

1993, том 1, вып. 1

УДК 632.7:532:94:532.14

(с) 1993г. Е. Н. БЕЛЕЦКИЙ

## ТЕОРИЯ ЦИКЛИЧНОСТИ ДИНАМИКИ ПОПУЛЯЦИИ

Проблема массовых размножений насекомых - одна из актуальных и остродискуссионных проблем экологии. Человечеству с незапамятных времен известны нашествия насекомых и других животных, они всегда поражали воображение своей грандиозностью и изжужурящей неожиданностью, особенно саранчовых и мышевидных грызунов.

Давно замечена многолетняя повторяемость всплеск численности насекомых через определенные промежутки времени, как известно, они интересовали Реомюра, Линнея, Дарвина и Уоллеса, но закономерный характер этого явления впервые объяснил в конце прошлого столетия наш соотечественник известный русский зоолог Ф. П. Келлен.

В начале текущего столетия С. С. Четвериков (1905) в небольшой статье "Волны жизни" обосновал вывод о всеобщем распространении этого явления в растительном и животном мире и указал на возможное эволюционное значение "популяционных волн".

В середине двадцатых - начале тридцатых годов отечественные и зарубежные экологи выдвинули теоретическую концепцию периодичности массовых размножений вредных организмов (насекомых и грызунов), обосновав её обширными историческими материалами и показав их связь и взаимодействие с циклами климата, солнечной активности и естественных врагов (зоофагов и энтомофагов).

Для объяснения причин популяционных циклов было предложено несколько теорий: метеорологическая, случайных колебаний численности, взаимодействия популяций (хищник-жертва, паразит-хозяин) и теория трофических уровней.

Однако ни одна из предложенных теорий не объясняет этого сложнейшего экологического явления, а все попытки связать циклические колебания численности с климатическими факторами пока остаются безуспешными (Одум, 1986).

Теория взаимодействия популяций казалась бы наиболее близка к истине, имеет давнюю историю, но тем не менее, в литературе имеется целый ряд сведений, которые ее опровергают. Например, в отдельных регионах наблюдают многолетние циклические колебания численности мелких грызунов там, где отсутствуют их хищники (Уатт, 1971; Риклефс, 1979; Пианка, 1981; Максимов, 1984).

Теория трофических уровней объясняет закономерности циклических изменений численности животных, в том числе насекомых, круговоротом биогенных элементов (в частности фосфора), оказывающих влияние на пищевую ценность растительности. Она созвучна трофической теории динамики популяций, имеет много сторонников среди экологов у нас и за рубежом, но, тем не менее, также далека от объяснения закономерностей популяционных циклов (Викторов, 1967; Максимов, 1984).

В экологии 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 солнечной активности в качестве критерия прогноза появления вредителей сельскохозяйственных культур, всегда затрагивал основы теории динамики популяций

(Поляков, 1973а).

Как известно, первая попытка установления связи массовых появлений насекомых с изменением солнечной активности принадлежит Ф. П. Келлену (1870, 1881, 1882). Последний, проанализирова массовые размножения и миграции вредных саранчовых в России и сопредельных странах почти за 1300-летний исторический период, сопоставил их с многолетней изменчивостью солнечных пятен и сделал вывод о том, что периоды с особенно сильными размножениями и дальними миграциями азиатской саранчи в подавляющем большинстве случаев начинались в годы минимумов солнечной активности, через год после минимума или же за год до него.

Грандиозные вспышки саранчовых имели место в 1333-1339, 1689-1693, 1800-1806, 1822-1829, 1855-1862 гг. Эти периоды, продолжавшиеся несколько лет, заканчивались на шестой, седьмой год после минимума солнечных пятен (1095, 1389, 1806, 1829, 1852 и отчасти 1850-й годы).

Спустя полвека к этой проблеме вновь обратился Н. М. Кулагин (1921), однако он пришел к выводу об отсутствии периодичности в динамике численности саранчовых.

В 1929 г. Е. П. Уваров указал на одновременность вспышек численности пустынной саранчи в государствах Африки и Западной Азии, а также отметил их совпадение с циклической изменчивостью солнечной активности.

Обобщив в 1930 г. хроники массовых размножений лугового мотылька в ЦЧО за 1854-1929 гг., Н. Н. Конаков показал их совпадения с динамикой солнечной активности. В течение 61 года, с 1854 по 1915 гг. 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) вспышки лугового мо-

тылька не было, но зато в массе размножились саранчовые, хлебные жуки, совка-гамма, непарный и сосновый шелкопряды. Начиная же с 1916 по 1922гг. вспышки численности лугового мотылька и азиатской саранчи наблюдались ежегодно, а в 1922г. отмечено массовое размножение совки-гамма и яблонной моли.

С середины 50-х годов проблема обусловленных солнечной активностью вспышек численности насекомых особенно интенсивно разрабатывается Н. С. Щербиновским, сначала для пустынной саранчи (1952, 1958), а затем и для других массовых вредителей (1960, 1964).

Детальные обзоры взаимодействия популяционных климатических и космических циклов выполнены в работах В. И. Бейкевича (1984), А. А. Максимова и Е. Н. Белецкого (1992).

В двух последних работах установлен приоритет отечественных экологов, показавших важную роль космических факторов в происхождении и эволюции жизни на нашей планете, раскрыта сущность фундаментальных исследований А. Л. Чижевского по проблеме "Солнце-биосфера", обосновано принципиальное отличие периодических, ритмических и циклических процессов и явлений. В частности показано, что биологические процессы цикличны, но не периодичны! Цикличность их объясняется, с одной стороны, постоянным воздействием внешних космических факторов, с другой - автоколебаниями, присущими любой материальной системе.

Однако эта идея медленно завоевывает умы экологов, особенно основополагающий тезис о том, что цикличность развития биосферы и слагающих ее биогеоценозов, определяется цикличностью природных процессов, прямо или косвенно связанных с солнечной активностью. Эта проблема, несмотря на ее остродискуссионный характер, важна как в теоретическом, так и в прикладном аспектах, ибо, признавая цикличность процессов и явлений,

происходящих в природе, зная тенденцию их развития, можно заблаговременно методом экстраполяции прогнозировать исследуемый биологический процесс, в том числе массовые размножения вредных насекомых (Максимов, 1984; Белецкий, 1992).

Обширные материалы о связи, взаимодействии и синхронизации космических, климатических, трофических и популяционных циклов, накопленные отечественными и зарубежными учеными, позволяют выполнить междисциплинарный синтез, а последний, как известно, обязательно предполагает появление новой теории, в которой диалектически сняты ограниченности прежних теорий (Кугай, 1976).

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 вредителей сельского и лесного хозяйства в Украине и других регионах, а также собственных исследований экологии серой зерновой совки и вредной черепахи, нами 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 системы объясняет закономерности массовых размножений в пространстве и 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, синхронизированный с циклами солнечной активности, погоды и климата, определяющими энергетические ресурсы - трофическую базу и пространственно - временную организацию (генетическую, экологическую и морфофизиологическую структуру популяций).

2. Цикличность как всеобщая закономерность процесса развития объясняет закономерности многолетней повторяемости массовых размножений 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, паразитарную и трофическую.

4. На основе теории цикличности динамики популяций разработан межсистемный метод многолетнего прогноза массовых размножений вредных насекомых.

Сущность метода состоит в том, что по состоянию в момент разработки прогноза или по динамике одной системы (прогнозирующей) с определенной вероятностью предсказывается поведение в будущем другой системы (прогнозируемой). При этом необходимо, чтобы обе системы были связаны между собой как аргумент и функция или хотя бы корреляционно, с опережением (во времени или по параметрам) прогнозирующей системы по отношению к прогнозируемой. Обе системы должны входить в состав более общей для них надсистемы, быть изоморфными (иметь сходную общую структуру), исходить из общего источника и иметь между собой как прямые, так и обратные связи, а также давать возможность имитировать обратную связь от будущего к настоящему (Мауринь, 1982).

Обычно в качестве примера ссылаются на установленную Н. С. Дербинским (1952) циклическую зависимость между изменениями солнечной активности и темпом размножения пустынной саранчи. Оба процесса - солнечная активность и динамика численности саранчи являются изоморфными, циклическими, с одинаковым периодом. Общим источником динамики этих систем являются процессы солнечной активности, в этом их когерентность (общий источник происхождения).

Таким образом, если известно поведение прогнозирующей системы (солнечной активности) в будущем, то можно имитировать обратную связь из будущего в настоящее, то есть прогнозировать массовое размножение вредных насекомых (поведение прогнозируемой системы).

Для разработки качественных моделей многолетнего прогноза массовых размножений вредной черепашки и других вредителей нами впервые использованы экстремумы резких изменений солнечной активности (СА) и магнитной возмущенности (МВ), которые, как известно, оказывают влияние на многолетний ход любого процесса или явления на Земле (Дружинин, 1987).

Учитывая, что прогноз, будучи формой научного предвидения, призван определить тенденцию и перспективы развития на базе прошлого и настоящего, нами выполнен ретроспективный анализ массовых размножений некоторых видов вредных насекомых в Украине и на основе закона цикличности разработаны качественные модели прогноза на примере лугового мотылька, вредной черепашки и других опасных вредителей сельскохозяйственных культур.

Луговой мотылек. Этому вредителю свойственны циклические, то есть повторяющиеся через разные промежутки времени массовые размножения. Первая вспышка численности лугового мотылька отмечена в Украине в 1686 году, об этом свидетельствует запись в

"Полном собрании русских летописей" (Летопись Самовида. 1878. С. 164).

Наиболее полные исторические сведения о массовых размножениях лугового мотылька имеются с середины 50-х годов прошлого столетия. Они имели место в следующие годы: 1853-1857, 1864-1869, 1873-1880, 1892-1893, 1900-1903, 1910-1916, 1919-1922, 1929-1932, 1935-1937, 1947-1950, 1956-1957, 1972-1978 и 1986-1988.

За последние 136 лет (1853-1988гг.) отмечено 13 вспышек численности этого вредителя. Средняя повторяемость между вспышками 10,5 года. По продолжительности она равна 11-летнему циклу солнечной активности, а последняя, как известно, определяет изменения погоды, климата, урожайности сельскохозяйственных культур, а через систему этих факторов - соответственно динамику популяций насекомых.

За анализируемый исторический период массовых размножений вредных насекомых в Украине (1836-1992гг.) резкие изменения или экстремумы (приросты и снижения) солнечной активности (СА) и магнитной возмущенности (МВ) были в следующие годы: 1831, 1836, 1838, 1841, 1845, 1847, 1849-1850, 1854, 1856, 1859-1862, 1865, 1867-1868, 1870-1873, 1875, 1878, 1880, 1882-1884, 1889-1890, 1892-1894, 1896, 1899-1901, 1903-1908, 1910-1913, 1915, 1917-1918, 1920, 1924-1925, 1929-1937, 1939-1940, 1942-1944, 1946-1954, 1956-1957, 1961, 1964, 1966-1967, 1971-1973, 1975, 1977-1981, 1983-1984, 1986, 1988, 1991-1992. Прогностические экстремумы: 1999-2000гг.

Анализ хроник массового размножения лугового мотылька показывает: из тринадцати вспышек массовых размножений десять начинались точно в годы экстремумов, две - за год до экстремума и одна - через год после него. На основании этих данных



рассчитываем вероятность начала массовых размножений этого вредителя.

Годы от экстремума СА и МВ		
-1	0	+1
Частоты начала массовых размножений		
2	10	1
Вероятность их начала, %		
15,4	76,9	7,7

Из анализа распределения массовых размножений лугового мотылька во времени следует: с 77%-ной вероятностью очередная вспышка его численности начнется точно в эпоху экстремума и с 100%-ной - в смежную эпоху - за два года до экстремума, в его критическую фазу или на один год позднее.

В 1976 году, располагая прогностическими показателями солнечной и магнитной активности на очередной цикл и рассчитав годы резких изменений, мы прибавили к году максимума вспышки (1975г.) одиннадцать лет и спрогнозировали начало очередного популяционного цикла лугового мотылька в Украине в 1986-1987 годах (1986г. - для южных, 1987г. - для восточных и центральных областей). Этот прогноз оправдался не только для Украины, но и для других регионов. Очередная вспышка массового размножения лугового мотылька, согласно нашему прогнозу, ожидается в Украине в 1999-2000гг.

Вредная черепашка. За последние 110 лет (1870-1979гг.) в Украине зарегистрировано десять вспышек массового размножения вредной черепашки: 1870-1871, 1892-1896, 1901-1903, 1909-1912, 1924-1927, 1936-1941, 1947-1956, 1967-1968, 1972-1973 и 1979-1989гг. Средний период между вспышками - 11 лет. Это цикл один из самых распространенных. Он обнаружен исследователями в многолетних изменениях многих природных процессов, в том числе

солнечной и магнитной активности, продолжительности солнечного сияния, погоды, климата, урожайности сельскохозяйственных культур, приросте деревьев, массовых размножениях вредных насекомых, грызунов, эпизоотий, эпифитотий и др.

В пределах циклов солнечной активности и магнитной возмущенности массовые размножения вредной черепашки были распределены следующим образом:

Годы от экстремума SA и MB		
-1	0	+1
Частоты начала массовых размножений		
1	9	0
Вероятность их начала, %		
10	90	0

Как видно, с 90%-ной вероятностью можно прогнозировать начало очередного размножения вредной черепашки точно в эпоху экстремума солнечной активности и магнитной возмущенности и с 100%-ной - за год до экстремума и в его критическую фазу. На основе межсистемного метода мы проанализировали начало вспышки массового размножения вредной черепашки в 1979-1980 годах. Очередное массовое размножение для южных областей - 1991г., для восточных и центральных - 1992г. Прогноз оправдался.

Службе сигнализации и прогнозов Украины рекомендовано разрабатывать годовичные прогнозы с учетом многолетнего (на 5-10 и более лет) прогноза. Такая технология позволяет повысить оправдываемость годовичных прогнозов до 90% и своевременно принять оптимальные решения для проведения профилактических и истребительных мероприятий при минимальных затратах материальных ресурсов.

#### Список литературы

Белецкий Е. П. Теория цикличности динамики популяций и ме-

тоды многолетнего прогноза массового размножения вредных насекомых. - Автореф. . . дисс. д-ра биол. наук. - Киев, 1992. - 45 с.

Бенкевич В. И. Массовые появления непарного шелкопряда в Европейской части СССР. - М.: Наука, 1984. - 143 с.

Викторов Г. А. Проблемы динамики численности насекомых (на примере вредной черепашки). - М.: Наука, 1967. - 271 с.

Дружинин И. П. Долгосрочный прогноз и информация. - Новосибирск: Наука, 1987. - 356 с.

Келпен Ф. О саранче и других вредных прямокрылых из сем. Acrididae преимущественно по отношению к России // Тр. русск. энтомол. об-ва. - СПб. - 1870. - Т. 5. - С. 1-352.

Келпен Ф. Вредные насекомые. Введение в энтомологию. - СПб., 1881. - Т. 1. - 240 с.

Келпен Ф. Вредные насекомые. Прямокрылые, жуки и перепончатокрылые. - СПб., 1882. - Т. 2. - 585 с.

Конаков Н. Н. Исторические сведения о размножении лугового мотылька в Центрально-Черноземной области // Материалы по изучению лугового мотылька в ЦЧО. - Воронеж, 1930. - С. 3-38.

Кулагин Н. М. О появлении саранчи в Европе в 18-19 столетиях // Тр. 2-го Всерос. энтомо-фитопатол. съезда. - М., 1921. - С. 109-122.

Максимов А. А. Многолетние колебания численности животных, их причины и прогноз. - Новосибирск: Наука, 1984. - 250 с.

Мауринь А. М. Биологическое прогнозирование // Рабочая книга по прогнозированию. - М.: Мысль, 1982. - С. 304-308.

Одум Ю. Основы экологии. В 2-х т.: Пер. с англ. - М.: Мир, 1968. - Т. 2. - 376 с.

Пианка Э. Эволюционная экология. - М.: Мир, 1981. - 400 с.

Поляков И. Я. Динамика численности животных и управление ею // Современные проблемы экологии. - М.: Изд-во МГУ, 1973. - С.

Риклефс Р. Основы общей экологии. -М.: Мир, 1979. -424 с.

Уатт К. Экология и управление природными ресурсами. -М.: Мир, 1971. -460 с.

Четвериков С. С. Волны жизни (из лепидоптерологических наблюдений 1903г.): Дневник зоолога// Изв. импер. об-ва любит. естествознания и этнографии. -М., 1905. -Т. 3. -Вып 6. -С. 106-110.

Щербиновский Н. С. Пустынная саранча шистоцерка. -М.: Сельхозгиз, 1952. -416 с.

Щербиновский Н. С. Основные закономерности массовых размножений пустынной саранчи и миграции ее стай. -М., 1958. -16 с.

Щербиновский Н. С. Солнечно-обусловленная цикличность массовых размножений вредных насекомых и других организмов//Астрон. сб. -Львов: Изд-во Львовск. ун-та, 1960. -Вып. 3-4. -С. 165-169.

Щербиновский Н. С. Циклическая активность Солнца и обусловленные ею ритмы массовых размножений организмов//Земля во Вселенной. -М.: Мысль, 1964. -С. 400-417.

Югай Г. А. Философские проблемы теоретической биологии. -М.: Мысль, 1976. -247 с.

Харьковский государственный  
аграрный университет

E. N. BELECZKY

THE CYCLICAL CHARACTER OF POPULATION DYNAMICS THEORY

Kharkov State Agricultural University, Ukraine

S u m m a r y

The basis of the cyclical character of population dynamics theory and it's technological decision for elaboration of long-time (5 - 10 and more years) prognoses of the mass reproduction of insect pests.