форм атмосферной циркуляции и только два из них (1956–1960 и 1990–1995 гг.) или 15,6% — в годы господства западной формы атмосферной циркуляции. При восточной и при меридианальной формах атмосферной циркуляции на Земле преобладает теплая и сухая погода, при западной – холодная и влажная [51]. Т. е., подавляющее большинство массовых размножений насекомых начинались в засушливые годы, а засухи синхронны с динамикой солнечной активности (табл. 6).

Таблица 5. – Синхронность популяционных циклов насекомых в Украине (1868–2010 гг.) с резкими изменениями солнечной активности и формами атмосферной циркуляции

Годы		Формы господства атмосферной циркуляции		
одновременных массовых размножений нескольких видов насекомых	резких изменений солнечной активности (СА)	W – западная	E – восточная	S – меридианальная
1868–1870	1868, 1870	–	–	+
1878–1880	1878, 1880	–	–	+
1890–1896	1890, 1892–1896	–	–	+
1910–1914	1910–1913	–	–	+
1923–1926	1923–1925	–	–	+
1934–1942	1934–1937, 1930–1940	–	–	+
1946–1950	1946–1948, 1950	–	+	–
1956–1960	1956	+	–	–
1964–1968	1964–1968	–	–	+
1972–1977	1972–1973, 1977	–	–	+
1986–1988	1986–1988	–	–	+
1990–1995	1990–1991, 1993	+	–	–
2000–2010	2000, 2003, 2006	–	–	+

Таблица 6. – История засух в Украине и резкие изменения солнечной активности (СА)

Годы	
засух	резких изменений СА
1	2
1821–1824	1821, 1823
1826	1826
1833–1834	1833
1845	1845
1847–1848	1847–1848
1854	1854
1856–1857	1856
1859–1866	1859–1862, 1865
1873	1873
1875	1875
1880	1880
1882–1888	1882–1887
1891–1892	1890
1894–1896	1894, 1896
1901	1901
1911	1911
1914–1915	1913, 1915
1917–1918	1917–1918
1920–1921	1920, 1922
1924	1924
1928	1991
1930	1929
1933	1933
1942–1944	1942–1944
1946–1949	1946–1948
1951–1954	1950, 1952–1953
1956–1957	1956
1961–1962	1961
1966–1968	1966–1968
1971–1972	1971–1972
1979	1979

1	2
1981	1981
1983–1984	1983–1984
1986	1986
1991	1991
1994–1996	1994–1996
1998–2000	1998–2000
2003	2003
2007	2007
2009	2009
2010	2010
2012	2012

«хи-квадрат» – 13,6 $P < 0,05$

2.2.4. Цикличность как всеобщее свойство развития и функционирования природных систем

Цикличность присуща широкому кругу процессов и явлений космического, геофизического и биологического характера. Она известна в состоянии звездной и солнечной активности, кометно-метеорных потоков, в активации планет Солнечной системы, в колебаниях магнитного и электромагнитного полей, тектонической, сейсмической, вулканической активности литосферы, изменениях атмосферы (давление, осадки, температура, циркуляционный режим) и биосферы (биологические ритмы).

О всеобщности пространственно-временной организации материального мира, единстве циклических изменений в неорганической и органической природе указывается в трудах многих естествоиспытателей (Н. А. Агаджанян, Б. С. Алякринский, П. К. Анохин, Э. С. Бауэр, Л. С. Берг, Е. П. Борисенков, В. И. Вернадский, Б. В. Владимирский, Ю. И. Витинский, И. П. Дружинин, А. П. Дубров, В. А. Зубаков, С. В. Калесник, Г. И. Комин, В. И. Круть, Б. Л. Личков, А. А. Максимов, А. В. Максимов, Е. В. Максимов, К. К. Марков, Н. Н. Моисеев, А. И. Оль, А. С. Пресман, А. П. Резников, Б. М. Рубашев, Б. И. Сазонов, Г. И. Тамразян, А. А. Трофимук, Ю. А. Холодов, В. В. Чернышев, А. Л. Чижевский, А. В. Шнитников, Н. С. Щербиновский, М. С. Эйленсон, В. Н. Ягодинский и многие др.). Число публикаций по этой проблеме едва ли обозримо в настоящее время. Достаточно отметить, что только о связи динамики популяций животных с циклическими изменениями солнечной активности к середине 50-х годов XX в. было

опубликовано более двух тысяч работ (Cole, 1956), не говоря уже о других вопросах этой сложной и многогранной естественно научной проблемы.

Ограничимся указанием лишь некоторых основополагающих работ, имеющих важное методологическое значение для понимания всеобщности цикличности природных процессов и явлений.

Б.Л. Личков [52] в монографии «К основам современной теории Земли» выделяет геологические периоды продолжительностью 500 миллионов лет, а внутри них – геологические, климатические и биосферные циклы, связанные между собой и с ритмами вселенной, и составляющие, по мнению автора, кратную часть космического года, т.е. периода обращения Солнечной системы вокруг центра Галактики. В процессе детального анализа Б.Л. Личков пришел к выводу о том, что «волны жизни» находятся во взаимодействии с космическими и геофизическими факторами среды. Аналогичную точку зрения развивали в своих работах многие учёные. Они считали, что цикличность охватывает весьма разнообразные колебательные процессы – от элементарных физических до сложных гелио- геофизических и эколого-биологических.

Циклическим процессам и явлениям присущ скачкообразный или взрывной характер, нарушающий ход природной обстановки. В этой связи цикличность как форма проявления диалектического противоречия в его динамике имеет прямое отношение к общим законам развития природы: закону отрицания отрицания и перехода количественных изменений в качественные. Для последнего закона характерны качественные скачки, взрывные процессы, фазовые переходы, внезапные генные мутации, вспышки массовых размножений популяций животных и микроорганизмов и др.

Циклический процесс — это поступательный, эволюционный процесс. Цикл следует рассматривать как виток в развитии по спирали, а поскольку всякое развитие совершается противоречиво, постольку его поступательность находится в единстве с элементами цикличности. Признак повторяемости, цикличности явлений, в свете современных представлений естественных наук, принимается за объективный критерий наличия у них внутренней закономерности.

П.К. Анохин [53] считал, что основой развития жизни и ее отношения к внешнему неорганическому миру были повторяющиеся воздействия этого внешнего мира на организм. Последовательность и повторяемость являются основными временными параметрами и представляют собой универсальную форму связи уже сложившихся живых существ с окружающей средой, т.е. «вписанность» «живой материи» в уже готовую пространственно-временную систему мира.

Таким образом, динамика численности популяций — это циклический процесс повторяемости массовых размножений животных, в том числе насекомых. Эти циклы осуществляются на фоне изменений внешней среды, которые вносят в данный процесс определенные коррективы, ускоряя или замедляя реализацию внутренних тенденций.

В процессе гелиобиологических исследований А. П. Дубров [44] выявил циклические изменения таких основополагающих процессов, как генетические, физиологические и биохимические и показал их связь с вариациями геомагнитного поля в его спокойные и возмущенные периоды. Он обнаружил согласованный ход кривых, отражающий изменения геомагнитного поля и важнейшего генетического показателя – митотической активности (способности клеток к делению), при этом «сезонная» динамика изменения концентрации генов ST и TZ в третьей хромосоме дрозофилы полностью совпадает с изменениями геомагнитного поля за конкретный период в месте проведения опытов. Важная роль геомагнитного поля показана А. П. Дубровым [44] для генетических процессов генного, хромосомного и популяционного уровней. В частности, этот геофизический фактор оказывает влияние на генетический код и генетический гомеостаз, генетическую и экологическую структуру популяций [44].

Резюмируя изложенное, можно сделать важный методологический вывод: цикличность, повторяемость является всеобщим свойством развития и функционирования любых природных систем в пространстве и во времени. Этот вывод служит концептуальной основой для теоретического синтеза закономерностей многолетней повторяемости массовых появлений насекомых через закон цикличности, а последняя как было показано в процессе обобщений, является всеобщим свойством развития, функционирования и преобразования организации любой системы.

2.2.5. Теория цикличности динамики популяций

Основные положения современной теории динамики популяций и ее практическое применение в прогнозировании изложены в работах И. Я. Полякова [19, 21]. Согласно этой теории, динамика популяций вредных организмов связана с изменением их жизнеспособности под влиянием условий питания, тепло- и водообмена, в которых проходило развитие отдельных поколений или возрастных групп. Изменчивость этих условий вызывает качественную морфофизиологическую перестройку состояния популяций, что проявляется в изменении их стациального распределения, интенсивности размножения, темпов развития и выживания. Эту теорию

он назвал «современной объединенной теорией». Согласно его представлениям, энергетические ресурсы и физические факторы среды формируют все свойства популяции, в т. ч. её реакции на эти же факторы в будущем, а также природу и регулирующее значение внутри- и межвидовых отношений. Принцип обратной связи характерен для всей совокупности взаимоотношений популяций со средой. При этом определяющим становится взаимодействие кормовая база – популяции, при одновременной зависимости обоих компонентов от климатических факторов.

Главными факторами, направляющими эволюцию видов на Земле, считал И. Я. Поляков, были и остаются климатические условия и энергетические ресурсы. Выживали только те формы, которые были способны обеспечить положительный энергетический баланс, т. е. количество энергии, получаемой с кормом или синтезируемой растениями, должно превышать все потребности жизнеобеспечения, в т. ч. расходы энергии и накопленных резервов на размножение.

Биотические факторы (паразиты, хищники, возбудители болезней, внутривидовые отношения) проявляются в зависимости от степени благоприятности условий для размножения вредителей. При оптимальном стечении условий для массового размножения популяций вредных видов хищники, паразиты, патогены не определяют их динамику. Фенология хищников и паразитов, для которых энергетической базой служат фитофаги, ведет к отсечению наименее жизнеспособной части популяции фитофагов, запаздывающих или слишком рано начинающих развитие и активность, что не соответствует оптимальным нормам. В итоге в экосистеме складываются такие взаимоотношения компонентов на энергетической основе и ее балансировании, которые обеспечивают ее устойчивость в целом – гомеостаз. В агроценозах, как считает И. Я. Поляков, механизмы, обеспечивающие равновесие взаимоотношений в триаде компонентов растение – фитофаг – энтомофаги, оказываются разрушенными под влиянием антропогенной деятельности (обработка почвы, сроки сева, удобрения и другие агротехнические приемы). Поэтому в условиях антропогенного ландшафта усиливается зависимость динамики популяций вредных видов от состояния энергетических ресурсов (пищи) и климатических факторов. Эта теория положена в основу построения годичных прогнозов. Позднее И. Я. Поляковым высказывалась мысль о том, что при разработке многолетних прогнозов для некоторых объектов нужно учитывать также многолетнюю изменчивость активности солнечной радиации, т. к. она существенно влияет на состояние климатических факторов. «Однако воздействия на природу результатов производственной

деятельности человека оказываются более сильными. Поэтому невозможно использовать циклические изменения активности солнечной радиации в качестве предикторов (показателей) многолетних прогнозов распространения вредных видов. Сопоставление многолетних данных по наблюдениям за динамикой популяций определенных вредных видов и их комплексов с циклами активности Солнца показывает, что там, где в прошлом наблюдалась та или иная степень корреляции, её сейчас не удастся отметить». Здесь же автор подчеркивает возможность использования для некоторых видов 100-летнюю и 50-летнюю периодичность изменения солнечной активности в качестве критерия фонового многолетнего прогноза. Он считал, что изменения активности радиации влияют на норму реакции вида и на факторы, определяющие динамику его развития и распространения.

С этими противоречивыми высказываниями можно согласиться в том случае, если иметь в виду долгосрочные (годовые) прогнозы, для многолетних прогнозов массовых размножений вредителей основополагающим всеобщим свойством развития и функционирования популяций является цикличность.

Таким образом, в литературе накоплены обширные материалы о связи, взаимодействии и синхронизации космических, климатических, трофических и популяционных циклов, которые позволяют выполнить междисциплинарный синтез, а последний, как известно, обязательно предполагает появление теории.

Действительно, «... Создание любой теории, как и открытие любого закона природы, причем в большей степени, чем шире область явлений, охваченная данной теорией или данным законом, ведет нередко не только к внутридисциплинарному синтезу, но и к междисциплинарному» [55, 14 с].

В процессе междисциплинарного синтеза теоретических представлений отечественных и зарубежных экологов об изменениях численности популяций с позиций системного подхода, анализа современных достижений астрофизики, биоритмологии, биофизики, космической физики, гелиобиологии, климатологии и других естественных наук, многолетнего анализа и обобщения исторических сведений о массовых размножениях 70 видов насекомых – вредителей сельского и лесного хозяйства в Украине и в других регионах, а также собственных исследований экологии вредной черепашки Е. Н. Белецким [4] обоснована теория цикличности динамики популяций насекомых.

Концептуальная основа теории – связь, взаимодействие и синхронизация в развитии биосферы, биогеоценозов и популяций с космическими

и климатическими циклами; цикличность как всеобщее свойство развития и функционирования любой материальной системы объясняет закономерности массовых размножений вредных насекомых в пространстве и во времени и служит объективным критерием (предиктором) для прогнозирования популяционных циклов.

Основные следствия, вытекающие из этой теории:

1. Многолетняя повторяемость массовых размножений насекомых — это закономерный процесс развития и функционирования популяций, синхронизованный с циклами солнечной активности, погоды и климата, определяющими энергетические ресурсы – трофическую базу и пространственно-временную организацию, генетическую и экологическую структуру популяций.

2. Цикличность как всеобщая закономерность процесса развития объясняет повторяемость массовых размножений вредных насекомых и служит критерием для их прогнозирования.

3. Теория цикличности динамики популяций выполняет описательную, объяснительную, прогностическую и синтезирующую функции. Она объединяет через закон цикличности ранее предложенные теории: климатическую и трофическую.

4. На основе теории цикличности динамики популяций разработан межсистемный метод многолетнего прогноза массовых размножений насекомых, а также алгоритмы их прогнозирования».

В последнее десятилетие в Украине обоснована эколого-генетическая теория, объясняющая механизм динамики численности насекомых-фитофагов [56] и фенологическая – объясняющая различие динамики популяций отдельных видов хвоелистогрызущих насекомых и синхронность с кормовыми растениями и энтомофагами [57]. Названные теории широко обсуждены в энтомологической литературе.

2.2.6. Нелинейность массовых размножений насекомых как аналоги режимов с обострением. Возможный механизм катастрофической их численности с позиции синергетики

Двадцатый век характеризовался колоссальным интеллектуальным прорывом, подготовленным развитием науки и техники в предшествующие столетия. Наука и ныне является фундаментальным фактором прогресса. Тем не менее, по одному вопросу научный прогресс явно замедлился и мы едва ли можем продемонстрировать своё прежнее могущество. Таким вопросом является проблема предсказуемости [5]. Этот вопрос особенно

актуален в экологии популяций и защите растений, где проблема массовых размножений насекомых, известная человечеству с незапамятных времён, остаётся недостаточно изученной и остродискуссионной в наши дни. Это прежде всего познание фундаментальных закономерностей и механизмов этого сложного экологического процесса, и не менее важно – возможность его предсказания, а также предельное время предсказания – горизонт предсказуемости (прогноза).

Чтобы представить себе психологическое потрясение от массовых размножений вредных насекомых, имевших место в начале прошлого столетия, приводим «неожиданное» массовое размножение мотылька лугового описанное К. Н. Россиковым [58]: «1901 год останется надолго в памяти земледельческого населения большей части нашего отечества. В течение всего лета на огромном пространстве от Томска до Каменец–Подольска в стихийных размерах появился «червь», как называли повсеместно гусеницу известной бабочки – лугового мотылька или метелицы. «Червь» появлялся в течение всего лета одновременно в различных частях нашего отечества. Наблюдался он, начиная с мая, весь июнь, июль, август и сентябрь. Всё это время «червь» производил опустошения, которые в районах возделывания свёклы и конопли достигали колоссальных размеров. Червь выедал сплошь посевы плантаций и полей, превращал последние в однообразные оголённые, чёрные, пыльные пространства. Колоссальные опустошения делаемые «червём», передвижение «червя» целыми полчищами на площадях в несколько десятков квадратных вёрст и лёт неисчислимых масс бабочки целое лето, наводили ужас и страх на всё земледельческое население всей средне–русской чернозёмной области [58, 5 с].

Катастрофическое массовое размножение мотылька лугового в 1929 г. было примерно в тех же границах, что и в 1901 году. В 1929 г. численность гусениц была настолько высокой, что при их передвижении (миграции) через железную дорогу останавливались поезда. Особенно высокая численность гусениц была на юге свеклосеющей области (от 250 до 800 шт на 1 растение). «На железной дороге около станции Долинской по всему фронту прилегающих к полотну железной дороги плантаций Борисовки и Пелагиевки дымились огненные завесы – защиты от наступающей с полосы отчуждения гусеницы; кроме того по канаве по всему фронту стояли сотни рабочих с вениками, сметая прорвавшуюся через огонь гусеницу. Обычно в день наблюдалось два приступа: первый с 7–11 часов и второй с 15 часов. На железнодорожных путях специальная железнодорожная бригада на паровозе во главе с начальником станции обдавала паром переползавшую через путь

гусеницу. Сбитая паром умерщвлённая гусеница лежала вдоль рельс. Обращали на себя внимание чёрные стены селянских хат, обращённых к полотну железной дороги: они сплошь были облеплены гусеницей и каждое утро хозяйки вениками сметали их со стен... Дворы в совхозе Пелагиевки были заполнены позлавшей гусеницей. Крыльцо конторы и стены до половины были обмазаны патокой, чтоб преградить доступ гусениц внутрь помещения; однако по прилипшим трупам, она пробиралась внутрь помещения и ползала по столам и стенам, заползала в конторские книги, вползала на людей; даже комнатные цветы были сплошь съедены гусеницей [59, 139 с].

В 1975 г. снова произошла глобальная (непрогнозируемая) вспышка массового размножения лугового мотылька на огромной территории бывшего СССР, а также в некоторых регионах Болгарии, Венгрии, Румынии, Чехословакии, Югославии, Монголии и Китайской Народной Республики. Это массовое размножение не было прогнозировано и квалифицировано как «неожиданное», хотя уже в 1969 г. на Северном Кавказе, затем в юго-восточных областях Украины и ЦЧО был отмечен массовый лёт бабочек этого вредителя, а в 1970 г. там были проведены истребительные мероприятия, объём которых из года в год возрастал (в 1974 г. он составил 1,5 млн. га). Аналогичная ситуация повторилась в 1988 г. В «Прогнозе ... на 1988 год» указывалось, что мотылёк луговой будет очажно распространён там, где в прошлом (1987) году отмечалось повышение численности его гусениц третьего поколения. Обработка против мотылька лугового была запланирована в целом в СССР на 1,5 млн. га на различных сельскохозяйственных культурах, а фактически же обработанно 13,1 млн. га, в т. ч. в Украине около 6 млн. га.

Сотрудники Омской станции защиты растений убедились, что планировать объёмы защиты от мотылька на основе разрабатываемых фитосанитарных (экологических) прогнозов практически невозможно. Так «По прогнозу на 1986 г. планировалась борьба с луговым мотыльком на площади 30 тыс. га (люцерна, донник, рапс, пропашные), а обрабатывать в 1986 г. в один след пришлось 336 тыс. га или в 11 раз больше!» [60, 13 с].

К непрогнозируемым «неожиданным» массовым размножениям относились и вспышки численности серой зерновой совки в 1957 году в целинных районах Зауралья, Западной Сибири и Северного Казахстана, саранчовых – в 1995–1996 гг. в Казахстане и Украине, в 1992–1999 гг. в Нижнем Поволжье, Западной Сибири, Казахстане, в 2003–2008 гг. в Западной Сибири и Украине. В 2003 году массовое размножение итальянского пруса в Крыму достигло необыкновенного масштаба (впервые были

зарегистрированы передвижение кулиг с плотностью личинок 5000 особей/м² [61].

Возникает вопрос – почему не оправдываются фитосанитарные прогнозы? В общих чертах (это личное мнение авторов), потому, что все виды прогнозов в защите растений разрабатывают на основе устаревшей линейной методологии, которая предполагает однозначность причины и следствия, неограниченные возможности предсказания при котором будущее неизменно должно выводиться из прошлого (так называемый лапласовский детерминизм). Сценарий будущего строится с безусловной уверенностью в его осуществлении [17]. Однако нелинейность течения подавляющего большинства сложных открытых природных систем, в т.ч. популяций насекомых, делает принципиально ненадёжными и недостаточными весьма распространённые до сих пор прогнозы – экстраполяции, т.к. развитие совершается через случайность выбора пути в момент бифуркации (резкого изменения характера движения), а сама случайность обычно не повторяется вновь [5; 10; 11; 12; 13; 62]. Кроме того, за нелинейностью, что очень важно, на определённых стадиях кроется возможность сверхбыстрого развития (режимы с обострением) – в экологии популяций насекомых (массовые размножения). В основе сверхбыстрого (катастрофического) развития лежит нелинейная положительная обратная системная связь [62]. Последняя способствует уходу системы от равновесия к неустойчивости, при этом нелинейная положительная обратная связь имеется в каждой точке внешней среды или производство вещества в каждой локальной области среды (например, локальная популяция в экологии), которая пропорциональна концентрации вещества в этой области она возрастает нелинейно, ускоряя производство вещества (плотности, численности, биомассы и т.д.) [62].

Это положение синергетики не согласуется с до сих пор доминирующими в экологии классическими представлениями об однонаправленности (линейности) причинно-следственных связей динамики популяций насекомых с факторами среды, а также их возможностью прогнозировать в будущем [63], т.е. в современной экологии популяций преобладает лапласовский детерминизм. Возможно, потому возникают «неожиданные» непрогнозируемые массовые размножения вредных насекомых. Однако, результаты исследований выполненных в XX – начале XXI вв., показали, что динамика нелинейных систем (сред) — это возможность неожиданных катастрофических процессов, которые свойственны практически всем нелинейным природным системам, в т.ч. популяциям насекомых. С одной стороны, их многолетняя динамика ограничена в предсказуемом, с другой – их

массовые размножения уже были в прошлом в различных регионах. Например, саранчовые в Украине в 1008 г. в Киевском княжестве; в 1708 г. в Италии, Румынии, Украине; в 1583 г. в Диком Поле (Запорожская Сечь); в 1783 г. в Украине, России, Италии. Совка озимая в Украине 1823 и 1923 гг. Мотылёк луговой в 1086 (Киевская Русь), 1986 год – Омская область, Западная Сибирь, Алтайский край, Мелитопольский район Запорожской области. Вредная черепашка в 809 году в Ираке, через 1100 лет в 1909 году в России, Украине, Турции, Иордании; в 1736 году в Иране; в 1936 году в Украине, России, в странах Ближнего и Среднего Востока [4]. Как это ни парадоксально. Согласно современным представлениям нелинейной динамики (синергетики), они являются запрограммированными в настоящем и будущем [63].

3. Блуждание массовых размножений некоторых видов насекомых в пределах ареала

Блуждание нелинейных систем по полю возможных путей развития – одна из важных характеристик динамических нелинейных систем в синергетике. При этом нелинейная система «нежестко» следует «предписанию», а совершает как бы блуждание по полю возможных путей развития, т. е. согласно нелинейной динамике, в реальной природе бытия нашего случайного (стохастичность) и детерминизм [63].

Это теоретическое положение нелинейной динамики важно для теории и практики популяционной экологии, вредных насекомых во-первых, для установления миграции первичных очагов их массовых размножений как предвестников режимов с обострением (начала массовых размножений в пространстве), прогнозирования и принятия решения (управления) в защите растений. Надо полагать, что незнание этих закономерностей динамики нелинейных систем и было неоднократно ошибками в прогнозировании и внезапном появлении «неожиданных» непрогнозируемых массовых размножений саранчовых, совки озимой, мотылька лугового, черепашки вредной и некоторых других насекомых-вредителей.

3.1. Саранчовые (массовые размножения в пространстве и во времени)

Массовые размножения саранчовых известны человечеству с начала возникновения земледелия и растениеводства. Нами выполнен ретроспективный анализ их массовых размножений на основе сведений, представленных в научной литературе [1; 4; 31; 33, 64–69].

В 1490 г. до н. э. отмечено первое в истории массовое размножение саранчовых. В 1104 г. до н. э. саранчовые налетели на Ливию. В 904 г. до н. э. опустошили Палестину, в 104 г. до н. э. – некоторые регионы Китайской империи, когда из-за неурожая и голода от нашествия саранчи не состоялся поход императора Ван-Ти против таванов.

В 203 г. и 172 г. до н. э. в Южной Италии саранча итальянская полностью уничтожила все посевы.

В начале нашей эры, в 63 году царь парфянян Вологесес вынужден был снять осаду армянской крепости Тиграноцету из-за того, что саранча полностью уничтожила все травы, оставив его конницу без корма.

В IV в. н. э. Святой Иероним упоминал о катастрофическом массовом размножении саранчи в Палестине.

В 456 г. во Фригии (древняя страна в северо-западной части Малой Азии) катастрофическое размножение пустынной саранчи; в 576 г. – в Сирии и Месопотамии (один из древнейших очагов цивилизации); в 580 г. – там же; в 592–593 гг. саранча в массе появилась в Германии; в 677 г. – в Сирии. В 678–679 гг. в Китайской империи; в 722 г. – в Сирии; в 784 г. – в Сирии саранча уничтожила всю растительность и заполнила все дома [31].

В 872–874 гг. массовое размножение саранчовых имело место в Германии и Франции; в 929 г. – в Египте; 957 г. – в Сирии и Месопотамии; в 960, 969 и 1002 гг. – в Сирии; 1010 г. – снова в Сирии; 1084 г. – в Германии, Англии, Франции, Польше, России; в 1092 г. – возле Константинополя.

Первое массовое размножение саранчовых («прузи» – старословян.) датировано 1008 г., затем 1094–1095 гг. в Киевской Руси; затем в Киевском великом княжестве: 1103, 1195–1196, 1237, 1338–1339, 1401, 1408, 1472–1475, 1501, 1527, 1534, 1541–1542, 1546–1549, 1583, 1601–1603; затем в Украине: 1645–1646, 1648–1649, 1652, 1681, 1689–1691, 1700–1709, 1713, 1719–1720, 1726, 1743, 1747–1749, 1756–1758, 1783, 1793, 1799–1802, 1804–1806, 1811–1818, 1820–1829, 1839–1840, 1846–1849, 1851–1852, 1859–1860, 1862–1864, 1866–1869, 1884–1888, 1890–1893, 1901–1903, 1910–1913, 1923–1925, 1930–1932, 1937–1939, 1945–1947, 1951–1953, 1995–1997 (юг Украины), 2003 г. (Автономная Республика Крым высокая плотность личинок до 5000 экз./м²).

Массовые размножения итальянской саранчи в Нижнем Поволжье были отмечены в 1968–1969, 1972, 1978–1983 гг. [1].

За период (63–2003 гг.) повторяемость массовых размножений саранчовых, которые имели место в прошлом составляли 800 лет (1195–1995 гг.), 700 лет (1237–1937 гг.), 500 лет (1401–1901 гг.), 400 лет (1008–1408 гг.), 300 лет (1389–1689 гг.), 200 лет (1401–1601 гг.), 100 лет (1401–1501 гг.), 100 лет (1713–1813 гг.), 100 лет (1811–1911 гг.).

За указанный период катастрофические массовые размножения саранчовых были описаны в работах историков, экологов, писателей и даже путешественников. «У 1649 року був великий неврожай; вродила лише падалиця жита в тих місцях, де стояли табори; яровий хліб зняли руками: того ж року була страшенна кількість сарани, що з'їла хліб, і не менше мишей – ніхто не пригадував, щоб колись було стільки мишей, як того року; тому була велика дорожнеча на хліб, сіль і сіно» [66, 48 с].

«1583 року в запорізьких степах шаленіла сарана; Самійло Зборовський, власник міста Золочева Львівського повіту, який йшов у цей час із загоном польської шляхти Дніпром для з'єднання з запорізькими козаками й спільного походу проти московського царя Івана Грозного, зустрів нижче

острова Хортиці на Дніпрі хмару сарани, від якої у нього загинуло до 300 і попухло багато коней» [66, 48 с].

«Год 1647 был особенный, ибо многочисленные знамения в небесах и на земле грозили неведомыми напастями и небывалыми событиями. Тогдашние хроники сообщали, что весной, выплотившись в невиданном множестве из Дикого Поля, саранча поела посевы и траву, а это предвещало татарские набеги...» [70, 7 с].

«В 1709 году саранча остановила армию Карла XII, короля шведского, отступавшего в Бессарабию, после полтавского разгрома. Король думал, что это град: так сильно ударила саранча на его армию. Люди и лошади были ослеплены этим живым градом, падавшим из тучи, затемнившей солнечный свет. Все деревни, лежавшие на ее пути, были разорены. В том же 1709 году значительная часть Европы подверглась ее опустошениям» [64].

«В 1735 году тучи саранчи затемнили китайцам солнечный и лунный свет. Не только хлеба на корню, но даже зерно, хранившееся в магазинах, даже одежды в домах были пожраны этими насекомыми» [64, 325 с].

«В 1739 году саранча покрыла всю поверхность почвы от Тангора до Могадора (Марокская империя). Вся область, прилегающая к Сахаре была опустошена, между тем на другой стороне реки Ель-Кос не видно было ни одного из этих насекомых» [64, 325 с].

Согласно летописям, массовые размножения саранчовых имели место и в средневековье, в более поздних литературных источниках отмечены многочисленные вспышки их численности на протяжении XIX и XX вв. когда их было более 84-х. Судя по сведениям, [65] массовые размножения на территории бывшего СССР, не только не сократились, а наоборот, резко усилились со значительным увеличением площадей обработок. Так, в 2000 г. против саранчовых было обработано 10 млн. га, в т. ч. 8 млн. в Казахстане и 2 млн. га в России. До этого только два раза площади обработок были немногим более 4 млн. га – в 1989 и 1996 гг.

В 1999 году во время катастрофического массового размножения саранчовых в Казахстане, они уничтожили 220 тыс. га зерновых, а потери составили до 15 млн. долл. США; затраты при этом на противосаранчовые мероприятия составили в 1999 г. – 4,8 млн. долл., 2000 г. – 23 млн. долл. Дальнейшие примеры приводятся согласно данным М. Г. Сергеева и А. В. Лачининского [65].

В 1992 г. в Нижнем Поволжье и Западном Казахстане площади заселения итальянской саранчой постепенно расширялись на восток, в Кыргызстане только в период с 1997 г. по 2000 г. они увеличились в 7 раз. На юге Западной Сибири резкий подъем численности названного вредителя начался

в 1999 г., а вспышка достигла максимума в 2000 г. Указанные авторы считают что этому способствовали погодные условия.

Высокая численность итальянской саранчи была не только в Западном Казахстане, Нижнем Поволжье и Предкавказье, но и в Украине (южные степные области и АРК). Массовое размножение итальянского пруса отмечено в 2005–2006 гг. во Франции.

В конце XX – начале XXI вв. в некоторых регионах европейской части России, на юге Сибири, в Средней Азии и в Восточном Казахстане отмечены крупные стаи саранчи перелетной – *Locusta migratoria* L.

После длительной депрессии (с 1992 г.) в октябре в Западной Африке началось очередное массовое размножение саранчи пустынной *Schistocerca gregaria* Forsk. В сентябре 2000 г. она распространялась в 15 странах Западной и Северной Африки, заселила огромные площади. Начало этого массового размножения саранчи пустынной было прогнозировано нами еще в 1996 г. [71]. Эта вспышка, имевшая место в 2003–2005 гг. нанесла ущерб 1 млрд. долл. США; только в 2003–2005 гг было обработано 13 млн. га. против саранчи пустынной в 22-х странах на трех континентах [72].

На юге Африки в 1995–1996 гг. в массе размножился местный вид бурой саранчи *Locusta pardalina* Walk. (родственная перелетной саранче). В те годы затраты на борьбу с ней составили около 3,5 млн. долл. США.

В 2004 г. очередная вспышка численности саранчи перелетной отмечена в Китае на границе с Казахстаном, Россией и Монголией.

В Австралии в 2004–2005 гг. имело место одно из крупнейших за последние десятилетие массовое размножение саранчи австралийской стадной *Chorthoicetes terminifera* Walk. При этом было обработано около 450 тыс. га.

В 1999–2001, 2004 и 2006 гг. мощные вспышки численности этого вредителя отмечены на юго-западе Австралии, где массовые размножения саранчовых происходят реже [65].

3.2. Массовое размножение мотылька лугового

Мотылек луговой – один из распространенных массовых вредителей многих сельскохозяйственных и дикорастущих растений. Известно, что его ареал включает 14 стран Старого и Нового света и, согласно расчетов, площадь его около 11,552 млн. км², при этом площадь Украины не превышает 5,2% указанного показателя [49]. Это обстоятельство, является реальным ограничением для регионального прогнозирования его массового размножения, особенно с использованием в качестве предиктора солнечной активности, выраженной в показателях относительных чисел Вольфа (W).

Первое, известное массовое размножение мотылька лугового В Киевском княжестве, было в 1680 году [66]: «1680 року на Україні була страшна спека сонячна й суша, від якої повисихали води й трави, розвилися черви, які поїли боби, капусту, горох, коноплю й гречку й переходили з однієї ниви на другу»; второе – в 1686 году [76]: «Того ж року червяки чорніє, а зростом як гусениці» были множество и коноплям и иному зілля борзо шкодили, але збожу нічого не вредили. И так стадами ходили по дорозі и в город, в брами, и и из города стадами шли на огороди, не боючись дожчов, хочай лето мокрое било» [76].

Массовое размножение мотылька лугового в нашем отечестве впервые отметил знаменитый путешественник академик Петр Симон Паллас (1743–1811) 12 мая 1763 г., когда его бабочки в огромных массах летали близ Саратова в таком количестве, как «комары в молодой дубовой роще» [58].

Мотылька лугового Эверсман квалифицировал как вредного насекомого в широком смысле слова, указав, что в юго-западных предгорьях Урала и прилегающих степях последний появлялся ежегодно, а его гусеницы там причиняют большой вред растительности [58. – 11 с].

Согласно С. М. Мокржецкому [75], мотылек луговой в свое время сильно вредил в Соединенных Штатах Северной Америки. По его сведениям F. V. Paddock «The sugar-beet web worm//journal of Economic Entomology, 1912, december» сообщал о том, что плантации свёклы в Америке сильно пострадали в 1909–1910 гг. от мотылька лугового: погибло от 35 до 55% всей добываемой свеклы, с потерей от 2-х до 5-ти процентов сахаристости. Paddock полагал, что мотылек луговой появился на тихоокеанском побережье, а затем распространился в штатах Колорадо и Небраска в 1869 г., а вред от него проявился спустя много лет после первого появления в Америке.

Для мотылька лугового наиболее четко выражено блуждание очагов массовых размножений в пределах ареала. Так, в 1769 г. близ Сызрани (Поволжье), через 100 лет в 1869 г. в Киевской и Подольской губерниях, через 100 лет в 1969 г. на Северном Кавказе (1869 г. – США).

В 1853 г. первичный очаг возник в Велико-Анадольском лесничестве (юго-восточная часть Екатеринославской губернии и в Красноярском крае [80]. В 1854 г. он переместился в район Сарепты (Поволжье), где на пространстве 200 верст в поперечнике его гусеницы полностью истребили все растения за исключением зерновых. В 1854–1855 гг. гусеницы повредили овощи в некоторых районах Харьковской губернии [31], а уже в 1855 г. он размножился в массе во всех регионах южной России, Поволжье, Сибири, Украине. Отдельные очаги с высокой плотностью гусениц мотылька лугового

циклически возникали в 1864 г. – в Таврической губернии, 1847 г. – Тульской, 1868–1869 гг – в Киевской и Полтавской губерниях, в 1870 г. – в огромном количестве в окрестностях Астрахани, в 1873 г. – в Донской области, в 1880 г. – в Киевской, Екатеринославской, Полтавской, Харьковской губерниях, а также везде в районе свеклосеяния, в 1892 г. – в Донской области [31].

В 1900 г. – в Харьковской, Киевской, Екатеринославской, Донской, Полтавской и Нижегородской губерниях.; в 1901 г. – на огромном пространстве от Прибалтики до Казахстана и Сибири [34].

В 1902 г. – в Киевской, Воронежской и Херсонской губерниях и Донской области; в 1903 г. – в Киевской и Херсонской губерниях, в 1909 г. – в Киевской и Херсонской губерниях, в США.

В 1912 г. – катастрофическое массовое размножение мотылька лугового отмечено на площади нескольких уездов Астраханской губернии, тогда он уничтожил, за исключением злаков, всю растительность и дикую, и культурную, многие садовые культуры и тем самым вызвал народное бедствие [81], согласно данным В. Г. Аверина [85], в 1912 г. мотылек луговой в значительном количестве имелся на свекле, картофеле, клевере и фасоли в Харьковском, Сумском и Купянском уездах, а уже в 1913 году он размножился в Харьковской губернии уже в колоссальных количествах и причинил не меньше миллиона рублей убытка. И. А. Порчинский [87] указывал, что в 1912 году мотылек луговой сильно размножился на огромном пространстве от Центральной и Западной Сибири до губерний Юго-Западной России. Он вредил бахчам, подсолнечнику, свекле и многим другим растениям. В 1915 г. – в Астраханской и Киевской губернии, в 1915 г. – Воронежской, Донской и Орловской.

В 1921 году массовое размножение мотылька лугового отмечено на всей территории свеклосеяния, а его появление носило характер народного бедствия [88], а в 1922 г. на Правобережье, даже в районе Смелы и более южных комбинатов, «с трудом удавалось находить отдельные экземпляры бабочек» [89], в то время как в ЦЧР снова гибли сотни десятин свеклы [34, 23 с]. Кроме ЦЧР, мотылек луговой в массе размножился в юго-восточной Польше, на всей Украине, а в некоторых районах Киевской, Полтавской и Черниговской областей его гусеницы уничтожили от 60 до 100% посевов свеклы сахарной [34]. В Донской области огороды местами были им уничтожены полностью, а на опытной станции сильно пострадали посевы кукурузы и кормовых трав [85].

В 1929 г. отмечено катастрофическое массовое размножение мотылька лугового на огромной территории, северная граница которая проходила через Тверь, Кострому, Пермь, Свердловск, Тару, Томск, Красноярск,

Иркутск и до Верхнедвинска на востоке, с юго-востока до Минусинска, Семипалатинска, Акмолинска, Астрахани, Кисловодска, Новороссийска и южного берега Провиш на западе до Польши, а также появился в массе в Болгарии, Венгрии, Германии, Польше, Румынии, Югославии. Можно ли было предвидеть внезапное размножение мотылька в 1929 г.? На этот вопрос многие энтомологи-экологи в свое время отвечали – нельзя!

После этого крупнейшего массового размножения мотылька лугового была разработана теоретическая концепция, объясняющая условия возникновения массового размножения этого вредителя и определяющая пути предотвращения его вредоносности. Если исходить из этой концепции – писал в свое время И. Я. Поляков [90], «то в настоящее время отсутствуют условия, благоприятствующие массовому появлению мотылька лугового. Этому препятствуют всевозрастающая интенсивность обработки почвы в сельскохозяйственных районах, освоение больших пространств в Казахстане, где были возможны резервации и накопление мотылька лугового с последующим залетом его в другие районы».

«Вероятно, имеется достаточно оснований лугового мотылька считать бывшим массовым вредителем, несмотря на то, что в небольшом количестве этот вид ежегодно отмечается почти во всех сельскохозяйственных районах» [90, с. 53]. К сожалению, прогноз ведущего прогнозиста бывшего СССР не оправдался! Анализ очередных массовых размножений, особенно глобальных (1975 и 1988 гг.) свидетельствует о том, первичные очаги с высокой численностью этого вредителя совершали закономерное блуждание в пределах его ареала.

Согласно данным А. Н. Фролова [3], в 2008 г. в Российской Федерации началась очередная вспышка размножения мотылька лугового прежде всего в Забайкальском крае, в 2009 г. заселенная вредителем площадь продолжала нарастать в Амурской области. Численность вредителя выше пороговой отмечена в Бурятии, Алтайском и Красноярском краях, Иркутской, Новосибирской, Кемеровской и Томской областях, Хакасии и его появление отмечено на Сахалине. В Украине последнее массовое размножение мотылька лугового отмечено в 2011–2013 гг.

Мотылек луговой в 2011 г. был распространен практически повсеместно в южных, восточных, локально в центральных областях Украины, здесь же отмечались вспышки его численности, хотя в 2008–2010 г. он здесь не имел хозяйственного значения.

В «Прогнозе... Российской Федерации на 2010 год», приведены сведения о том, что в Воронежской области мотылек был в 2010 г. в массе,

несмотря на высокую температуру и низкую влажность воздуха, самки имели хорошо развитое жировое тело, формирующуюся, созревающую и зрелую яйцепродукцию. Это утверждение противоречит как прошлым, так и современным представлениям исследователей, изучающим биологию и экологию мотылька лугового в зоне его распространения во время массовых размножений и депрессий! Все без исключения были единодушны в том, что высокие температуры и засухи – причины их бесплодия.

Трибель С. А., оценивая фитосанитарную обстановку в Украине в 2014 г. четко указывал, что в 2014 г. объемы применения средств защиты растений от мотылька лугового в указанном году могут составить от 2 и более млн. га. Однако мотылек луговой снова сыграл с прогнозистами «злую шутку». Его массовое размножение, начавшееся в Украине в 2011 г., завершилось в 2013 г., когда против последнего в степной и лесостепной зонах республики было обработано 1 млн. 209 тыс. га, т. е. 2013 г. был пиком численности этого вредителя, хотя его прогнозировали в 2014–2015 гг.! [94].

3.3. Блуждание массовых размножений черепашки вредной в ареале

В европейском ареале массовые размножения черепашки вредной известны с XIX в., в азиатском с 809 г. Известно, что через 1100 лет массовое размножение, главным образом черепашки вредной повторялись в 1909 г. в Краснодарском и Ставропольском краях, Ростовской области, Ираке, Иране, Сирии, Турции, Таджикистане, Узбекистане, Украине, Поволжье и ЦЧР.

По свидетельству старожилов, в 1909 г. в Ростовской области черепашки вредной было огромное количество, а местные жители перепаживали почву с целью уничтожения личинок клопов [96].

В 1909 году, по данным В. Г. Аверина, в Змиевском уезде Харьковской губернии клопы-черепашки полностью уничтожили посевы пшеницы [85].

В 1925–1927 гг. массовые размножения черепашки вредной были в Луганской, Одесской и Харьковской областях. В 1927 г. первичные очаги размножения этого вредителя обнаружены в двух пограничных округах Турции, а уже в 1928–1929 гг. клопами была заселена большая часть Килийской долины – житницы Турции. В 1929 г. гибель пшеницы и ячменя из-за повреждений черепашкой вредной достигла здесь потерь, исчисляемых в миллион немецких марок [96].

В Иране, согласно легендарным данным, Надир-шах-Аршар в 1736–1737 гг. [96]. Через 200 лет с 1937 г. очередное массовое размножение этого

вредителя началось в Ираке, Иране, Иордании, Ливане, Сирии, Палестине, в Ставропольском и Краснодарском краях, Ростовской области, в степной зоне Поволжья, в ЦЧР и Украине. В 1972–1973 гг. – очередное массовое размножение черепашки вредной имело место в Харьковской и Херсонской областях, показательно, что в 1972 г. первичный очаг с высокой плотностью до 50 экз/м² возник сначала в Великобурлукском районе (байрачный лес, село Приколотное), а затем в Харьковском районе (на периферии ареала) с. Коммунист учебно-опытное хозяйство ХСХИ (ныне Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева).

На примере массовых размножений саранчовых, мотылька лугового и черепашки вредной нами показан закономерный характер блуждания их размножений в пространстве и времени, которые стали объяснимы благодаря достижениям нелинейной динамики. Кроме того, мы пришли к выводу о том, что режимы с обострением и блуждание в пределах ареала всплеск их численности является фундаментальным ограничением прогнозирования динамики популяций как сложных нелинейных систем.

Предсказание будущего с позиций синергетики оказалось сложной задачей нежели это считалось раньше представителями классической науки. Оказалось, что в принципе невозможно дать долгосрочный прогноз поведения метеорологических, химических и экологических систем [6; 7; 11; 102].

За последние 30 лет показано, что есть ещё один важный класс объектов. Формально они являются детерминированными, и точно зная их текущее состояние, можно установить, что произойдет с системой в сколь угодно далеком будущем. Но вместе с тем предсказывать ее поведение можно лишь в течении ограниченного времени. Сколь угодно малая неточность в значении начального состояния системы нарастает со временем, и с некоторого времени мы теряем возможность что-либо предсказать. На этих временах система ведет себя хаотически [102]. Очевидно, такая закономерность характерна и для подавляющего большинства насекомых-вредителей, массовые размножения которых на продолжительный период пока прогнозировать невозможно из-за неточности первичных количественных и качественных данных и их хаотической динамики численности и нелинейности. О свойствах нелинейного мира известно очень немного. Одно из замечательных представлений нелинейного мира – представление о ветвлении решений или бифуркациях. Бифуркацией называют изменение числа или устойчивости решений определенного типа [102], точка ветвления возможных путей эволюции. Поэтому учитывая сложность динамики нелинейных систем (в нашем случае популяций насекомых), может быть,

вообще следует рассчитывать на качественные прогнозы вроде: ... когда следует ожидать очередное массовое размножение того или иного насекомого в диапазоне от и до такого то года.

4. Проблема прогнозирования в защите растений. Прошлое, настоящее, будущее

В начале и середине XX в. в бывшем СССР, в т. ч. и Украине, отмечались массовые размножения многоядных и специализированных насекомых-вредителей сельскохозяйственных культур, плодовых и лесных насаждений. Среди них доминирующее положение занимал мотылек луговой. В 1912 г. и 1920 г. массовые размножения этого вредителя на огромной территории явилась одной из предпосылок для организации прогнозирования в защите растений.

Именно 1913 г. следует считать началом прогнозирования в защите растений в Украине, с этого года энтомологическое бюро Харьковского губернского земства, возглавляемое В. Г. Авериным, начало публиковать «Информационный бюллетень о вредителях сельского хозяйства и мерах борьбы с ними» с отдельным разделом «Об ожидаемом появлении вредителей» [84].

В 1925 г. при Наркомземе Украины (г. Харьков) были организованы отдел защиты растений под руководством В. Г. Аверина и Центральная станция защиты растений. В 1925–1929 гг. станцию возглавлял А. А. Мигулин, под руководством которого в 1925 г. была создана «Всеукраинская сеть наблюдательных пунктов» (НП) и разработано их информационное и методическое обеспечение.

Украинские экологи приняли активное участие в организации и становлении прогнозирования в защите растений. В 1925 г. В. Г. Аверин опубликовал статью «Периодическое появление наиболее важных вредителей сельского хозяйства на Украине» и одновременно «Волны жизни важнейших вредителей на Украине», в которых показал волновой (циклический) характер массовых размножений вредных насекомых. В 1930 г. Н. А. Гросгейм описал историю массовых размножений многоядных и специализированных вредителей, подчеркнув при этом их неожиданность появления, подвергнув при этом резкой критике климатическую, паразитарную и трофическую теории динамики популяций насекомых, он рекомендовал использовать периодичность в качестве критерия предвидения [103].

В 30-х годах в отделе экологии наземных животных института зоологии АН Украины были начаты фундаментальные исследования популяционной экологии под руководством профессора А. Г. Лебедева. В статье «О значении прогноза в отношении вредных насекомых» он также отметил периодичность массовых размножений вредных насекомых и вероятную их связь с космическими и метеоро-логическими факторами [104]. Теоретические основы и методы прогнозирования в защите растений впервые обосновал

С. П. Иванов в 1936 году в работе «Масові розмноження шкідників і методи їх прогнозу» [105].

Предложенные в ней критерии до настоящего времени используют специалисты службы фитосанитарного мониторинга и прогноза Украины, хотя они давно устарели и не отвечают методологии современных исследований популяционной экологии насекомых. Кроме того, С. П. Иванов впервые назвал годичный прогноз «долгосрочным», как это было принято в метеорологии, и до сих пор он широко используется в прогностике по защите растений без должного уточнения, хотя около 30–ти лет тому назад опубликована «Прогностика. Терминология» [106].

В 1938 г. опубликована коллективная монография С. П. Иванова, М. М. Левитта, Е. М. Емчук «Масові розмноження тварин і теорії градацій». Это первая работа с критическим анализом теоретических представлений отечественных и зарубежных экологов динамики популяций на примере массовых размножений вредных насекомых с анализом 325 отечественных 686 иностранных литературных источников. Одна из глав этой монографии посвящена остро-дискуссионной проблеме – периодичности массовых размножений насекомых и критическому анализу существующих в 1930–х гг. теоретических представлений о связи вспышек массовых размножений с динамикой климата и появлением солнечных пятен [107]. Авторы указанной монографии не отрицали возможной связи «Солнечной погоды» (определение солнечной активности А. Л. Чижевским) с динамикой популяций насекомых, но указывали что она пока не установлена (конец 30–х годов прошлого столетия). Кстати, до настоящего времени вопрос о связи солнечной активности с процессами и явлениями, протекающими в биосфере, биогеоценозах и популяциях остается остродискуссионным, несмотря на то, что большинство исследователей солнечно земных связей продолжали и продолжают указывать о ее наличии.

Учитывая чрезвычайную актуальность проблемы массовых размножений, по инициативе украинских экологов (А. Ф. Крыштала и др.) в Киеве на базе Государственного университета им. Т. Г. Шевченко в 1940 г. и 1950 г. были проведены Всесоюзные экологические конференции по проблеме «Массовые размножения животных и их прогноз». Тогда же И. Д. Белановским были опубликованы две работы «О массовых размножениях насекомых» [108] и «Особенности массовых размножений насекомых и принципы их прогнозирования» [105]. Автор критически обобщил выполненные ранее работы украинских экологов и сделал важные для прогнозирования в защите растений выводы, которые заключаются в следующем:

– если прогноз разрабатывают на основе количественных данных осенних обследований, то не следует брать во внимание условия погоды, прогнозируемые в будущем году, ибо метеопрогноз на такой длительный срок может быть лишь вероятностным, а поэтому сравнивать метеофакторы зимы, будущей весны и фенологией насекомых бесперспективно;

– результаты осенних обследований необходимо учитывать в динамике в сравнении с предыдущими годами;

– следует проводить качественную оценку популяционной изменчивости насекомых (среднюю массу, соотношение полов);

– определять зараженность зимующей стадии насекомых паразитами и пораженность возбудителями болезней.

Эти критерии до сих пор учитывают специалисты службы мониторинга и прогнозов.

Впоследствии экологи пытались объяснить причины массовых размножений насекомых их реакцией на средовые факторы, главным образом температуру и влажность воздуха в лабораторных условиях, перенося результаты лабораторных исследований в природные, что является грубейшей методической ошибкой.

Температура и влажность воздуха действительно создают природный фон, на котором происходит развитие биологических систем, в т.ч. насекомых. Однако это еще не означает, что этим факторам принадлежит ведущая роль в динамике популяций. «В тысячах научных статей температуре и влажности отведена ведущая роль как основным факторам, влияющих на развитие различных организмов. Однако эта колоссальная работа еще не привела к тому, чтобы их влияние можно было бы использовать в популяционных моделях. – считал известный американский эколог Кеннет Уатт [110].

В 1954 г. известный российский эколог И.Я. Поляков обосновал «Теорию изменения жизненности популяций на примере мышевидных грызунов». Её сущность – жизненность популяций (их экологическая и морфофизиологическая структура) в данный период определяется теми условиями, в которых развивались в прошлом те возрастные группы, из которых она состоит. Основное и принципиально новое положение этой теории, по его мнению, состоит в том, что по состоянию кормовой базы, физической среды и морфофизио-логической структуры популяций она позволяет судить о динамике численности и вероятных факторах, способных на нее воздействовать [111]. На основе этой теории разрабатывались и разрабатываются годовые прогнозы в защите растений (относительно вредных грызунов и насекомых). В отношении массовых размножений

насекомых – вредителей сельскохозяйственных растений, плодовых и лесных насаждений прогнозирование массовых размножений он заменял экономическим ресурсным прогнозированием, а чаще перспективной оценкой фитосанитарного состояния той или иной территории с целью планирования и организации защиты растений [112].

Несостоятельность прогнозов подтверждалась уже через 3 года. В 1957 г. отмечена небывалая в истории отечественной энтомологии вспышка массового размножения серой зерновой совки – *Hadena sordida* Vkh., охватившая все области Северного Казахстана, некоторые регионы Западной Сибири, Алтайского края, Зауралья и Башкирии. Только за один 1957 г. гусеницы серой зерновой совки уничтожили в целинных районах Казахстана и Сибири 150 млн. пудов зерна, а площадь заселения вредителем превысила 10 млн. га. [113, 114]. В Северном Казахстане основной очаг был сосредоточен в восточной части Кустанайской и юго-восточной Кокчетавской областей с плотностью гусениц от 300 и более экз. на один кв.метр.

1957 г. убедительно показал не только отсутствие методов прогнозирования массовых размножений, но и теории, на которой они должны основываться.

В 1975 г. последовало «внезапное», неожиданное массовое размножение мотылька лугового, которого по мнению И. Я. Полякова [90], перестали считать массовым вредителем.

В 1980 г. И. Я. Поляков [116] предпринял попытку выявить причины этого массового размножения, обосновать прогноз его популяционной динамики и, очередные задачи по совершенствованию прогнозирования.

При этом он отметил, что до 1929 г. этот вредитель появлялся в массе через 5–10 лет. В европейской части СССР с 1853 г. по 1935 г. и (82 года) отмечено девять крупных подъемов его численности, каждая из них продолжалась от одного до пяти лет. Последняя вспышка возникла после 35–летнего перерыва. Таких длительных депрессий ранее не было. Однако это не соответствует действительности, местного характера массовые размножения этого вредителя фиксировались в литературных источниках в 1947–1950, 1956–1957 гг. в Украине и России [15; 48; 49; 74; 79; 80; 134; 136]. И. Я. Поляковым были высказаны следующие предположения.

Массовое размножение мотылька лугового в бывшем СССР было обусловлено не только состоянием климатических факторов (не указано каких). К последним, согласно фундаментальных исследований климатологов, относятся солнечная радиация (СР), атмосферная циркуляция (АЦ) и подстилающая поверхность (ПП) [136; 137].

Одной из основных причин были коренные преобразования ландшафта в тридцатые годы, под влиянием социалистической реконструкции сельскохозяйственного производства и дальнейшей его интенсификации. После создания колхозов и совхозов были значительно сокращены стадии развития мотылька лугового. Волна очередного массового размножения последнего предположительно была связана с созданием полезащитных лесных полос на площади более 2 млн. га, больших площадей орошаемых и обводненных земель, расширением посевов многолетних бобовых трав и пропашных культур. Кроме того, отсутствием методов долгосрочных прогнозов его распространения, фенологии и вредоносности, как основ для принятия решений; не было разработано и методов защиты сельскохозяйственных культур от этого вредителя [116].

Вместе с тем, И. Я. Поляков определил задачи дальнейшего совершенствования прогнозов появления и распространения мотылька лугового, которые состояли в следующем:

- полный переход на математическое моделирование динамики популяций мотылька лугового;
- планирование защитных обработок, определение сроков и места их проведения с использованием ЭВМ;
- организация автоматизированного сбора и обработки информации о состоянии этого вредителя (численности и фенологии);
- совершенствование методов учета бабочек и гусениц в целях обеспечения точности до $\pm 40\%$ при наименьших затратах труда.

Первая задача слишком оптимистична! В свое время известный французский математик Жак Адамар [131] в этой связи писал: «построение прогностических моделей в экологии с помощью дифференциальных уравнений выглядит как пародирование физики, а гг. Винберг [132], отмечал затруднения при формализации биологических систем (на примере популяций) при помощи математических методов.

Следует отметить, что для многих экологов, изучавших и изучающих закономерности популяционной динамики популяций вредных насекомых, эти работы остались неизвестными. Более того, 1975 г. послужил мощным стимулом интенсификации исследований в области солнечно-биосферных связей, с учетом результатов исследований, выполненных до 1975 г.

Для разработки прогнозов экологии использовали показатели многолетней динамики солнечной активности, выраженной в относительных системных числах Вольфа (W) (табл. 7).

Таблица 7. – Динамика солнечной активности (1756–2018 гг.) (Год/W)

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	1756	1757	1758	1759	1760	1761	1762	1763	1764	1765	1766			
	10	32	48	54	63	86	61	45	36	21	11			
II	1767	1768	1769	1770	1771	1772	1773	1774	1775					
	38	70	106	100	82	66	35	31	7					
III	1776	1777	1778	1779	1780	1781	1782	1783	1784					
	20	92	154	126	85	68	38	23	10					
IV	1785	1786	1787	1788	1789	1790	1791	1792	1793	1794	1795	1796	1797	1798
	24	83	132	131	118	90	67	60	47	41	21	16	6	4
V	1799	1800	1801	1802	1803	1804	1805	1806	1807	1808	1809	1810		
	7	14	34	45	43	47	42	28	10	8	2	0		
VI	1811	1812	1813	1814	1815	1816	1817	1818	1819	1820	1821	1822	1823	
	1	5	12	14	35	46	41	30	24	16	7	4	2	
VII	1824	1825	1826	1827	1828	1829	1830	1831	1832	1833				
	8	7	36	50	62	67	71	48	27	8				
VIII	1834	1835	1836	1837	1838	1839	1840	1841	1842	1843				
	13	57	121	138	103	86	63	37	24	11				
IX	1844	1845	1846	1847	1848	1849	1850	1851	1852	1853	1854	1855	1856	
	15	40	61	98	125	96	66	64	54	39	21	7	4	
X	1857	1858	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867			
	23	55	94	96	77	59	44	47	30	16	7			
XI	1868	1869	1870	1871	1872	1873	1874	1875	1876	1877	1878			
	37	74	138	111	102	66	45	77	11	12	3			
XII	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889			
	6	32	54	60	64	63	52	25	13	7	6			
XIII	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901		
	7	36	73	85	78	64	42	26	27	12	9	3		
XIV	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912	1913		
	5	24	42	63	54	62	48	44	19	6	4	1		
XV	1914	1915	1916	1917	1918	1919	1920	1921	1922	1923				
	10	47	57	104	81	64	38	26	14	6				
XVI	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933				
	17	44	64	69	78	65	36	21	11	6				
XVII	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944			
	9	36	80	114	110	88	68	47	31	16	10			
XVIII	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954				
	33	92	151	136	135	84	69	31	14	4				
XIX	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964				
	38	142	190	185	159	122	54	38	28	10				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
XX	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976		
	15	47	94	106	105	104	67	69	38	34	15	13		
XXI	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986				
	27	92	155	155	140	156	88	57	21	14				
XXII	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996				
	33	112	191	182	191	129	72	43	27	13				
XXIII	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007			
	27	83	125	160	159	163	103	61	43	24	13			
XXIV	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018			
	5	6	24	75	75	129	119	75	15	14	4			

В 2009 г. С. В. Довгань [133] выполнил статистическое обобщение многолетних количественных данных республиканской службы фитосанитарного мониторинга и прогноза по динамике средней протности некоторых широкораспространённых в Украине вредных насекомых для разработки количественных моделей их прогнозирования на следующий год (сезон). В качестве предикторов (факторов) были использованы показатели температуры, осадков, относительной влажности воздуха и продолжительность солнечного сияния. Прогностическими моделями служили уравнения линейной регрессии. Для анализа достоверности корреляции динамики численности некоторых насекомых-вредителей мы воспользовались частично информацией, представленной в монографии [133] не приводя прогностических уравнений линейной регрессии; некоторые данные представленные в табл. 8, 9 и 10.

Таблица 8. – Годы подъёмов численности некоторых насекомых-вредителей в зависимости метеорологических факторов (указанных в тексте) в Запорожской области

Название вредных насекомых	Годы подъёмов численности вредных насекомых	Коэффициент детерминации R ²	Доля изменений в% от величины метео-факторов
1	2	3	4
Озимая и другие подгры-зающие совки	1980, 1983, 1985, 1996–2000, 2004	0,086	0,86
Мотылек стеблевой (кукурузный)	1974, 1975, 1978–1979, 1989–1994, 2000–2004	0,2150	21,56

1	2	3	4
Мотылек луговой	1975–1976, 1981–1982, 1988–1990, 2003–2004, 2004	0,3730	37,30
Совка капустная	1973–1975, 1978–1979, 1985, 1990–1991, 1998–2007	0,1605	16,05
Черепашка вредная	1969, 1981, 1984, 1987, 1993–1996, 2001, 2002, 2007–2009	0,3772	37,72
Жуки хлебные	1980–1981, 1985, 1987–1988, 2000, 2004	0,3268	32,68
Жужелица хлебная	1976–1977, 1981–1982, 1989–1990, 1996–1997, 2000, 2002–2004	0,1382	13,82
Плодожорка яблонная	1968, 1977, 1981–1983, 1989, 1997–1998, 2005–2006	0,0983	0,983

Таблица 9. – Годы подъемов численности некоторых насекомых-вредителей в зависимости от метеорологических факторов в Черкасской области

Название вредных насекомых	Годы подъёмов численности вредных насекомых	Коэффициент детерминации R²	Доля изменений в % от величины метеофакторов
1	2	3	4
Совки озимые и другие подгрызающие совки	1976, 1981, 1984, 1987, 1999–2001, 2003	0,2707	27,0
Мотылек стеблевой (кукурузный)	1971, 1980, 1984, 1991, 1994, 2006	0,2707	27,0

1	2	3	4
Мотылек луговой	1973–1974, 1977, 1989–1990, 2008–2009	0,2079	20,7
Совка капустная	1970, 1994, 1997–1998, 2002	0,18485	18,5
Черепашка вредная	1969, 1981, 1986–1988, 1998, 2003–2007	0,2302	23,0
Жуки хлебные	1983–1986, 1988–1994, 1999–2000	0,1294	12,9
Жужелица хлебная	1973–1974, 1983–1984, 1991–1993, 2001–2003	0,4935	49,3
Долгоносик свекловичный обыкновенный	1973, 1978, 1980, 1987, 2005	0,0673	6,73
Долгоносик свекловичный, серый	1984–1990, 1994–1996, 2000–2002	0,3495	34,9
Плодожорка яблонная	1970, 1972, 1976–1977, 1980–1988, 1994–1996, 2001–2008	0,2994	29,9

Таблица 10. – Годы подъемов численности некоторых насекомых-вредителей в зависимости от метеорологических условий в Волинской области

Название вредных насекомых	Годы подъёмов численности вредных насекомых	Коэффициент детерминации R2	Доля изменений в% от величины метеофакторов
1	2	3	4
Озимая и другие подгрызающие совки	1998–2008 ежегодные стабильные нарастание численности	0,4377	43,7

1	2	3	4
Совка капустная	1976–1978, 1991, 2001–2003	0,582	58,2
Жуки хлебные	1972–1979, 1996– 1997, 1999–2009	0,5499	54,9
Жужелица хлебная	1974–1975, 1987, 1992, 1996–2009	0,5354	53,5
Долгоносик свекловичный обыкновенный	с 1992 по 2003 не вы- явлено. в 2004–2009. 0,5–0,6 тыс./м ²	0,4349	43,4
Долгоносик свекловичный серый	1973, 1980, 1986, 1991–1994, 1997– 2009	0,797	17,9
Плодожорка яблонная	1973, 1976, 2004– 2008	0,7611	76,1

Анализ данных линейной регрессии, представленный в табл. 8, свидетельствует об отсутствии зависимости очередных подъемов численности вредных насекомых от метеорологических факторов (продолжительности солнечного сияния, температуры и влажности) в Запорожской области. В Черкасской области (табл. 9) некоторая зависимость отмечена у жужелицы хлебной (49,3%); в Воынской области такую зависимость можно отметить у совков подгрызающих, совки капустной, жуков хлебных, жужелицы хлебной, долгоносика свекловичного обыкновенного и плодожорки яблонной. Недостоверность полученных результатов при традиционном линейном моделировании динамики численности некоторых вредных насекомых свидетельствуют о том, что популяции насекомых являются сложноорганизованными и не линейными системами для математического моделирования динамики которых, линейный метод не пригоден. При этом методология методов прогнозирования от наличного устарела. Динамика популяций тесно связана с цикличной повторяемостью и режимами с обострением (массовых размножений), которые необходимо своевременно выявлять с помощью фитосанитарного мониторинга [63, 130].

В свое время на примере моделирования динамики численности черепашки вредной в Харьковской области было показано, что линейное моделирование так же не пригодно для прогностических целей [157]. На основе

количественных данных средней плотности клопов-черепашек в местах зимовки была предложена количественная модель, представляющая собой уравнения множественной регрессии:

$$y = 3,0126 - 0,0141252 \times W + 0,00014457 \times W^2,$$

где y – средняя плотность клопов в местах зимовки;

W – число Вольфа (показатель количества солнечных пятен на видимом диске Солнца).

Результаты представлены в (табл. 11). Из таблицы следует, что количественная модель, в которой в качестве предиктора были использованы показатели солнечной активности числа Вольфа (w) для прогнозирования плотности клопов в местах зимовки оказалось ненадежной; ошибка (отклонения прогностической плотности от фактической от 0,1 до 8,9 экз./м² или в 89 раз.

Анализ динамики размножения черепашки вредной, выполненный с учетом показателей продолжительности солнечного сияния на материалах одного из очагов (локальной популяции) в Купянском районе Харьковской области также показал ненадежность этого показателя в качестве предиктора прогноза (табл. 12).

Таблица 11. – Плотность зимующих клопов черепашки вредной в местах зимовки (Харьковская географическая популяция) в 1995–2005 гг.

Годы	Число Вольфа W	Плотность клопов в местах зимовки, экз./м ²		
		прогностическая	фактическая	отклонения
1995	15	2,8	1,9	0,9
1996	10	2,9	3,4	0,5
1997	21	2,7	2,9	0,2
1998	64	2,7	2,3	0,4
1999	93	3,7	1,6	2,1
2000	120	4,1	13,0	8,9
2001	111	3,7	4,2	0,5
2002	106	3,1	2,9	0,2
2003	74	2,7	3,3	0,6
2004	42	2,6	2,5	0,1
2005	20	2,7	0,6	2,1

Данные (табл. 11.) свидетельствуют, что коэффициент размножения локальной популяции черепашки вредной не изменяется в зависимости от продолжительности солнечного сияния. Поэтому этот принцип также непригоден для прогнозирования динамики численности этого вредителя.

Таким образом, линейные дифференциальные уравнения, в которых в качестве переменных величин были использованы не только метеорологические факторы, но и показатели солнечной активности (глобального фактора), оказались непригодными для прогнозирования динамики численности насекомых.

В конце прошлого столетия оказалось актуальными и востребованными теория предвидения Н. Д. Кондратьева и А. Л. Чижевского., Ю. В. Яковца [36; 147; 148], В. И. Вернадского и Н. Н. Моисеева.

В связи с очередными массовыми размножения лугового мотылька в Украине и России украинские экологи снова обратились к солнечно-земной концепции А. Л. Чижевского: «На жаль прогнозисти не звернули уваги на геніальні роботи батька вітчизняної гельобіології»

Таблица 12. – Изменения коэффициента размножения купянской локальной популяции черепашки вредной в зависимости от многолетней динамики солнечного сияния (1966–1981 гг.)

Годы	Продолжительность солнечного сияния за май–июнь часы	Отклонение от средней многолетней	Коэффициент размножения черепашки вредной
1966	587	+98	3
1967	523	+34	10
1968	618	+129	19
1969	473	-16	2
1970	507	+18	6
1971	574	+85	3
1972	539	+50	6
1973	462	-27	2
1974	444	-45	1
1975	654	+165	2
1976	350	-139	1
1977	456	-33	1
1978	422	-67	1
1979	636	+147	2
1980	261	-228	0,5
1981	504	+15	2

О.Л. Чижевського, який обґрунтував положення, що зовнішнє середовище, яке впливає на живу природу, повинно бути розширено за межі Землі. Чижевський вперше переконливо довів, що життя на нашій планеті

відгукується на збудження на Сонці з 11-річним циклом». Следует отметить, что солнечно-земные связи были известны с незапамятных времен! А Чижевский А. Л. и его последователи на основе историко-статистического анализа доказали синхронность многочисленных биологических, климатических, метеорологических, экономических, исторических и социальных процессов. Однако механизм синхронизации по прежнему не установлен. Это вопрос будущего — как писал в свое время А. Л. Чижевский [36]. Он учитывая тесную связь пространственно-временных отношений, он впервые обосновал межсистемный метод прогнозирования [149].

Нами этот метод адаптирован для прогнозирования начала очередных массовых размножений некоторых видов насекомых-вредителей сельскохозяйственных растений и лесных насаждений, а вместо не оправдавших себя для целей прогнозирования в качестве предикторов (относительных чисел Вольфа) мы предложили использовать годы резких изменений солнечной активности (её прироста или снижения в смежные годы). Приводим показатели последних за 1755–2018 гг.

Годы резких изменений солнечной активности (1755–2018): 1755, 1757, 1761–1762, 1765–1766, 1769, 1771–1772, 1773–1774, 1775–1766, 1777–1778, 1780, 1782, 1784, 1786, 1788, 1790, 1793, 1795–1796, 1798–1799, 1801, 1805, 1807, 1810, 1813, 1815–1816, 1818, 1821, 1823, 1826, 1829, 1831, 1833, 1836–1838, 1841, 1843, 1845, 1848–1850, 1854–1856, 1859–1860, 1861–1862, 1865, (1868), 1870–1871, 1872–1873, 1874–1875, 1877–1878, 1880, 1882–1883, 1884–1885, 1886–1887, 1890, 1892–1894, 1896, 1899, 1900–1901, 1903, 1905–1906, 1907–1908, 1910–1911, 1912–1913, 1915, 1917–1918, 1920, 1922–1923, 1924–1925, 1927–1928, 1929–1931, 1933–1934, 1935–1936, 1937, 1939–1940, 1941–1942, 1943–1944, 1946–1948, 1950, 1952, 1953–1954, 1955–1957, 1959, 1961, 1963–1964, 1966–1967, 1968–1969, 1971–1973, 1975–1976, 1977–1979, 1981, 1983–1984, 1986–1987, 1988–1989, 1991, 1993, 1995, 1997–1998, 2000, 2003–2004, 2006–2007, 2010–2011, 2012–2013, 2015, 2016 и 2018 гг.

Синхронность массовых размножений наиболее распространенных в Украине насекомых-вредителей приведена в (табл. 13).

Для доказательства синхронности подавляющего большинства насекомых нет необходимости применения критерия «Хи-квадрат». Для перечисленных насекомых отмечена не только региональная, но и глобальная синхронизация с годами резких изменений СА.

С годами резких изменений солнечной активности синхронизированы климатообразующие факторы (солнечная реакция и атмосферная циркуляция),

метеорологические элементы (или погодные факторы: температура, осадки, атмосферное давление, продолжительность солнечного сияния), годичный прирост деревьев и урожайность сельскохозяйственных культур) (табл. 14, 15).

Таблица 13. – Синхронность начала очередных массовых размножений некоторых вредных насекомых в Украине с годами резких изменений солнечной активности (СА)

№ п/п	Название насекомого	Годы массовых размножений	Начало очередных массовых размножений (%) в годы	
			Резких изменений СА	В другие годы
1	2	3	4	5
1.	Совка озимая	1923–2007	55,0	5,0
2.	Совка-гамма	1829–2007	70,0	30,0
3.	Мотылек стеблевой	1899–2006	80,0	20,0
4.	Мотылек луговой	1855–2011	52,0	8,0
5.	Жужелица хлебная	1843–2003	92,0	8,0
6.	Жуки хлебные	1841–1996	74,0	26,0
7.	Муха гессенская	1847–2000	90,0	10,0
8.	Муха шведская	1880–2000	77,0	23,0
9.	Черепашка вредная	1890–2009	73,0	27,0
10.	Долгоносик свекловичный, обыкновенный	1851–2010	90,0	10,0
11.	Боярышница	1838–2003	87,0	13,0
12.	Златоглазка	1841–1997	86	14,0
13.	Плодожорка яблонная	1855–2007	71	19,0
14.	Шелкопряд непарный	1837–1995	84	16,0
15.	Пилильщик сосновый обыкновенный	1838–2002	95,0	5,0
16.	Пилильщик сосновый рыжий	1880–2009	88,0	12,0

Таблица 14. – Частоты переломов многолетнего хода природных процессов на Земле и статистические оценки связи переломов с резким изменением солнечной активности [121–123]

Наименование процесса	Общие число лет	Относительная чистота переломов		Критерий различия вероятностей «хи-квадрат»	Вероятность случайностей различий вероятности переломов, %
		в годы солнечных	в другие годы		
Планетарные	736	78	58	28,8	< 0,01
Солнечная радиация, прямая и рассеянная	284	86	63	15,8	< 0,05
Атмосферная циркуляция	3448	86	95	154,0	< 0,01
Атмосферное давление	2135	80	70	24,0	< 0,01
Температура воздуха	5207	81	68	101,0	< 0,01
Атмосферные осадки	5670	81	67	112,0	< 0,01
Годичный прирост деревьев	1049	74	66	7,5	< 1,00
Урожайность с.-х. культур	438	83	62	21,4	< 0,01

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о том, что частоты переломов в годы солнечных реперов (в годы резких изменений солнечной активности) на 8–23% превышают частоты в другие годы при высоких значениях критериев «хи-квадрат» (от 7,5 до 154) и соответственно малыми (от 1 до 0,01) вероятности случайности различия переломов в годы с резкими изменениями солнечной активности в другие годы, что позволяет с вероятностью от 99 до 99,9% утверждать о неслучайности и синхронизации многолетнего хода природных процессов в годы солнечных реперов (Белецкий Е. Н., Станкевич С.В) Аналогичные результаты получены нами для Харьковской области (табл. 15).

Таблица 15. – Частоты многолетних переломов некоторых гелиографических факторов и урожайности озимых в Харьковской обл. и их синхронность с годами резких изменений СА

Название процесса	Общее число лет	Относительные частоты переломов			Критерий «хи-квадрат»	Уровень вероятности, %
		в годы солнечных реперов	через год после реперов	в другие годы		
Засуха	115	73	67	41	9,32	< 1,00
Температура воздуха	47	76	100	19	6,00	5,00
Атмосферные осадки	81	100	82	29	7,30	< 2,50
Продолжительность солнечного сияния	18	100	100	50	7,90	< 2,50
Урожайность озимых:						
пшеницы,	70	82	100	50	4,90	< 2,50
ржи	82	100	76	23	15,10	

Данные, приведенные в (табл. 15), также позволяют утверждать о синхронизации атмосферных процессов и урожайности озимых (пшеницы и ржи) с годами резких изменений солнечной активности. С резкими изменениями солнечной активности или солнечными реперами синхронны глобальные массовые размножения некоторых насекомых-вредителей (табл. 16).

Таблица 16. – Синхронность глобальных массовых размножений некоторых вредных насекомых с годами резких изменений СА

Название насекомых	Годы глобальных массовых размножений	Начало очередных массовых размножений, %		
		в годы резких изменений	через 1 год после реперов	в другие годы
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Совка озимая	1923–1925 1946–1950	100,0 100,0	0,0	0,0

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Мотылек стеблевой	1928–1929	100,0	0,0	0,0
Мотылек луговой	1929–1930 1975	100,0 100,0	0,0 0,0	0,0 0,0
Черепашка Вредная	1901–1905	100,0	0,0	0,0
	909–1914	0,0	100,0	0,0
	1923–1929	100,0	0,0	0,0
	1931–1933	100,0	0,0	0,0
	1936–1941	100,0	0,0	0,0
	1948–1957	100,0	0,0	0,0
	1964–1970	100,0	0,0	0,0
	1972–1981	100,0	0,0	0,0
Муха гессенская	1984–1978	100,0	0,0	0,0
	1984–1978	100,0	0,0	0,0
Плодожорка яблонная	1955–1958	100,0	0,0	0,0
Пяденица зимняя	1993–1994	100,0	0,0	0,0
Шелкопряд кольчатый	1882–1883	100,0	0,0	0,0
	1947–1948	100,0	0,0	0,0
Шелкопряд непарный	1912–1913	100,0	0,0	0,0
	1982–1988	100,0	0,0	0,0
Шелкопряд- монашенка	1946–1950	100,0	0,0	0,0
Пяденица сосновая	1937–1941	100,0	0,0	0,0
Пилильщик сосновый	1934–1937	100,0	0,0	0,0

Из таблицы следует: начало очередных (глобальных) массовых размножений всех 12 видов широко распространенных насекомых-вредителей были синхронны с годами резких изменений солнечной активности. Кроме того, они полицикличны. Цикличность в настоящее время установлена в развитии многих природных систем (биологических, экологических, экономических и социальных) и даже научного творчества [151; 152; 153].

В частности В. И. Вернадский [151], анализируя результаты научного творчества известных в мире ученых, отметил следующее: «Взрывы научного творчества повторяются через столетия, скопляются в одном из немногих поколений, в данной или многих странах, когда одаренные личности, создают силу, меняющую биосферу...» [151, 216 с].

Это подтвердил Ю. В. Яковец [147]: «Если мы взглянем через призму прошедших десятилетий на Россию первой четверти XX века, то бросается в глаза скопление звезд первой величины мировой науки, поколение талантов: И. П. Павлов, Н. И. Вавилов, В. И. Вернадский и П. А. Кропоткин, К. Э. Циолковский и А. Л. Чижевский, П. А. Сорокин и Н. Д. Кондратьев, А. А. Богданов и Н. А. Бердяев и многие, многие другие. Они осуществили прорыв во многих отраслях знания, заложили камни грандиозного знания новой научной парадигмы, достраивать которые предстоит в наступившем столетии» [147, С. 708–709].

Перечисленные выше примеры подтверждают фундаментальную закономерность: полицикличность динамики различных природных систем и синхронность в их развитии. А синхронизация неизбежна, потому что все объекты неживой и живой природы состоят из одних и тех же химических элементов системы Д. И. Менделеева, а сохранение и превращение энергии и имеет всеобщий характер (Ю. Р. Майер).

Следовательно, на основе методологии циклической динамики можно разрабатывать алгоритмы прогнозирования очередных массовых размножений вредных насекомых.

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

Совка озимая. Массовое размножение 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.

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).

Мотылек луговой. Его массовое размножение 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).

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.

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.

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.

Долгоносик свекловичный обыкновенный. Его массовое размножение в зоне свеклосеяния 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.

Этот прогноз разработан нами для географических популяций в целом для Украины. Однако генетики и экологи [28; 29] 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. 17).

Из таблицы 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 17. – Изменение структуры и численности локальной популяции черепашки вредной (1969–2001 гг.)

Годы	Коэффициент размножения	Масса, мг		Соотношение в%		Половой индекс	% меланистов
		самцов	самок	самцов	самок		
1	2	3	4	5	6	7	8
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

1	2	3	4	5	6	7	8
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 [22], 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, 154].

Изменение экологической структуры изюмской локальной популяции черепашки вредной приведены в (табл. 18).

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» [155, С. 16–17].

Анализ динамики изюмской и купянской локальных популяциях 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. 19).

Одновременно в 1997 г. началось массовое размножение черепашки вредной на Северном Кавказе. Здесь перезимовавшие клопы с плотностью выше пороговой выявлены на площади 1 млн. га, а в некоторых районах Ростовской области плотность окрылившихся клопов новой

генерации достигала 60–90 экз./м². В 1997 г. огромные площади были заселены черепашкой вредной в Краснодарском и Ставропольском краях, в Нижнем и Среднем Поволжье. Например, в Волгоградской области в 1997 г. плотность личинок новой генерации составляла от 150–800 экз./м², а потери зерна от этого вредителя в целом в России были оценены более 3-х млн. руб., более того, массовые размножения этого вредителя отмечены в Болгарии, Венгрии, Румынии, Югославии, странах Ближнего и Дальнего Востока (блуждание массовых размножений в пределах ареала как один из фундаментальных положений о режимах с обострением).

Таблица 18. – Изменение экологической структуры изюмской локальной популяции черепашки вредной

Годы	Плотность на на 1 м ²		Коэффи- циент размно- жения	Масса, мг		Соотно- шение, %		Половой индекс
	перези- мовавших клопов	личинок новой гене- рации		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

Таблица 19. – 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 распространённые до сих пор прогнозы-экстраполяции от наличного.

6. 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 [129].

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 видовой 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 невозможен. 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 [4; 15; 73; 134; 161].

В 2011 г. режимы с обострением или возникновением 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 Хакасии 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 [92]. 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 [48; 90; 133; 167; 170; 171].

Вопреки мнению большинства исследований, температура воздуха и осадки не являются «основными факторами» динамики популяций насекомых [32; 75; 76; 92, 108–110; 166; 169].

Оригинальные исследования в этой связи были проведены в центральной Лесостепи Украины А.А. Стригуном на примере обыкновенного свекловичного долгоносика [169]. 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 течении 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 [102]. 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.

В связи с этим 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 обострение ситуации, 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.

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.

Заключение

более трех столетий (начиная с И. Ньютона) в классической науке доминируют представления о линейной динамике процессов и событий в природе и обществе. В каждом конкретном случае считается однозначными их причина и следствие, которые определяются начальными условиями, задаваемыми абсолютно точно.

Одним из представителей классической науки является известный физик Пьер Симон Лаплас (1749–1827), который утверждал, что возможно точно предсказать будущее и полностью восстановить прошлое. Его знаменитое изречение о том, что существо, способное охватить всю совокупность данных о состоянии Вселенной в любой момент времени, могло бы не только точно предсказать будущее, но и до мельчайших подробностей восстановить прошлое, было названо «Демоном Лапласа» или лапласовским детерминизмом.

Аналитический синтез современных теоретических представлений в популяционной экологии насекомых и прогностике в защите растений показал, что лапласовский детерминизм по-прежнему доминирует в названных предметных областях знаний. До сих пор в экологии популяций господствуют факториальные гипотезы и теории (построенные на оценке нескольких средовых факторов), а в прогностике по-прежнему основной является теория, согласно которой в динамике популяций и вероятных факторах, способных на нее воздействовать, можно судить заблаговременно по состоянию кормовой базы и физической среды, а это делает эту теорию основой для решения задач прогноза численности вредителей. Такой подход к управлению популяционной динамикой основан на классической линейной методологии. На основе этой теории разрабатывались прогнозы появления грызунов и насекомых на следующий год (сезон). В отношении массовых размножений насекомых-вредителей сельскохозяйственных культур экологический (фитосанитарный) прогноз нередко заменялся ресурсным экономическим прогнозом или перспективной оценкой фитосанитарной обстановки на той или иной территории с целью планирования и организации защиты растений. Несостоятельность такого прогнозирования показали глобальные вспышки массовых размножений мотылька лугового, черепашки вредной; региональные массовые размножения саранчовых, совки озимой, серой зерновой совки, некоторых насекомых-вредителей лесных и плодовых насаждений.

В последние три десятилетия в результате проведения фундаментальных исследований на стыках целого ряда естественных наук обосновано новое направление, называемое синергетикой, будучи междисциплинарным

по своему характеру. Синергетика позволила обосновать некоторые фундаментальные положения. При этом, согласно этим представлениям, природная среда и входящие в нее биосфера, биогеоценозы и слагающие их популяции растительных и животных организмов являются сложноорганизованными открытыми, нестабильными системами. Для них свойственны самоорганизация, диссипация (рассеивание энергии), постоянный обмен энергией, веществом и информацией между собой и их окружением. В свете синергетических представлений насекомые и их популяции также являются такими системами. Для последних и, это главное, характерны самоорганизация, детерминированная хаотическая динамика популяций, наличие локализации (локальные популяции), режимы с обострением, наличие странных аттракторов, которые являются одной из причин и пределом предсказания будущего развития.

В процессе системного синтеза авторы обосновали наличие у подавляющего числа насекомых полицикличность массовых размножений, синхронность последних в пространстве и во времени. Особый интерес представляют так называемые блуждания режимов с обострением в пределах видовых ареалов вредных насекомых и их хроника.

С учетом последних представлений синергетики авторами обосновывается системная теория полицикличности и нелинейной популяционной динамики насекомых. Последняя выполняет все четыре функции подлинно научной теории: описательную, объяснительную, синтезирующую и прогностическую (главную).

Исходя из современных представлений синергетики, авторы обосновывают гипотезу о наличии у популяций насекомых их многолетней, годичной и сезонной динамики в качестве одного из механизмов положительной нелинейной обратной связи, которая постоянно присутствует как в окружающей среде, так и в популяционной динамике.

Для принятия решений в защите растений авторы в качестве основы рекомендуют сценарный метод прогнозирования. Последний основан на установлении последовательностей состояния объекта прогнозирования при различных прогнозах фона.

Глоссарий [63]

Аттрактор – устойчивое состояние (структура) системы, которое как бы «притягивает» (*attrahere* – лат. притягивать) к себе всё множество «траекторий» системы, определяемых различными начальными условиями (если система попадает в конус, или сферу, аттрактора, то она неизбежно эволюционирует к этому устойчивому состоянию (структуре)). Тогда как в большинстве работ по проблемам самоорганизации под аттрактором понимается изображение этого относительно устойчивого состояния в фазовом пространстве, в настоящей работе аттракторами называются реальные структуры в открытых нелинейных средах, на которые выходят процессы эволюции в этих средах в результате затухания промежуточных, переходных процессов. Подчеркивая это, мы часто употребляем целостное новообразование «структуры-аттракторы».

Аттрактор странный – один из видов аттракторов, фазовый портрет которого представляет собой некоторую ограниченную область, по которой происходят случайные блуждания. Следуя И. Пригожину, странный аттрактор можно назвать «привлекающим хаосом».

Бифуркации точка – точка ветвления возможных путей эволюции системы, чему на уровне математического описания соответствует ветвление решений нелинейных дифференциальных уравнений.

Детерминированный хаос – одно из направлений синергетических исследований, в рамках которого изучаются виды хаоса и различные сценарии перехода к хаосу *детерминированных* (динамических) систем.

Диссипация – процессы рассеяния энергии, превращения её в менее организованные формы (тепло) в результате процессов диффузии, вязкости, трения, теплопроводности и т. п.

Нелинейная среда (система) – среда (система), процессы в которой описываются нелинейными уравнениями. Это – среда, которая может эволюционировать различными путями, таит в себе бифуркации.

Нелинейность в математическом смысле – определенный вид математических уравнений, содержащих искомые величины в степенях, больших 1, или коэффициенты, зависящие от свойств среды. Нелинейные математические уравнения, как правило, имеют несколько (более одного) качественно различных решений.

Нелинейность в мировоззренческом смысле – многовариантность путей эволюции, наличие выбора из альтернативных путей и определенного темпа эволюции, а также необратимость эволюционных процессов.

Неустойчивость вблизи момента обострения – чувствительность нестационарных (эволюционирующих) структур к малым возмущениям (флуктуациям) на асимптотической стадии, вблизи «конечного» состояния, приводящая к вероятностному хаотическому распаду этих структур.

Неустойчивость по Ляпунову – один из видов неустойчивости, неустойчивость по отношению к начальным данным, к начальным возмущениям (отклонениям), которые приводят далее, в процессе развития процесса, к сколь угодно большим различиям, к экспоненциальному «разбеганию» смежных траекторий.

Неустойчивые системы (среды) – определенный класс систем (сред), поведение которых чувствительно к малым возмущениям, к хаотическим флуктуациям на микроуровне, состояние которых может резко изменяться под их влиянием.

Обострение (англ, blow up):

– **время обострения** – *конечный* (ограниченный) промежуток времени, в течение которого процесс сверхбыстро, асимптотически развивается;

– **задача на обострение** – некий класс модельных задач для анализа открытых нелинейных систем (сред), в которых предполагается, что процессы развиваются сверхбыстро, т. е. характерные величины (например, температура, энергия, концентрация, денежный капитал) неограниченно возрастают за конечное время;

– **режим с обострением** – режим, имеющий длительную квазистационарную стадию и стадию сверхбыстрого нарастания процессов в открытых нелинейных средах.

Обратная связь объемная нелинейная положительная – механизм самовлияющего, самоподстёгивающего развертывания процессов, действующий в каждой точке открытой нелинейной среды; иначе говоря, механизм ускоренного саморазвития, нарастания процессов по всему пространству среды. Такого рода механизм лежит в основе режимов с обострением.

Открытая система (среда) – определенный вид систем (сред), которые обмениваются веществом, энергией и/или информацией с окружающей средой, т. е. имеют источники и стоки. Способные к самоорганизации открытые системы, как правило, имеют объемные источники и стоки, а именно, источники и стоки в каждой точке системы.

Резонансное возбуждение – соответствие пространственной конфигурации внешнего воздействия собственным (внутренним) структурам открытой нелинейной среды (системы).

Самоорганизация – процессы спонтанного упорядочивания (перехода от хаоса к порядку), образования и эволюции структур в открытых нелинейных средах.

Синергетика – новое междисциплинарное направление научных исследований, в рамках которого изучаются процессы перехода от хаоса к порядку и обратно (процессы самоорганизации и самодезорганизации) в открытых нелинейных средах самой различной природы.

Спектр структур открытой нелинейной среды – множество (набор) относительно устойчивых состояний ее организации, к которым, как к аттракторам, стремятся процессы в данной среде. В математическом плане спектр структур определяется спектром собственных функций, т. е. решений соответствующего нелинейного дифференциального уравнения.

Структура (в открытой нелинейной среде) – локализованный в определенных участках среды процесс, иначе говоря, процесс, имеющий определенную геометрическую форму и способный развиваться, трансформироваться в среде, или переноситься по среде с сохранением формы.

Структура диссипативная – структура, возникающая в результате процесса самоорганизации, для осуществления которого необходим противоположный – дезорганизирующий – рассеивающий (диссипативный) фактор. Представление, широкое развиваемое в работах И. Пригожина.

Структура нестационарная – эволюционирующая структура, структура, способная к росту, усложнению и подверженная распаду.

Структура сложная – структура, построенная из нескольких простых структур (структур с одним максимумом) «разного возраста».

Структура стационарная – устойчивая, неразвивающаяся структура, т. е. структура, представляющая собой один из аттракторов эволюции открытой нелинейной среды и закрепившаяся на нем.

Структуры разного возраста – структуры, находящиеся на разных этапах эволюции, на разных стадиях приближения к моменту обострения.

Термодинамическая ветвь – состояние теплового хаоса, к которому, согласно второму началу термодинамики, идут процессы в закрытых системах. В открытых системах это – один из возможных путей эволюции, вообще говоря, самый примитивный ее путь.

Фазовый портрет – последовательность возможных состояний системы в фазовом пространстве, образующая более или менее сложную «траекторию» эволюции системы.

Фазовое пространство – абстрактное математическое многомерное пространство, координатами которого служат независимые параметры движения системы.

Флуктуации – случайные отклонения мгновенных значений величин от их средних значений, показатель хаотичности процессов на микроуровне системы.

Фрактальная размерность – дробная размерность (от *лат.*: frango, fregi, fractum, ere – ломать, разбивать, раздроблять), являющаяся характеристикой неустойчивого, хаотического поведения систем (сред), описывающихся, в частности, странными аттракторами.

Фрактальные объекты (фракталы) – объекты, которые обладают свойствами самоподобия или масштабной инвариантности, т.е. такие некоторые фрагменты, структуры которых строго повторяются через определенные пространственные промежутки.

HS-режим – один из типов разветвления процессов в открытой нелинейной среде, когда отсутствует локализация, происходит размывание структур. Это – режим неограниченно разбегающейся от центра волны (рис. 1). Данный режим имеет место в том случае, если диссипативный, размывающий фактор интенсивнее, чем фактор локализации, работа нелинейного источника энергии. «H» в названии этого режима означает «higher», выше, чем S-режим, т.е. процессы в нем развиваются быстрее, чем в S-режиме.

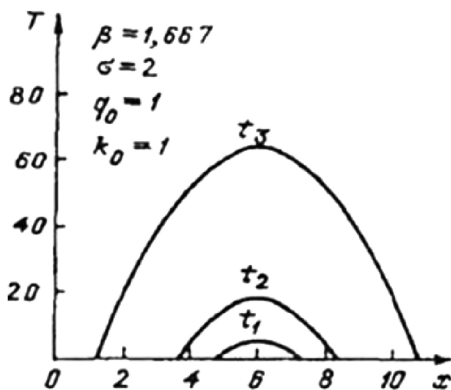


Рисунок 1.

S-режим – режим «горения», развития процесса с обострением, когда на асимптотической стадии процесс локализуется и развивается внутри некоторой фундаментальной длины L (рис. 2). Название S-режим введено по первым буквам фамилий авторов работы, где впервые была изучена

устойчивость остановившейся тепловой волны в краевой задаче для уравнения нелинейной теплопроводности. Английское «s» в названии удачно согласуется с термином «standing wave» – стоячая волна.

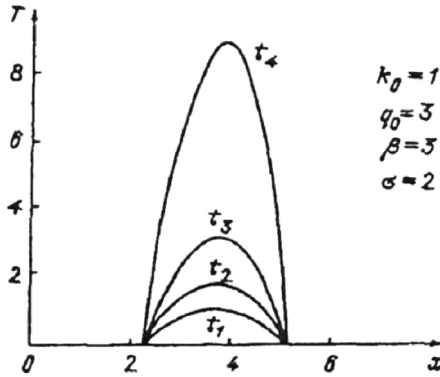


Рисунок 2.

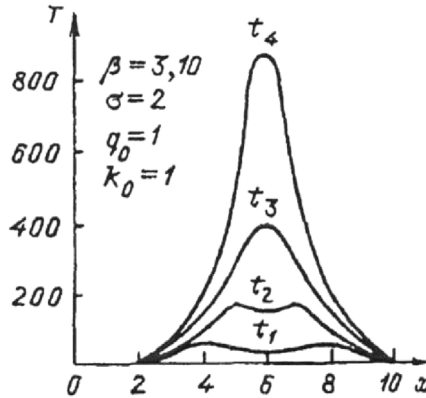


Рисунок 3.

LS-режим – определенный тип развертывания процессов в открытой нелинейной среде в режиме с обострением, когда происходит все более интенсивное развитие процесса во все более узкой области вблизи максимума (рис. 3). Это – «сходящиеся волны горения», причем эффективная область локализации сокращается. Имеет место тогда, когда фактор, создающий неоднородности в среде (действие нелинейных объемных источников), работает значительно сильнее, чем рассеивающий, размывающий фактор. Главная характеристика LS-режима состоит в том, что он развивается медленнее S-режима. Это отражается в названии. «l» означает «lower»,

более низкий, чем S-режим. «Тепловая энергия» слабее «размазывается» по пространству, чем в случае S-режима. LS-режим в открытой нелинейной среде имеет ряд качественно различных решений, их неединственность обуславливает спектр структур разной сложности.

Список литературы

1. Сергеев М. Г. Вредные саранчовые России и сопредельных регионов: прошлое, настоящее, будущее / М. Г. Сергеев // Защита и карантин растений. – 2010 – № 1. – С. 18–22.
2. Чайка В. М. Поширення саранових. Екологічні закономірності на території України / В. М. Чайка, О. В. Бакланова, І. С. Сердюк // Карантин і захист рослин. – 2010. – № 8. – С. 2–5.
3. Фролов А. Н. Современные направления совершенствования прогнозов и мониторинга / А. Н. Фролов // Защита и карантин растений. – 2011. – № 4. – С. 15–20.
4. Белецкий Е. Н. Массовые размножения насекомых. История, теория, прогнозирование: монография / Е. Н. Белецкий. – Харьков: Майдан, 2011. – 172 с.
5. Кравцов Ю. А. Фундаментальные и практические пределы предсказуемости / Ю. А. Кравцов // Пределы предсказуемости. – Москва: Центр Ком, – 1997. – С. 161–191.
6. Николас Грегуар Познание сложного. Введение / Грегуар Николас, Илья Пригожин. – Москва: Едито-риал УРСС. – 2003. – 344 с. (Синергетика от прошлого к будущему).
7. Моисеев Н. Н. Универсум. Информация. Общество/Н. Н. Моисеев. – Москва: Устойчивый мир, 2001. – 200 с.
8. Шварц С. С. Эволюционная экология животных (Экологические механизмы эволюции) / С. С. Шварц // Тр. ин-та экологии раст. и животных. – Свердловск. – 1969. – Вып. – 65. – 198 с.
9. Лейзер Девид. Создавая картину Вселенной / Д. Лейзер. – Москва: Мир, – 1988. – 324 с.
10. Пригожин И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс. – Москва: Прогресс, – 1986. – 432 с.
11. Малинецкий Г. Г. Синергетика, предсказуемость и детерминированный хаос / Г. Г. Малинецкий // Пределы предсказуемости. – М.: Центр Ком, – 1997. – С. 68–130.
12. Малинецкий Г. Г. «Новый облик нелинейной динамики» / Г. Г. Малинецкий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://spkurdyumov.ru/forecas-foresas ting/novyi-oblik-nelinejnoj-dinamiki/>.
13. Курдюмов С. П. Нелинейная динамика и проблемы прогноза / С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий // Весник РАН. – 2001. – Т. II, № 3. – С. 210–232.

14. Глушков А. В. Хаос во временных рядах концентрации загрязняющих веществ в атмосфере. (г. Одесса) / А. В. Глушков, Э. Н. Серга, Ю. Я. Бунякова // Вісник Одеського держ. еколог. ун-ту. – 2009. – Вип. 8. – С. 223–238.
15. Белецкий Е. Н. Фитосанитарное прогнозирование на Украине: история, методология, пути совершенствования / Е. Н. Белецкий // Защита и карантин растений. – 2015. – № 12. – С. 14–19.
16. Малинецкий Г. Г. Современные проблемы нелинейной динамики / Г. Г. Малинецкий, А. Б. Потапов. – Москва: Едиториал УРСС, – 2000. – 336 с.
17. Налимов В. В. Анализ оснований экологического прогноза (Паттерн-анализ как ослабленный вариант прогноза) / В. В. Налимов // Вопросы философии. – 1983. – № 1. – С. 108–117.
18. Spencer H. A theory of population, deducted from the general law of animal fertility / H. Spencer // Westminster. – 1852. – № 57. – P. 468–501.
19. Поляков И. Я. Основные предпосылки теории защиты растений от вредителей / И. Я. Поляков // Энтомолог. обозр. – 1968. – Т. 47, вып. 2. – С. 343–361.
20. Дарвин Ч. Происхождение видов / Ч. Дарвин. – Москва: Сельхозгиз, – 1937. – 608 с.
21. Поляков И. Я. Логика этапов разработки проблемы прогнозов в защите растений / И. Я. Поляков // Тр. ВИЗР. – 1976. – Вып. 50. – С. 5–23.
22. Викторов Г. А. Проблемы динамики численности насекомых (на примере вредной черепашки) / Г. А. Викторов. – Москва: Наука, – 1967. – 271 с.
23. Рафес П. М. Биогеоэкологическая теория динамики популяций растительноядных лесных насекомых / П. М. Рафес // Матем. моделирование в экологии. – Москва: Наука, – 1978. – С. 34–61.
24. Бестужев-Лада И. В. Впереди XXI век: перспектива, прогнозы, футурологи. Антология современной классической прогностики. – 1952–1999 / И. В. Бестужев-Лада. – Москва: Academia, – 2000. – 480 с.
25. Четвериков С. С. Волны жизни (из лепидоптерологических наблюдений 1903 г.): дневник зоол. отд. Импер. об-ва любит. естеств. – Москва, – 1905. – Т. 3., вып. 6. – С. 106–110.
26. Четвериков С. С. О некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения современной генетики / С. С. Четвериков // Журн. экспер. биологии. – 1926. – Сер. А, вып. 2. – С. 3–54.

27. Тимофеев-Ресовский Н. В. Микроэволюция. Элементарные явления, материалы и факторы микроэволюционного процесса/Н. В. Тимофеев-Ресовский // Ботанич. журн. – 1958. – Т. 43, вып. 3. – С. 317–356.
28. Дубинин Н. П. Генетическое строение вида и его эволюция. Генетико-автоматические процессы и проблема экогенотипов / Н. П. Дубинин, Д. Д. Ромашов // Биологический журнал. – 1932. – Т. 1, вып. 5–6. – С. 52–95.
29. Шмальгаузен И. И. Факторы эволюции / И. И. Шмальгаузен. – Москва–Ленинград: Изд-во АН СССР, – 1946. – 396 с.
30. Шварц С. С. Экологические закономерности эволюции / С. С. Шварц. – Москва: Наука, – 1980. – 278 с.
31. Кеппен Ф. О саранче и других вредных прямокрылых из сем. Acridioidea преимущественно по отношению к России / Ф Кеппен // Тр. Русск. энтомол. об-ва. – 1870. – Т. 5. – 352 с.
32. Одум Ю. Основы экологии. В 2-х т. / Ю. Одум; пер. с англ. – Москва: Мир, – 1986. – Т. 2. – 376 с.
33. Кулагин Н. М. О появлении саранчи в Европе в 18–19 столетиях / Н. М. Кулагин // Тр. 2-го Всеросс. энтомо-фитопатол. съезда. – Москва, – 1921. – С. 109–122.
34. Конаков Н. Н. Исторические сведения о размножениях лугового мотылька в Центрально-Черноземной области / Н. Н. Конаков // Метод. по изучению лугового мотылька в ЦЧО. – Воронеж, – 1930. – С. 3–38.
35. Щербиновский Н. С. Пустынная саранча шистоцерка / Н. С. Щербиновский. – Москва: Сельхозиздат, – 1952. – 416 с.
36. Чижевский А. Л. Космический пульс жизни. Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия/А. Л. Чижевский. – Москва: Мысль, – 1995. – 768 с.
37. Бенкевич В. И. Массовые появления непарного шелкопряда в Европейской части СССР / В. И. Бенкевич. – Москва: Наука, – 1984. – 143 с.
38. Добрецов А. Н. Закономерности размножения нестадных саранчовых и прогноз их появления в Красноярском крае / А. Н. Добрецов // Тр. Красноярского НИИСХ. – 1967. – Т. 4. – С. 168–179.
39. Miyashita K Outbreaks and population fluctuau – tions of insects, with special reference to agricultural insect pest i Japan / K. Miyashita // Bull. Wat., just. Agric. Sci. – 1963. – № 15. – P. 19–50.
40. Klimetzek D. Insektenvermehrungen und Sonnen – flecken / D. Klimetzek // Forst. Wissensch. Cenbriff. – 1976. – P. 226–238.

41. Витинский Ю.И. Солнечная активность / Ю.И. Витинский. – Москва: Наука, – 1983. – 192 с.
42. Возовик Ю.И. О повторяемости событий в процессе развития ландшафтов во времени / Ю.И. Возовик // Вопросы географии 79. Ритмы и цикличность в природе. – Москва: Мысль, – 1970. – С. 30–31.
43. Иваницкий Г.В. Как активная автоволновая среда предсказывает будущее / Г.В. Иваницкий // Пределы предсказуемости. – Москва: Центр Ком, – 1997. – С. 41–69.
44. Дубров А. П. Геомагнитное поле и жизнь / А. П. Дубров. – Ленинград: Гидрометеиздат, – 1974. – 175 с.
45. Владимирский Б. В. Солнечно-земные связи в биологии и явления «Захвата» частоты / Б. В. Владимирский // Проблемы космической биологии. Влияние солнечной активности на биосферу. – Москва: Наука, – 1982. – Т. 43. – С. 166–174.
46. Мешкова В. Л. Історія і географія масових розмножень комах–хвоєлистогризів / В. Л. Мешкова. – Харків: Майдан, – 2002–244 с.
47. Білецька Н. Є. Закономірності і прогноз масового розмноження локальних популяцій шкідливої черепашки / Н. Є. Білецька // Захист рослин. – 2003. – № 1. – С. 6–8.
48. Трибель С. А. Луговой мотылек / С. А. Трибель. – Москва: Агропромиздат, – 1989. – 64 с.
49. Кравченко В. П. Стан популяції лугового метелика в Україні / В. П. Кравченко, В. М. Чайка // Захист і карантин рослин: міжвід. темат. наук. зб. – 2002. – Вип. 48. – С. 17–25.
50. Шургин С. М. Солнечная активность и биосфера / С. М. Шургин, А. М. Обут. – Новосибирск: Наука, – 1986. – 127 с.
51. Дружинин И. П. Космос–Земля. Прогнозы / И. П. Дружинин, Б. И. Сазонов, В. Н. Ягодинский. – Москва: Мысль, – 1974. – 288 с.
52. Личков Б. Л. К основам современной теории Земли / Б. Л. Личков. – Ленинград: Из-во ЛГУ, – 1965. – 119 с.
53. Анохин П. К. Избранные труды. Философские аспекты / П. К. Анохин. – Москва: Наука, – 1978. – 400 с.
54. Югай Г. А. Общая теория жизни / Г. А. Югай. – Москва: Мысль, – 1985. – 256 с.
55. Кедров Б. М. О повторяемости в процес се развития / Б. М. Кедров. – Москва: Госполитиздат, – 1961. – 146 с.

56. Чайка В. М. Еколого-фізіологічні аспекти динаміки популяцій комах фітофагів / В. М. Чайка // Захист і карантин рослин: міжвід. темат. наук. зб. – 2000. – Вип. 48. – С. 3–10.
57. Мешкова В. Л. Сезонное развитие хвоелистогрызущих вредителей леса / В. Л. Мешкова. – Харьков: Планета–принт, – 2009. – 396 с.
58. Россиков К. Н. Луговой мотылек или метелица (*Eurysreon sticticalis* L.): сельскохозяйственная монография / К. Н. Россиков. – Санкт-Петербург, – 1903. – 96 с.
59. Яновская В. Л. О луговом мотыльке на юге области свеклосеяния Правобережья в 1928–1929–1930 гг. (*Loxostege sticticalis* L.) / В. Л. Яновская // Луговой мотылек в 1929–1930 гг. // Сб. матер. и статей по биологии лугового мотылька и борьбе с ним. – Киев: Изд. УНИИС, – 1932. – С. 133–146.
60. Калинина И. Г. «Непредсказуемый мотылек» / И. Г. Калинина // Защита растений – 1988. – № 2. – С. 13.
61. Чайка В. М. Саранові. Екологія популяцій, моніторинг, прогноз / В. М. Чайка, М. Д. Мельничук, О. В. Бакланова, І. С. Сердюк. – Київ, – 2009. – 246 с.
62. Малинецкий Г. Г. Современные проблемы нелинейной динамики / Г. Г. Малинецкий, А. Б. Потапов. – Москва: Эдиториал УРСС, – 2002. – 360 с.
63. Князева Е. Н. Основания синергетики. Режимы с обострением, темпомиры / Е. Н. Князева, С. П. Курдюмов. – Санкт-Петербург: Алетейя, – 2002. – 414 с.
64. Фигье Луи. Жизнь насекомых / Луи Фигье. – Санкт-Петербург, – 1869. – 546 с.
65. Сергеев М. Г. Вредные саранчовые: мировой обзор / М. Г. Сергеев, А. В. Лачининский // Защита и карантин растений – 2007. – № 11. – С. 24–28.
66. Яворницький Д. І. Історія запорізьких козаків / Д. І. Яворницький. – Львів: Світ, – 1990. – Т. 1–500 с.
67. Крипякевич І. Сарана на Україні в XI–XVIII століттях / І. Крипякевич // Вісник природознавства. – 1927. – № 3–4. – С. 1–9.
68. Бараш С. И. История неурожаев и погода в Европе по XVI в. н. э. / С. И. Бараш. – Ленинград: Гидрометеиздат, – 1989. – 238 с.
69. Борисенков Е. П. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы / Е. П. Борисенков, В. М. Пасецкий. – Москва: Мысль, – 1988. – 522 с.

70. Генрик Сенкевич. Огнем и мечом / Генрик Сенкевич. – Москва: Худож. Лит., – 1983. – 670 с.
71. Закари М. У. Закономерности массовых размножений и прогноз проявления пустынной саранчи (*Schistocerca gregaria* Forsk) / М. У. Закари, Е. Н. Белецкий // Сбор. научн. трудов каф. зоологии и энтомологии. – Харьков: ХНАУ, – 1996. – С. 16–24.
72. Лачининский А. В. Совершенствование химической борьбы с саранчовыми в Центральной Азии / А. В. Лачининский, Ф. А. Гаппаров, Н. Утапов // Защита и карантин растений. – 2011. – № 6. – С. 5–10.
73. Білецький Є. М. Закономірності прогнозу масового розмноження лучного метелика / Є. М. Білецький // Карантин і захист рослин. – 2004. – № 9. – С. 11–13.
74. Кнор И. Б. Связь вспышек массового размножения лугового мотылька в Сбири с солнечной активностью / И. Б. Кнор, Б. М. Рябко // Изд-во СО АН СССР. Сер. биол. – 1981. – Вып. 1. – С. 113–116.
75. Мокржецкий С. А. Луговой мотылек, его жизнь и меры борьбы с ним / С. А. Мокржецкий // Труды бюро по энтомологии. – 1902. – Т. 3, – № 2. – 36 с.
76. Летопись Самовидца / Полное собрание русских летописей. (ПСРА). – Киев, – 1878. – 174 с.
77. Зверезомб-Зубовский Е. В. О периодичности появления лугового мотылька и о некоторых других его особенностях / Е. В. Зверезомб-Зубовский // «Луговой мотылек»: сб. УНИИС. – 1931. – Кн. I. – С. 3–8.
78. Орищенко А. Д. Луговой мотылек / А. Д. Орищенко // Защита растений. – 1976. – № 1. – С. 42–44.
79. Фролов А. Н. Луговой мотылек: Цикличность многолетней динамики численности/А. Н. Фролов, М. И. Саулич, Ю. М. Малыш, Ю. С. Токарев//Защита и карантин растений. – 2010. – № 2. – С. 49–53.
80. Добрецов А. Н. О прогнозе массового размножения лугового мотылька в Красноярском крае / А. Н. Добрецов // Сибирский вестник с.-х. науки. – 1980. – № 1 (55). – С. 28–31.
81. Сахаров Н. Л. Энтомологический очерк Юго-Востока / Н. Л. Сахаров. – Саратов: Нижне-волжское упр. по с.-х. опытному делу, – 1923. – 10 с.
82. Трибель С. Увага – небезпека! Спалах масового розмноження лучного метелика/С. Трибель, О. Стригун // Пропозиція. – 2012. – № 7. – С. 76–80. (Початок).

83. Трибель С. Увага – небезпека! Спалах масового розмноження лучного метелика / С. Трибель, О. Стригун // Пропозиція. – 2012. – № 9. – С. 18–71. (Закінчення).
84. Аверин В. Г. Об ожидаемом появлении вредителей в 1913 году / В. Г. Аверин // Бюлл. о вредителях сельского хозяйства и меры борьбы с ними. – 1913. – С. 15–16.
85. Аверин В. Г. Обзор вредителей, наблюдавшихся в Харьковской губ. за 1913 год / В. Г. Аверин // Отчет энтомологического бюро за 1913 г. – Харьков, – 1915. – С. 10–65.
86. Порчинский И. А. Очерк распространения в России важнейших животных в 1912 году / И. А. Порчинский // Ежегодник Департам. земледелия. – Санкт-Петербург, – 1913. – С. 351–361.
87. Бельский Б. И. К вопросу об очагах размножения лугового мотылька (*Loxostege sticticalis*) в степной области Украины / Б. И. Бельский // Луговой мотылек в 1929–30 гг. / Сб. матер. и статей по биологии лугового мотылька и борьбе с ним. – Киев: Изд. УНИИСа, – 1932. – Кн. 2. – С. 21–36.
88. Линдеман И. В. Результаты наблюдений над важнейшими вредителями сахарной свеклы и осенних раскопок в районе Смелы Киев. губ. В 1922 году / И. В. Линдеман // Бюл. СНУ Сахартреста. – Киев, – 1923. – Ч. 7. – 33 с.
89. Зверезомб–Зубовский Е. В. Некоторые данные о вредителях сельского хозяйства Донской области / Е. В. Зверезомб–Зубовский // Тр. сел.-хоз. Опытных учреждений Дона и Сев. Кавказа // Бюлл. – 1924. – № 174. – 8 с.
90. Поляков И. Я. Прогноз распространения вредителей сельскохозяйственных культур / И. Я. Поляков. – Ленинград: Колос, – 1964. – 326 с.
91. Федоренко В. П. Фитосанитарное состояние агроценозов Украины / В. П. Федоренко, В. Н. Чайка // Защита и карантин растений. – 2011. – № 4. – С. 48–52.
92. Обзор фитосостояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2010 году и прогноз развития вредных объектов в 2011 году. – Москва, – 2011. – 44 с.
93. Трибель С. О. Чого очікувати від лучного метелика в цьому сезоні / С. О. Трибель, О. О. Стригун // Агроном. – 2014. – № 2. – С. 54–56.
94. Бетяев С. К. Прогностика: первые шаги науки / С. К. Бетяев // Вопросы философии. – 2003. – № 4. – С. 3–13.

95. Бестужев-Лада И. В. Будущее предвидимо, но не предсказуемо: эффект Эдипа в социальном прогнозировании / И. В. Бестужев-Лада // Пределы предсказуемости. – Москва: Центр Ком, – 1997. – С. 192–211.
96. Передельский А. А. Биологические основы теории и практики борьбы с вредной черепашкой / А. А. Передельский // Вредная черепашка. – Москва: Изд. АН СССР, – 1947. – Т. 2. – С. 89–270.
97. Викторов Г. А. Проблемы динамики численности насекомых (на примере вредной черепашки) / Г. А. Викторов. – Москва: Наука, – 1967. – 271 с.
98. Заговора А. В. Некоторые вопросы динамики численности вредной черепашки и борьба с ней на Украине / А. В. Заговора // Проблемы борьбы с вредной черепашкой. – Москва, – 1965. – С. 21–24.
99. Пайкин Д. М. Вредная черепашка / Д. М. Пайкин. – Москва: Колос, – 1969. – 120 с.
100. Виноградова Н. М. Условия, определяющие уровень численности и зоны вредоносности вредной черепашки в Европейской части СССР / Н. М. Виноградова // Матер. научн.-метод. совещ. по проблеме «Методы прогноза появления основных вредителей и болезней сельскохозяйственных растений и сигнализация сроков проведения обработок». – Ленинград: ВИЗР, – 1969. – С. 57–62.
101. Глушко А. Я. Опасность клопа вредной черепашки / А. Я. Глушко // Актуальн. пробл. Безопасности и защита населения территорий в чрезвычайных ситуациях. – Ставрополь, – 2010. – 292 с.
102. Малинецкий Г. Г. Синергетика, предсказуемость и детерминированный хаос / Г. Г. Малинецкий // Пределы предсказуемости. – Москва: Центр Ком, – 1997. – С. 69–130.
103. Гроссгейм Н. А. О массовых появлениях вредителей / Н. А. Гроссгейм. – Млеев: Изд. НКЗ УССР, – 1930. – 26 с.
104. Лебедев А. Г. О значении прогноза в отношении вредных насекомых / А. Г. Лебедев // ССУ. – К., – 1930. – № 11 (9). – С. 5–10.
105. Иванов С. П. Масові розмноження шкідників і методи їх прогнозу / С. П. Иванов // Вісті АН УРСР. – 1936. – № 4. – С. 101–106.
106. Лисичкин В. А. Прогностика. Терминология / В. А. Лисичкин. – Москва: Наука, – 1990. – 47 с.
107. Иванов С. П. Масові розмноження тварин і теорії градацій / С. П. Иванов, М. Я. Левіт, Е. М. Ємчук. – Київ: Вид. АН УССР, – 1938. – 252 с.
108. Белановский И. Д. О массовых размножениях насекомых / И. Д. Белановский // Первая экол. конф. по проблеме «Массовые размножения

- животных и их прогнозы»: Тез. докл. – Ч. 1. – Киев: Изд. АН УССР. – 1940. – С. 8–10.
109. Белановский И. Д. Особенности массовых размножений насекомых и принципы их прогнозирования / И. Д. Белановский // Вторая экол. конф. по проблеме «Массовые размножения животных и их прогнозы»: тез. докл. – Ч. 1. – Киев: Изд-во КТУ, – 1950. – С. 10–11.
110. Уатт К. Экология и управление природными ресурсами / К. Уатт. – Москва: Мир, – 1971. – 464 с.
111. Поляков И. Я. Проблема численности вида в свете ученым о жизненности / И. Я. Поляков // Третья экол. конф. по проблеме «Массовые размножения животных и их прогнозы»: тез. докл. Ч. 4. – Киев: КТУ, – 1954. – С. 271–278.
112. Максимов А. А. Многолетние колебания численности животных, их причины и прогноз / А. А. Максимов. – Новосибирск: Наука, – 1984. – 250 с.
113. Григорьева Т. Г. К вопросу о причинах возникновения и затухания инвазий серой зерновой совки (*Hadena sordida* VKh.) в целинных районах Казахстана и Сибири / Т. Г. Григорьева // Тр. ВЭО. – 1965. – Т. 50. – С. 146–162.
114. Шек Г. Х. Закономерности массового размножения серой зерновой совки / Г. Х. Шек // Тр. ИЗР Казахской ССР. – 1965. – Т. 7. – С. 334–341.
115. Белецкий Е. Н. Энтомологическая оценка элементов почвозащитной системы земледелия в засушливой степи Северного Казахстана: дисс. канд. биол. наук: спец. 098 «Энтомология» / Е. Н. Белецкий. – Шортанды, – 1967. – 131 с.
116. Поляков И. Я. Эколого-физиологические предпосылки современной системы борьбы с луговым мотыльком / И. Я. Поляков // Тр. ВИЗР. – Ленинград, – 1980. – С. 3–11.
117. Щербиновский Н. С. Солнечно-обусловленная цикличность массовых размножений вредных насекомых и других организмов / Н. С. Щербиновский // Астрономический сборник. – Львов: Изд. ун-та, – 1960. – Вып. 3–4. – С. 165–169.
118. Щербиновский Н. С. Циклическая активность Солнца и обусловленные нею ритмы массовых размножений организмов / Н. С. Щербиновский // Земля во Вселенной. – Москва: Мысль, – 1964. – С. 400–417.
119. Чижевский А. Л. В ритме Солнца / А. Л. Чижевский, Ю. Г. Шишина. – Москва: Наука, – 1969. – 112 с.

120. Чижевский А. Л. Земное ухо солнечных бур / А. Л. Чижевский. – Москва: Мысль, – 1973. – 348 с.
121. Дружинин И. П. Солнечная активность и переломы хода природных процессов на Земле / И. П. Дружинин, Н. В. Хамьянова. – Москва: Наука, – 1969. – 224 с.
122. Дружинин И. П. Космос – Земля. Прогнозы / И. П. Дружинин, Б. И. Сазонов, В. Н. Ягодинский. – Москва: Мысль, – 1974. – 288 с.
123. Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли. – Москва: Наука, – 1971. – 260 с.
124. Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и её окружения / В. И. Вернадский. – Москва: Наука, – 1965. – 374 с.
125. Вернадский В. И. Биосфера / В. И. Вернадский. – Москва: Мысль, – 1967. – 367 с.
126. Витинский Ю. И. Солнце и атмосфера Земли / Ю. И. Витинский, А. И. Оль, Б. И. Сазонов. – Ленинград: Гидрометеоздат, – 1976. – 352 с.
127. Резников А. П. Предсказание естественных процес сов обучающейся системой / А. П. Резников. – Новосибирск: Наука, – 1982. – 287 с.
128. Путилов А. А. Системообразующая функция синхронизации в живой природе. Методологический очерк / А. А. Путилов. – Новосибирск: Наука, – 1987. – 141 с.
129. Федоренко В. Увага – лучний метелик! / В. Федоренко // Пропозиція. – 2011. – № 11. – С. 88–91.
130. Чайка В. М. Моніторинг фітосанітарного стану агроценозів / В. М. Чайка // Стратегія і тактика захисту рослин. Т. 1. Стратегія. – Київ: Альфа-стевія, – 2012. – Р. 10. – С. 409–416.
131. Адамар Ж. Исследование психологии процесса изобретения в области математики / Ж. Адамар. – Москва: Советское радио, – 1970. – 152 с.
132. Винберг Г. Г. Многообразие и единство жизненных явлений и количественные методы в биологии / Г. Г. Винберг // Журн. общ. биологии. – 1981. – Т. 42, – № 1. – С. 15–18.
133. Довгань С. В. Моделі прогнозу розвитку та розмноження фітофагів: Монографія / С. В. Довгань. – Херсон: Айлант, – 2009. – 208 с.
134. Белецкий Е. Н. Теория и технология многолетнего прогноза / Е. Н. Белецкий // Защита и карантин растений. – 2006. – № 5. – С. 46–50.
135. Чайка В. М. Екологічне обґрунтування прогнозу розповсюдження основних шкідників польових культур в агроценозах України

- / В. М. Чайка // Интегрированный захист рослин на початку ХХІ століття. – Київ: Аспект–Поліграф, – 2004. – С. 119–125.
136. Шварева Ю. Н. К вопросу о радиационной характеристике важнейших классов погоды / Ю. Н. Шварева // Вопросы комплексной климатологии. – Москва, – 1963. – С. 45–56.
137. Борисенков Е. П. Климат и деятельность человека / Е. П. Борисенков. – Москва: Наука, – 1982. – 129 с.
138. Липчанская Р. А. Саранчовые – спутники засухи / Р. А. Липчанская // Защита и карантин растений. – 2011. – № 5. – С. 44–47.
139. Мешкова В. Л. Масові розмноження соснових пильщиків у насадженнях Луганської області: монографія / В. Л. Мешкова, М. С. Коленкіна. – Харків: Планета. – Принт, – 2016. – 182 с.
140. Constanito R. F. Caetic dynamics in an insect population / R. F. Constanio, R. A. Deshamais, J. M. Cushing, D. Brian // Sctence. – 1997. – Vol. 275. – № 5298. – P. 389–391.
141. Cushing J. Nonlinear dynamics in insect populations From egulibna to chaos, from mathematical models to laboratory experiments / J. Cushing // Tagungsber // Math. Forsehun, Oberwolttach. – 1996. – № 40. – P. 4–5.
142. Logan J. A. Nonlinear dynamics and chaos in insect populations / J. A. Logan, I. S. Allen // Arn. Rov. Entomol. – 1992. – Vol. 37. – P. 455–477.
143. Яковец Ю. В. Глобальные экономические трансформации ХХІ века / Ю. В. Яковец. – Москва: Экономика, – 2011. – 382 с.
144. Смил В. Глобальные катастрофы и тренды: Следующие 50 лет / В. Смил. – Москва: АСТ ПРЕСС Книга, – 2012. – 368 с.
145. Румянцева С. Ю. Идеи циклического развития в природе и обществе и цивилизационные двигатели: экономический срез / С. Ю. Румянцева // Механизмы регулирования экономики. – Москва, – 2014. – № 4. – С. 80–88.
146. Ивахненко А. Г. Непрерывность и дискретность / А. Г. Ивахненко. – Киев: Наукова думка, – 1990. – 224 с.
147. Яковец Ю. В. Большие циклы: конъюнктура и теория предвидения / Н. Д. Кондратьев // Избр. произведения. – М.: Экономика, – 2002. – С. 708–736.
148. Яковец Ю. В. Циклы. Кризисы. Прогнозы / Ю. В. Яковец. – Москва: Наука, – 1999. – 448 с.
149. Мауринь А. М. Биологическое прогнозирование / А. М. Мауринь // Рабочая книга по прогнозированию. – Москва: Мысль, – 1982. – С. 304–308.

150. Жирмунский А. В. Критические уровни развития природных систем / А. В. Жирмунский, В. И. Кузьмин. – Ленинград: Наука, – 1990. – 224 с.
151. Вернадский В. И. Труды по всеобщей истории науки / В. И. Вернадский. – Москва: Наука, – 1988. – 336 с.
152. Ягодинский В. Н. Космические циклы и ритмы жизни / В. Н. Ягодинский. – Москва: Знание, – 1981. – 64 с.
153. Алякринский Б. С. По закону ритма / Б. С. Алякринский, С. И. Степанова. – Москва: Наука, – 1985. – 176 с.
154. Большаков В. Н. Экологическое прогнозирование / В. Н. Большаков. – Москва: Знание, – 1983. – 64 с.
155. Соколов Н. Н. Насекомые и другие животные, наносящие вред в сельском хозяйстве. Маврский (готтентотський) клоп (*Eurygaster maura* F.) или черепашка / Н. Н. Соколов. – Санкт-Петербург: Изд. Мин. земл. и основ. имуществ. Департ.земл., – 1901. – 82 с.
156. Князева Е. Н. Основания синергетики. Режимы с обострением, температуры / Е. Н. Князева, С. П. Курдюмов // Приложение 3. Интервью с Г. Хакеном. – Санкт-Петербург: Алотейя, – 2002. – С. 351–363.
157. Білецька Н. Є. Закономірності динаміки географічних і локальних популяцій шкідливої черепашки (*Eurygaster integriceps* Put.) і прогноз їх масового розмноження / Н. Є. Білецька, Є. М. Білецький // Вісник ХНАУ. Серія «Ентомологія та фітопатологія». – 2006. – № 12. – С. 8–16.
158. SP-yRM Ann.R. 1997–1998 International Centor for Agricultural Reseach in Dry Areas. – 1998. – 25 p.
159. Станкевич С. В. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур: навч. посібник / С. В. Станкевич, І. В. Забродіна / Харк.нац.аграр.ун-т ім В. В. Докучаєва. – Харків: Бровін О. В., – 2016. – 216 с.
160. Станкевич С. В. Управління чисельністю комах-фітофагів / С. В. Станкевич. – Харків: ФОП Бровін О. В., – 2015. – 178 с.
161. Білецький Є. Теорія і технологія багаторічного прогнозу в захисті рослин / Є. Білецький // Науковий вісник АНВШУ. – Київ, – 2005. – № 3 (29). – С. 57–70.
162. Прогноз фітосанітарного стану агроценозів України та рекомендації щодо захисту рослин у 2014 році. – Київ, – 2014. – С. 20–22.
163. Никольский А. А. Великие идеи великих экологов: история ключевых концепций в экологии / А. А. Никольский. – Москва: ГЕОС, – 2014. – 190 с.

164. Монин А. С. Предсказуемость погоды и климата / А. С. Монин, Л. И. Питербарг // Пределы предсказуемости. – Москва: Центр Ком, – 1997. – С. 3–40.
165. Садовский М. А. О прогнозе временных рядов / М. А. Садовский, В. Ф. Писаренко // Пределы предсказуемости. – Москва: Центр Ком, 1997. – С. 149–160.
166. Белановский И. Закономерности массовых размножениях вредителей в связи с метеорологическими факторами / И. Белановский // Зоол. журн. – 1936. – Т. 15 (2). – С. 187–216.
167. Дружелюбова Т. С. Погода и прогноз размножения вредных насекомых / Т. С. Дружелюбова, Л. А. Макарова. – Ленинград: Гидрометеоздат, – 1972. – 84 с.
168. Виноградова Н. М. Динамика численности вредной черепашки в СССР за последнее десятилетие и ориентировочный прогноз ее распространения в 1970 году / Н. М. Виноградова // Проблемы борьбы с вредной черепашкой. – Москва, – 1969. – С. 16–20.
169. Стригун О. О. Вплив метеорологічних умов на багаторічну динаміку чисельності звичайного бурякового довгоносика / О. О. Стригун // Захист і карантин рослин: міжвід. темат. наук. зб. – Київ, 2002. – Вип. 48. – С. 128–139.
170. Пятницкий Г. К. Погодные условия и прогноз развития лугового мотылька / Г. К. Пятницкий // Тр. по защите растений, серия энтомол. – 1936. – Т. 1, вып. 15. – С. 68.
171. Рекомендации по прогнозу развития, распространения и учету численности лугового мотылька / И. В. Бабчук, В. Г. Григоренко, П. П. Гавлинский и др. – Киев: Урожай, 1983. – 24 с.

