

УДК 632.7

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И ПРОГНОЗ МАССОВЫХ РАЗМНОЖЕНИЙ ВРЕДНЫХ НАСЕКОМЫХ: ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС И ПУТИ РАЗВИТИЯ. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

А.Н. Фролов

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Изучение динамики численности насекомых прошло в своем развитии более чем вековой путь, сопровождавшийся острыми дискуссиями по поводу того, каким факторам принадлежит ведущая роль в детерминации численности. Периодические колебания численности — одно из наиболее загадочных явлений популяционной биологии и нет недостатка в теориях, которыми пытаются объяснить их природу. Очевидно, что прогноз размножения вредных членистоногих, как основа для принятия оптимальных решений, направленных на управление популяциями вредных видов, нуждается в глубоком изучении природы динамики численности, и особенно природы цикличности колебаний. Математическое моделирование динамики численности остается одной из центральных проблем математической экологии и наиболее перспективны нелинейные модели, важная задача которых выявить точки неустойчивости системы, как эффективные состояния с точки зрения теории управления.

Ключевые слова: вредители, периодичность, факторы и механизмы, математические модели.

Колебания численности (волны жизни) — неотъемлемое свойство популяционных систем [Викторов, 1967; Гиляров, 1990; Чернова, Былова, 2004; Шилов, 2009; Berryman, Kindlmann, 2008]. Сообщается, что эти колебания могут индуцироваться различными факторами — условиями и ресурсами среды (температура, осадки, доступность и качество пищи, т.н. “bottom-up effects”) или элементами ценоза того же или более высокого уровня — конкурентами, паразитами, хищниками, болезнями (т.н. “top-down effects”) [Strong et al., 1984; Power, 1992; Matson, Hunter, 1992; Hunter, Price, 1992; Myers, 1993; Ranta et al., 1997; McCann et al., 2000, и др.] и их можно классифицировать в соответствии с самыми разными принципами. Так, выделяют динамику многолетнюю и сезонную; стабильную, флуктуирующую и взрывную (эруптивную); колебания закономерные, т.е. повторяющиеся с определенной периодичностью, и случайные, которые не имеют явно выраженной периодичности [Макфедьен, 1965].

Изучение динамики численности насекомых, как самостоятельное направление в энтомологии прошло в своем развитии длительный путь, включая период 1950–1970-х годов (т.н. «великое противостояние» “Great Debate”) [Berryman, 1988; Turchin, 1999; Nixon et al., 2002], когда одни авторы доказывали, что в изменениях численности главными являются зависимые от плотности факторы [Nicholson, 1954; Ricker, 1954; Викторов, 1955, 1975; Utida, 1957a; Solomon, 1957; Milne, 1962; Klomp, 1966; Royama, 1977; Berryman et al., 1987], а другие обосновывали первостепенную роль внешних, действующих независимо от плотности факторов [Thompson, 1939, 1956; Andrewartha, Birch, 1954; Поляков, 1954, 1976; Andrewartha, Browning, 1961; Den Boer, 1968, 1981, 1991; Reddingius, Den Boer, 1970; Liebholt et al., 2004]. Итогом дебатов стало осознание необходимости использовать более объективные критерии и адекватные методы изучения динамики численности, благодаря чему начали широко практиковать составление таблиц выживаемости, больше внимания уделять статистическому анализу причин смертности, поиску ведущих (т.н. «ключевых») факторов, изучению природы регуляции и ее механизмов [Morris, 1959; Varley, Gradwell, 1960, 1970; Varley et al., 1974; Podoler, Rogers, 1975; Bulmer, 1975; Den Boer, 1986; Royama, 1992, 1996; Turchin, 1990,

1999; Turchin, Berryman, 2000; Nixon, Webster, 2002, и т.д.]. Наиболее остро дискуссии проходили среди энтомологов, что несомненно обусловлено экономической значимостью насекомых как вредителей сельского и лесного хозяйства [Викторов, 1967].

К концу XX века накопилось огромное количество фактов, свидетельствующих, что популяции находятся как под влиянием управляющих механизмов, действующих по принципу обратной связи, так и независимых от плотности факторов, характеризующихся возмущающим эффектом. В настоящее время подавляющее большинство экологов считает, что численность популяций так или иначе контролируется в соответствии со следующими принципами: (1) регуляция осуществляется благодаря действию зависимых от плотности факторов (density dependence) [Hassell, 1986; Harrison, Cappuccino, 1995; Sharov, 1996; Nixon, Webster, 2002], (2) регулирующие эффекты зависимых от плотности факторов перекрывают возмущающие эффекты независимых от плотности факторов [Turchin, 1995; Middleton et al., 1995], и (3) как паразитизм/хищничество/болезни, так и конкурентные отношения могут обеспечивать регуляцию благодаря зависимым от плотности эффектам; при этом конкуренция за ресурсы (“bottom-up” регуляция) является зависимой от плотности по определению, тогда как хищничество (в широком смысле) обнаруживает зависимость от плотности лишь при наличии численной или функциональной реакции хищника на плотность жертвы [Murdoch, Oaten, 1975; Taylor, 1984; Sinclair, Pech, 1996]. Таким образом, отрицательная обратная связь, обеспечивающая регуляцию, возникает как благодаря внутренним по отношению к популяции (внутривидовая конкуренция), так и внешним (хищничество) воздействиям, эффекты которых оказывают либо прямое (direct density dependence), либо замедленное действие (delayed density dependence) на численность популяции [Sih et al., 1985], что является следствием взаимодействий на экосистемном уровне [Pimm, 1991; Naeem, 2002].

Сложная организация экосистем объясняет парадоксальность их функционирования [Ланкин и др., 2012]. Так, схожие по внешнему виду колебания численности одних популяций могут вызываться эффектами зависимых от плотности (регулирующих по Г.А.Викторову [1967]) фак-

торов, тогда как других — быть результатом воздействий независимых от плотности (модифицирующих) факторов. Обширный фактический материал, подкрепленный теоретическими моделями [Sinclair, Pech, 1996; Turchin, 1995; Berryman, 1996, и др.], свидетельствует, что численность природных популяций большую часть времени находится под воздействием регулирующих факторов, однако в одних случаях плотность сохраняется постоянно низкой, а в других — растет экспоненциально, пока не достигнет пределов, ограниченных объемом жизненно важного ресурса, обычно кормового. В целом, безусловно, основной вопрос заключается не в том, регулируется ли численность популяции, а в том, каким образом осуществляется регуляция и насколько она эффективна [Rhoades, 1985; Wallner, 1987; Underwood, 1999; Cappuccino, 1995; Nixon et al., 2002a]. Здесь уместно вспомнить, что механизмы биологической регуляции численности возникли как результат естественного отбора, в связи с чем единственный критерий, которому она должна удовлетворять, заключается в том, чтобы колебания численности отдельных видов не нарушали устойчивого существования биоценозов [Викторов, 1975]. Поскольку основная задача защиты растений — ограничить численность видов, наносящих урон посевам и посадкам сельскохозяйственных культур, руководствуясь при этом порогами их вредоносности, а также и обеспечить сдерживание роста численности вредных видов в обозримом будущем, то уровень, на котором осуществляется биологическая регуляция популяций вредных видов, далеко не всегда способен удовлетворять экономическим требованиям, которые предъявляются хозяйственной деятельностью человека [Викторов, 1968]. При этом, однако, эффективное сдерживание и, особенно, управление численностью вредных видов невозможно без глубокого знания закономерностей динамики их численности [Зубков, 2014].

На современном этапе (90-е годы прошлого века — наше время) все больше появляется работ, нацеленных на строгое описание поведения численности популяций во времени и пространстве, все реже исследователи задаются вопросом о природе фактора, ответственного за регуляцию, т.к. у разных видов или даже популяций одного вида в качестве регулирующих могут выступать совершенно разные факторы [Sutcliffe et al., 1996; Heino et al., 1997; Hunter et al., 1997; Kendall et al., 1999, 2000; Bjørnstad et al., 1999; Williams, Liebhold, 2000; Buonaccorsi et al., 2001; Bjørnstad, Grenfell, 2001; Peltonen et al., 2002; Turchin et al., 2003; Raimondo et al., 2004; Ims, Andreassen, 2005; Rouault et al., 2006; Estay et al., 2014; Price, Hunter, 2015; Johnson et al., 2016]. Более актуальным стало выяснение обстоятельств, при которых те или иные факторы становятся регулируемыми [Berryman, 1999; Turchin, 1999]. Большую ценность приобретают многолетние исследования, «поскольку многие особенности динамики становятся очевидными лишь спустя 20 и более лет сбора данных» [Liebhold, Kamata, 2000; Brook, Bradshaw, 2006], причем особое доверие вызывают работы, базирующиеся на 40–60-летних сериях [Ylloja et al., 1999; Williams, Liebhold, 2000]. При этом важно отметить, что интерпретация данных, полученных при анализе рядов численностей, встречает определенные трудности, особенно выявление эффектов регуляции [Sinclair, 1989; Murdoch, 1994; Shenk

et al., 1998]; соответственно, неудивительно, что методам анализа рядов численностей посвящена обширная литература [Turchin, Taylor, 1992; Ellner, Turchin, 1995; Berryman, 2001; Berryman, Turchin, 2001; Berryman et al., 2002; Clark, Bjørnstad, 2004, и др.]. Несмотря на очевидный прогресс в области изучения динамики численности, множество проблем еще ожидает своего решения [Logan, Allen, 1992; Bjørnstad, Grenfell, 2001; Berryman, 2004; Strogatz, 2014].

Энтомология обрела статус самостоятельной дисциплины не в последнюю очередь благодаря исключительной важной роли объектов исследования в хозяйственной деятельности человека. Так, среди вредителей сельскохозяйственных культур безусловно преобладают насекомые, потери урожая от которых в мире варьируют по основным продовольственным культурам в среднем от 5 до 15% [Oerke, 2006; Oerke et al., 2012; Savary et al., 2006], но в отдельные годы и в некоторых регионах могут достигать 50% и более [Cramer, 1967; Танский, 1975, 1988; Matson et al., 1997; Losey, Vaughan, 2006; Dhaliwal et al., 2010; Oliveira, et al., 2014]. Учитывая важное экономическое значение энтомологических объектов для прикладной энтомологии, выяснение причин, вызывающих массовые размножения насекомых, представляет отнюдь не только академический интерес. Известно, что применение средств защиты растений в современном сельскохозяйственном производстве обеспечивает получение в среднем дополнительной сельскохозяйственной продукции в размере 15 и более % от общего валового ее сбора [Гончаров, 2010].

В своем развитии защита растений, как неотъемлемая часть растениеводства, прошла сложный и длительный путь [Glass, Thurston, 1978; Altieri, 1983; Павлюшин, 2010]. Так, эпоха эйфории в борьбе с вредными организмами, охватившая мир в 40–50-е годы прошлого века благодаря появлению высокоэффективных синтетических органических пестицидов широкого спектра действия, весьма скоро столкнулась с серьезными вызовами: негативным влиянием ядохимикатов на здоровье людей, развитием резистентности у вредителей, гибелью насекомых-опылителей, уничтожением энтомофагов, что провоцировало вспышки размножения как основных, так и ранее второстепенных вредных видов, снижением биологической активности почв и т.п. [National Research Council, 1986; Новожилов, Сухорученко, 1997; Harris, 2000; Den Hond et al., 2003; Wilson, 2004; Долженко, Новожилов, 2005; Whalon et al., 2008, и др.]. В острой полемической форме эти проблемы были впервые во всеуслышание озвучены в эпохальной книге Рэчел Карсон [Carson, 1962] и ее выход обозначил начало конца «варварского периода бездумного использования химических пестицидов» [Шпаар, 2003].

На фоне критики ДДТ и др. пестицидов в конце 1950-х — начале 1960-х годов стала формироваться новая стратегическая парадигма — интегрированная защита растений (Integrated Pest Management, IPM), предусматривающая отказ от вседозволенного и широкомасштабного применения химических средств и интеграцию основных подходов борьбы с вредными организмами в единую систему, начало разработке которой положила работа В.М. Штерна с соавторами [Stern et al., 1959]. Идеи биологизации и экологизации защиты растений были встречены с энтузиазмом, безусловно послужив серьезным стимулом для проведения работ по изучению динамики численности

насекомых, обитающих в агроценозах [Викторов, 1955], и получив свое дальнейшее развитие во множестве публикаций [Smith et al., 1976; Goldstein, Goldstein, 1978; Bottrell, 1979; Flint, Van den Bosch, 1981; Pimentel, 1981; Фадеев, Новожилов, 1981; Perkins, 1982; Самарсов, 1998, и др.]. Вначале под IPM понималась лишь система рациональной организации борьбы с вредителями, учитывающая конкретные условия среды и уровень численности вредителя [Coppel, Mertins, 1977]; упор при этом делался лишь на щадящее воздействие применяемых пестицидов [Фадеев, Новожилов, 1981]. Позднее, интегрированную защиту растений стали развивать как систему мер, направленных на управление популяциями вредных организмов в агробиоценозах, что достигалось за счет тщательного мониторинга фитосанитарной обстановки и прогноза численности и вредоносности вредных организмов, снижения уровня ожидаемого вреда до экономически неощутимого уровня путем использования устойчивых сортов, сохранения природных энтомофагов и активизации их деятельности, внедрения рациональных систем внесения пестицидов, и т.п. В настоящее время концепции IPM активно развиваются в самых разных направлениях — конструировании агроэкосистем и агроландшафтов, разработке новых технологий внесения биологических и небиологических средств защиты растений, концепций адаптивного, экологического и органического земледелия, возделывания генно-модифицированных культур, чему посвящены тысячи публикаций [Новожилов и др., 1993; Elliott et al., 1995; Rechcigl, Rechcigl, 1999; Dent, 2000; Чернышев, 2001, 2012; Сорока, 2003; Шпаар, 2005; Ciancio, Mukerji, 2007; Koul, Cuperus, 2007; Vreysen et al., 2007; Hellmich et al., 2008; Romeis et al., 2008; Aluja et al., 2009; Kos et al., 2009; Peshin, Dhawan, 2009; Ferry, Gatehouse, 2009; Сугоняев и др., 2010; Kole et al., 2010; Chen et al., 2011; Павлюшин и др., 2015, 2016; Сухорученко и др., 2016]. В том числе благодаря появлению новых, т.н. биорациональных пестицидов (синтетические аналоги природных соединений и микробные метаболиты, индукторы устойчивости растений — белки, гликопротеиды, полисахариды, жирные кислоты, продукты гидролиза хитина и др.) [Kauffmann et al., 1990; Озерцовская, 1994; Hahn, 1996; Тарчевский, 2002; Тютерев, 2002; Алехин и др., 2010, и др.], постоянному расширению ассортимента средств защиты растений, включенных в Каталог пестицидов, разрешенных для применения на территории Российской Федерации [Шорохов, Долженко, 2017], в Российской Федерации наметилась позитивная тенденция биологизации защиты растений: по сравнению с 90-ми годами прошлого века в 2010–15 гг. пестицидная нагрузка сократилась более чем в два раза и сейчас она существенно ниже, чем в Великобритании и Франции (7.5 раза), Германии (5.5 раз), Китае (6 раз), США (4.5 раза) и Канаде (2.5 раза) [Михайликова и др., 2013, 2015].

Как известно, важнейший элемент защиты растений (как в современных интегрированных, так и прежних традиционных системах) — прогноз и сигнализация численности вредных организмов, позволяющие с той или иной степенью заблаговременности судить о фитосанитарном состоянии посевов и насаждений, являясь основой для принятия оптимальных решений, направленных на управление динамикой популяций вредных видов [Поляков, 1964; Поляков, Эберт, 1982; Hill, 1983; Dent, 2000; Heather,

Hallman, 2009; Radcliffe et al., 2009; Павлюшин, 2010; Фролов, 2011; Prasad, Prabhakar, 2012]. В отечественной практике принято выделять три вида прогнозов: многолетние, долгосрочные (годовые и сезонные) и краткосрочные (на срок от нескольких дней до 1 месяца) [Поляков и др., 1975; Поляков, Семенов, 1979]. Каждый из этих видов прогноза имеет специфическое назначение, использует своеобразные методы и подходы, соответствующие сбору и обработке нужной информации. Долгосрочные и краткосрочные прогнозы призваны обеспечить эффективную тактику защиты растений, а многолетние прогнозы необходимы для перспективного планирования объемов защитных мероприятий по регионам и в стране в целом. При составлении таких прогнозов вскрываются причины роста или снижения уровня вредоносности отдельных объектов, что используется для обоснования путей сдерживания негативных тенденций. Иными словами, на базе многолетних прогнозов совершенствуется общая стратегия защиты растений. Поэтому прогноз в защите растений можно квалифицировать как вероятностное научно-обоснованное суждение о динамике популяций вредных объектов в будущем с учетом закономерностей их развития в прошлом [Поляков, Семенов, 1979]. По своей природе такой прогноз является экологическим, так как в его основе лежат знание известных сведений о межпопуляционных взаимодействиях, эффектах факторов среды, хозяйственной деятельности человека. Очевидно, что знание механизмов динамики численности — краеугольный камень научно-обоснованных программ интегрированного управления численностью вредных организмов [Викторов, 1968], а разработка теории динамики численности является важнейшим условием для составления эффективных прогнозов вредных организмов [Поляков, Семенов, 1979]. В рамках реализации экологической концепции природопользования будущего, и ее неотъемлемой части — перехода к управлению биоценозическими процессами в агроэкосистемах (sustainable pest regulation) [Шпаар, 2003; Altieri, Nicholls, 2004; Bianchi et al., 2006; Павлов и др., 2010, и др.], необходимость в глубоком знании закономерностей динамики численности вредных насекомых еще больше возрастает.

Прогнозирование в защите растений безусловно является частью общей прогностики — теории и практики разработки прогнозов в любой предметной области знаний. Один из крупных специалистов в этой области И.В. Бестужев-Лада [1982] считает, что в структуре последней как науки о законах прогнозирования должны развиваться частные теории прогнозирования с «двойным подчинением» по линии общей прогностики и соответствующей научной дисциплины. Он отмечает, что эффективность прогнозов нельзя сводить только к степени их достоверности и точности; «не менее важно знать, насколько тот или иной прогноз содействует повышению обоснованности, объективности, эффективности разработанных на его основе решений. Если новая научная информация опирается на научное мировоззрение, на теорию, эффективность которой в отношении аналогичных объектов исследования доказана, если эта информация получена в результате достаточно надежных методов, то она считается вполне обоснованной еще до подтверждения ее практикой» [Бестужев-Лада, 1982].

Отечественная система прогнозов и мониторинга развития вредных сельскохозяйственных объектов прошла длительный путь становления и к концу 70-х годов прошлого века получила мировое признание [Поляков, Эберт, 1982]. При этом ее теоретическая база начала формироваться в 1940–1950-х гг. [Свириденко, 1934, 1950; Поляков, Шумаков, 1940; Поляков, 1949, 1950, 1954], т.е. в период активной борьбы с «метафизическим направлением в экологии, являвшимся выражением того же самого процесса загнивания буржуазной биологии, который вызвал к жизни формальную генетику и формалистическое направление в систематике» [Иоганзен, 1959]. И еще немного цитат для полноты ощущений: «Игнорируя роль других внешних условий, сторонники метафизического направления в экологии рассматривают колебания численности животных как автоматически регулирующий процесс и выражение перманентно нарушающегося равновесия системы «жертва—хищник». Это привело к подмене изучения биологической сущности взаимоотношений вида со средой (в том числе с другими организмами), математическими схемами и характеристиками, якобы выражающими биологические особенности вида» [Иоганзен, 1959]. «В вопросе изучения вредных животных (грызуны, насекомые) это направление создало «теорию» периодичности массовых размножений вредителей. Задачей исследования в этом случае выдвигается выявление циклов массовых размножений животных, якобы строго повторяющихся через определенные промежутки лет. Данная цикличность и рассматривается как основа прогноза численности. Этот созерцательный подход к решению проблемы численности вида неверно ориентирует народное хозяйство относительно перспектив изменения численности вида и не указывает путей активной переделки природы» [Свириденко, 1950]. «Прогнозы численности грызунов, основанные на признании метафизической теории цикличности их массовых размножений, не дают практике возможности предотвратить их вредоносность. Они ориентируют народное хозяйство на эмпирический поиск дорогостоящих и зачастую бесполезных истребительных мероприятий. Интересы народного хозяйства России требуют очищения советской экологии от метафизических и идеалистических влияний, занесенных к нам, из-за рубежа. Победа в биологии идей И.В. Мичурина и И.П. Павлова открывает перед советскими экологами широкие возможности действенной помощи великому делу реконструкции природы в интересах социалистической Родины» [Иоганзен, 1959].

Таким образом, в основу отечественной системы прогнозов была положена разработанная на основе изучения динамики численности мышевидных грызунов концепция о жизненности популяций, суть которой состояла в том, что экологическая и морфофизиологическая структура популяции в данный момент времени определяется теми условиями, при которых развивались в прошлом те возрастные группы, из которых она состоит; т.е. предполагалось, что по состоянию кормовой базы, физической среды и морфофизиологической структуры популяции можно заблаговременно судить о динамике ее численности в будущем [Поляков, 1950]. Эти концептуальные представления легли в основу формирующейся отечественной системы фитосанитарного прогноза, но, как справедливо отмечает Е.Н.Белецкий [2015], несостоятельность этой системы об-

наружилась во время глобальной вспышки массового размножения лугового мотылька на гигантской территории б. СССР, а также в Болгарии, Венгрии, Румынии, Чехословакии, Югославии, Монголии и Китайской Народной Республики, которое «не было спрогнозировано и квалифицировалось как «неожиданное». Поскольку проф. И.Я.Поляков являлся не только крупным теоретиком, но и выдающимся организатором, создавшим научную школу прогнозистов в области защиты растений, его взгляды на проблему динамики численности животных не могли не эволюционировать, поскольку вся деятельность его и его сотрудников была направлена на то, чтобы способствовать повышению надежности, точности и достоверности фитосанитарных прогнозов. Соответственно, в публикациях 1980-х годов можно найти рекомендации об использовании в качестве прогностических показателей смертности от энтомофагов, эффекта солнечной активности и т.д. [Поляков, 1976; Поляков и др., 1980, 1984].

Рассматривая наиболее острые в плане актуальности и дискуссионности вопросы теории управления динамикой популяций, Г.А.Викторов [1975] писал: «Предметом извечных споров в теории динамики численности был и до сих пор остается вопрос о природе регуляции плотности популяций». «Объективной предпосылкой для разногласий между сторонниками стохастизма и регуляционизма служат существенные различия в динамике численности отдельных объектов, которые изучаются отдельными исследователями. Экологи, посвятившие себя изучению видов, обитающих в условиях, близких к естественным, в частности, лесные энтомологи, явно склонны к регуляционизму. Напротив, идеи стохастизма гораздо ближе специалистам, связанным с исследованием обитателей агроценозов, механизмы регуляции численности которых оказываются часто нарушенными хозяйственной деятельностью человека... Преодоление этих разногласий и создание единой теории представляется вполне возможным при историческом подходе к динамике численности отдельных видов, основанном на сравнении ее особенностей в естественных местообитаниях и в агроценозах» [Викторов, 1975]. Сказанные более 40 лет назад, эти слова актуальны и поныне.

Так, оценивая степень изученности динамики численности хозяйственно значимых видов членистоногих, следует прежде всего отметить, что если по многим видам вредителей леса планомерно ведутся долгосрочные исследования на постоянной основе [Исаев и др., 1984, 2001, 2015; Пальникова и др., 2002; Кондаков, 2002; Гурьянова, 2006; Лямцев, 2011; Isaev et al., 2017, и др.], то примеры систематических и длительных по времени наблюдений за динамикой численности сельскохозяйственных вредителей до сих пор единичны [Попов, 2003; Столяров, 2000; Фролов, 2015]. В этой связи В.Б.Чернышев [2012] пишет: «Значительная часть научных зоологических и ботанических исследований была проведена и проводится до настоящего времени в заповедниках или на мало затронутых человеком территориях. Наличие же громадного пространства, занятого под сельскохозяйственное производство, часто рассматривается только как источник загрязнения и разрушения естественных биотопов. Однако именно на этих территориях, исключительно молодых по геологическим меркам, происходит интереснейший процесс

глобального приспособления растительного и животного мира к новым, совершенно необычным условиям. Поэтому сельскохозяйственная энтомология — это не только набор рекомендаций и приемов, позволяющих сохранить урожай. Налицо глобальная фундаментальная проблема, лежащая в основе этой науки». Иными словами, соображение, озвученное Г.А.Викторовым [1975] в отношении острой необходимости проведения работ, посвященных долгосрочному изучению природных механизмов регуляции численности вредных объектов и их трансформации под действием антропогенных факторов, до сих пор не утратило своей актуальности.

В настоящее время в масштабе страны практическую работу в области мониторинга и прогноза вредных сельскохозяйственных объектов (включая сбор, обработку, анализ и обобщение статистических данных о фитосанитарной обстановке на территории Российской Федерации) осуществляет ФГБУ «Россельхозцентр» (официальный сайт организации — <https://rosselhocenter.com/>) Министерства сельского хозяйства РФ. По итогам работ ФГБУ «Россельхозцентр» ежегодно публикует Обзоры фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в текущем году и прогноз развития вредных объектов на следующий год. Специалистами этого учреждения проводится огромный объем работ по мониторингу вредных объектов, однако уровень анализа и обобщения накопленных материалов, реализуемых в виде прогнозов, пока сводится к трафаретным сообщениям о том, что в случае благоприятных погодных условий и нарушений агротехники, численность вредителя будет расти, а если агротехника будет соблюдаться и к тому же погодные условия сложатся неблагоприятные, то численность будет снижаться. Безусловно, современный невысокий уровень аналитики в фитосанитарной прогностике связан с отсутствием разработанных отечественными специалистами адекватных моделей динамики популяций вредных видов, базирующихся на прочном фактическом фундаменте. Е.Н.Белецкий [1992, 2006, 2015] справедливо полагает, что низкая оправдываемость прогнозов фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в основном обусловлена тем обстоятельством, что те не в достаточной степени учитывают феномен цикличности колебаний численности вредных организмов.

Периодические (циклические) колебания численности — одно из наиболее загадочных явлений популяционной биологии [Kendall et al., 1999; Berryman, 2002]: такие колебания порой прослеживаются в течение сотен [Boulangier, Arseneault, 2004], а то и тысяч лет [Esper et al., 2007; Tian et al., 2011]. Нередко циклические колебания численности весьма значительны по амплитуде и проявляются в виде вспышек массового размножения, когда в градиционном цикле можно выделить фазы депрессии, подъема, пика и спада численности [Schwerdtfeger, 1941; Рафес, 1978; Myers, 1993; Barbosa, Schultz, 1987]. Свидетельства регулярной повторяемости вспышек массового размножения животных появились еще в 19-м веке, и одним из первых, кто обратил внимание на них, был отечественный генетик-эволюционист, энтомолог С.С.Четвериков [1905]. В настоящее время существование циклических колебаний численности природных популяций животных вряд ли у кого-то вызывает сомнение. Например, А.А.Максимов

[1984] приводит примеры таких колебаний у более чем 70 видов млекопитающих и 30 видов насекомых. Порой и в строго контролируемых лабораторных условиях динамика численности животных обнаруживает цикличность [Huffaker et al., 1963; Кравченко, 2004, и др.].

Впрочем, цикличность — фундаментальное свойство развития и функционирования не только природных, но и социальных явлений, т.е. всего сущего, начиная от звездной и солнечной активности, геомагнитного и электромагнитного полей, тектонической, вулканической активности литосферы, изменений атмосферы (давления, температуры, осадков, атмосферного электричества, и т.п.) и конечная социальной сферой — развитием общества в целом и отдельных его подсистем (экономики, социальной политики, культуры и т. п.) [Пюрвеев, 2013]. Феномену цикличности посвящена огромная литература, и в первую очередь — экономическим циклам [Schumpeter, 1939; Burns, Mitchell, 1946; Lucas, 1987; Кондратьев, 1989; Hodrick et al., 1997; King, Rebelo, 1999, и др.]. Так, во временном аспекте в экономической литературе различают краткосрочные циклы Китчина (2–4 года), среднесрочные циклы Жюгляра (8–10 лет) и длинные волны конъюнктуры Н.Д. Кондратьева (50 лет и более) [Коротаев, Цирель, 2009]. Понимание того, что циклические кризисы являются закономерной чертой капиталистической экономики и связаны с перепроизводством промышленного капитала, пришло в середине XIX столетия благодаря К. Марксу, который в своем фундаментальном труде «Капитал» впервые описал фазы цикла и высказал догадки о природе циклических кризисов [Андреев, 2012]. Однако, несмотря на очевидность факта цикличности экономического развития, нет недостатка в теориях, ее объясняющих [Бартенев, 2007; Тарасевич и др., 2012], и подходах, используемых для ее анализа: фундаментального (анализ множества финансовых показателей, включая макроэкономические индикаторы и индексы деловой активности) [Грэм, 2014; Грэхем, Додд, 2016] и технического (анализ вероятных изменений экономических показателей на основе закономерностей, характеризующих изменения их поведения в прошлом) [Эрлих, 1996; Мэрфи, 2011]. Подавляющее большинство профессиональных трейдеров предпочитает пользоваться главным образом методами технического анализа, полагая, что вся необходимая информация, влияющая на цену товара, уже учтена в самом движении цен и объемов торгов, а методологию фундаментального анализа использовать лишь в качестве дополнительного средства [Тарп, 2005]. Что же касается фитосанитарных прогнозов, то их технологии традиционно базируются на подобном фундаментальному анализу рынков принципе учета эффектов множества самых разнообразных факторов — погоднo-климатических (колебаний температуры, осадков, влажности и пр.), антропогенных (площади, средства защиты растений, агротехнические мероприятия, технологии посева, уборки, и пр.), биотических (зараженность паразитами и патогенными организмами, активности хищников, и пр.) и даже космических (солнечная активность), а задача определения фазы динамики численности вредного объекта ставится лишь в качестве цели — многолетнего и в меньшей степени долгосрочного прогноза [Поляков, 1968; Поляков, Эберт, 1982]. Учитывая выше сказанное, представляется вполне логичным обратить особое внимание на анализ

собственно динамики численности популяций вредных видов как таковой во времени и пространстве безусловно важного прогностического критерия. К сожалению, слабая развитость математического аппарата и недостаток фактического материала препятствуют тому, чтобы оперировать при фитосанитарных прогнозах вероятностными характеристиками трендов численности вредных видов. Следует отметить, что по крайней мере в отношении последнего обстоятельства наметился поворот к лучшему в связи с организацией службы Росслехозцентра, сотрудники которой приступили к планомерному сбору материалов, характеризующих динамику численности вредных объектов в стране. В то же время, стоит иметь в виду, что разнообразие прогностических методологий в социально-экономической и финансовой сферах и, как результат, выработка множества самых разных прогнозов развития России той или иной перспективы [Бушуев, Голубев, 2002; Ивантер и др., 2007; Личко, Романюк, 2009; Глазьев, Фетисов, 2013; Бельских, 2014; Баранов и др., 2014; Садовничий и др., 2014; Журавлева и др., 2017; Гончаренко, 2017] отнюдь не являются гарантией того, что большинству упомянутых прогнозов суждено сбыться.

В связи со сказанным, неудивительно, что природа феномена цикличности в живой природе также вызывает дискуссии, и нет недостатка в предположениях относительно причин, его обуславливающих [Elton, 1924; Schwerdtfeger, 1941; Щербиновский, 1960; Turchin, 1999; Hunter, 2001; Бахвалов и др., 2010 и др.]. Для истолкования природы феномена предложено немало объяснений, среди которых Ю. Одум [1986] упоминает метеорологические теории, теории случайных флуктуаций, взаимодействия популяций, и взаимодействия трофических уровней [Elton, Nicholson, 1942; Moran, 1953; Bowers et al., 1993; Berryman, Turchin, 1997; Turchin, Berryman, 2000; Hunter et al., 1997; Peltonen et al., 2002; Odum, Barrett, 2005]. Весьма популярна точка зрения, что регулярность колебаний численности индуцируется эндогенно, являясь результатом взаимодействий, относящихся к разным трофическим уровням организмов [Berryman, 1996; Hunter, Price, 1998; Ims, Fuglei, 2005, и др.]. Благодаря эффекту запаздывания (временному лагу) негативно зависящих от плотности факторов либо более низкого (хозяин паразита, жертва хищника), либо более высокого (хищники, паразиты, патогены) трофического уровней и могут возникать периодические колебания [Berryman, 1996; Kaitaniemi et al., 1998; Ruohomäki et al., 2000]. С другой стороны, цикличность пытаются связать с экзогенными по отношению к биоценозам факторами, например, периодичностью солнечной активности [Белецкий, 1992; Столяров, 2000, 2005, и др.], однако универсальность такой точки зрения многими авторами оспаривается [Викторов, 1967; Sharov, 1996]. Важная роль погодно-климатических факторов в синхронизации массовых размножений животных в пространстве и времени была впервые показана П.Морэном [Moran, 1953], в честь которого эффекту присвоили его имя, затем с теоретических позиций обсуждена Т.Роймой [Royama, 1992], а в настоящее время активно разрабатывается, особенно в лесной энтомологии [Liebhold, Kamata, 2000; Buonaccorsi et al., 2001; Peltonen et al., 2002; Liebhold et al., 2004; Allstadt et al., 2013, 2015; Price, Hunter, 2015; Li et al., 2015, и др.]. По сути, предложенные объяснения

можно разделить на две категории: одни авторы колебательные явления связывают с внутренними по отношению к биоценозам факторами, другие — объясняют их возникновение внешними воздействиями.

А.С. Мончадский [1962], по-видимому, был первым, кто классифицировал экологические факторы по признаку наличия или отсутствия закономерно повторяющейся периодичности их изменений, выделив первично-периодические (солнечная радиация, свет, температура), вторично-периодические (атмосферная влажность, растительная пища, внутривидовые отношения) и аperiodические, т.е. носящие случайный характер факторы (осадки, паразиты, хищники, болезни, деятельность человека). Как уже говорилось выше, для объяснения причин циклических колебаний численности было выдвинуто немало различных «теорий»: метеорологическая, случайных колебаний, теория взаимодействия популяций (хищник — жертва и паразит — хозяин), трофических уровней, солнечной активности, генетическая, и ряд других [Одум, 1986; Пинанка, 1981; Гиляров, 1990, и др.]. Теория взаимодействия популяций, имеющая немало подтверждений, представляется большинству исследователей наиболее близкой к истине [Berryman, 1996, 2002; Hunter, Price, 1998; Inchausti, Ginzburg, 2009, и др.], однако имеется немало данных, которые с трудом объясняются в рамках данной «теории» [Максимов, 1984]. Концепция трофических взаимоотношений [Pitelka, 1973], выдвинутая для объяснения цикличности колебаний численности животных, в том числе насекомых, круговоротом биогенных элементов, меняющих пищевую ценность растений-хозяев, в целом созвучна трофической теории динамики популяций и имеет немало сторонников среди экологов. Генетическая теория нацелена на объяснение циклов численности зависимым от плотности изменением генотипического состава особей в популяциях [Chitty, 1955, Krebs, 1978], а именно в периодичности наследственных свойств вида в годы нарастания и депрессии численности [Tamarin, 1978; Boonstra, Krebs, 1979; Sinervo et al., 2000; Чайка, 2002; Sinclair et al., 2003; Martínez-Padilla et al., 2014, и др.]. Хотя воздействие климата на цикличность колебаний численности во многих случаях доказано [Hone, Glutton-Brock, 2007; Ims et al., 2008; Boggs, Inouye, 2012], все попытки доказать, что климатический фактор является основным индуктором циклических колебаний, оказались безуспешными [Одум, 1986]. Развивая идеи А.Л.Чижевского [1995, 1976], немало авторов пытались нащупать связь периодичности динамики численности насекомых с цикличностью воздействий космических факторов, в первую очередь солнечной активности [Белецкий, 1992, 2011]. О тесной связи вспышек размножения саранчовых с циклами солнечной активности писал еще Ф.П. Кеппен в 1870 г., затем этот факт был подтвержден работами Н.М. Кулагина и Б.П. Уварова в 20-х гг. прошлого века и, наконец, Н.С. Щербиновским в 1950-х. В мировой зоологической литературе негативное отношение к «теории солнечных пятен» сформировалось под влиянием итогов дискуссий о природе популяционных циклов североамериканских видов позвоночных [MacLulich, 1937; Elton, Nicholson, 1942]. Соответственно, Г.А.Викторов [1967] указывал, что стадные саранчовые представляют собой вероятно единственный пример насекомых, периодичная динамика численности которых

обнаруживает определенную связь с циклами солнечной активности. В настоящее время получено немало материалов, подтверждающих пространственную синхронность колебаний вспышек размножений [Raimondo et al., 2004], а применение новых, более совершенных технологий обработки данных (в том числе с использованием ГИС) заставляет отнести к «теории солнечных пятен» вполне серьезно [Kivana et al., 2004]. Статистическая достоверность связи цикличности массовых размножений насекомых-фитофагов с периодичностью солнечной активности находит подтверждение в немалом числе публикаций [Myers, 1998; Ruohomäki et al., 2000; Selås et al., 2004, и др.], хотя, при желании, конечно, легко отыскать статьи, в которых связь колебаний численности с солнечной активностью не подтверждается [Nilssen et al., 2007]. Таким образом, развитие исследований по проблеме вступило в нормальную академическую стадию, когда защищаются диссертации [Колесник, 2002; Бреус, 2003; Кравченко, 2004], выходят монографии [Владимирский, Темурыянц, 2000], публикуются статьи в научно-популярных журналах [Бреус, Раппопорт 2005], однако основная проблема состоит в том, что физическая природа гелиогеофизических воздействий на биологические объекты до сих пор неясна и является предметом серьезных дискуссий.

Математическая экология как наука начала формироваться в начале XX столетия — ее возникновение ознаменовали труды В.Вольтерра и А.Лотки, а дальнейшее развитие продолжили Г.Ф. Гаузе, А.Н.Колмогоров, Ю.Одум и др. [Вольтерра, 1976; Lotka 1925; Gause, 1934; MacArthur, 1955; Rosenzweig, MacArthur, 1963; Holling 1965; Колмогоров, 1972; Одум, 1986; Полуэктов и др., 1980; Свирежев, Логофет, 1978; Петросян, Захаров, 1986; Розенберг, 2013 и др.]. Наиболее глубоко математические методы проникли в исследование вопросов популяционной биологии [Бейли, 1970; Уатт, 1971; Петросян, Захаров, 1986 и др.], включая изучение вопросов цикличности. Так, Г. Гаузе [Gause, 1934] в опытах с двумя видами инфузорий в системе «хищник-жертва» не смог получить устойчивых колебаний. Под влиянием математической модели, построенной Г.Ф.Гаузе совместно с А.А. Витом [1934], был выдвинут до сих пор вызывающий дискуссии принцип конкурентного исключения видов, занимающих сходные экологические ниши [Hutchinson, 1957; Галл, 1979; Connell, 1980; Гиляров, 2002]. В опытах С.Утиды [Utida, 1957] с жуком зерновкой *Callosobruchus chinensis* L. и наездником браконидой *Heterospilus prosopidis* Viereck при некоторых начальных условиях эксперимента удалось получить длительные флуктуации численности, но не образующие в строгом смысле замкнутого цикла. Колебания численности со значительной амплитудой были получены в опытах с изолированной популяцией австралийской зелёной мясной мухой *Lucilia cuprina* (Wiedemann), где при изменении пищевого обеспечения наблюдались резкие незатухающие флуктуации [Nicholson, 1957]. В итоге была предложена математическая модель — дифференциальное уравнение с отклоняющимся аргументом, где в качестве регулятора внутривидовой конкуренции использовалась функция Рикера, известная как «Nicholson's blowflies revisited» [Gurney et al., 1980]. В уравнении после бифуркации Андронова-Хопфа возникает цикл, быстро принимающий релаксационную форму, но для подобного типа

решения необходима существенно выраженная запаздывающая регуляция. Дальнейшие улучшения характеристик уравнения с запаздыванием циклов были предложены в публикациях К. Гополсами [Gopalsamy, 1992] и С. Руан [Ruan, 2001]. Моделирование развития и завершения вспышки остается одной из центральных проблем математической экологии, в том числе из-за очевидного различия факторов, которые могут вызывать эти процессы при разных экологических условиях. Как феноменологическое явление вспышка рассмотрена в известной катастрофической модели Д.Людвига с соавторами [Ludwig et al., 1978] на примере поведения еловой листовёртки-почкоеда *Choristoneura fumiferana* (Clemens). Полученная динамическая система способна образовать одно или три устойчивых состояния. Дальнейшее развитие модель получила в ряде работ [Vaidya, Wu, 2008] и [Sharma et al., 2015], где дифференциальное уравнение динамики численности насекомого модифицировалось стохастическим возмущением. Общие проблемы подобного рода моделей кроются в слабом экологическом обосновании сценариев завершения вспышек, которые могут осуществляться различными путями и не обязательно сопровождаться столь же резким падением численности до некоторого ненулевого стабильного значения.

К настоящему времени в экологическом моделировании создано огромное количество самых разнообразных математических моделей, предназначенных для описания динамики популяций и экосистем [Malthus, 1798; Verhulst, 1838; Васильев и др., 1973, 1975; Смит, 1976; Вольтерра, 1976; Varley et al., 1974; Полуэктов и др., 1980; Семейский, Семенов, 1982; Исаев и др., 1984, 2001; Базыкин, 1985; Шаров, 1986; Апонин, Апонина, 2007; Hannon, Ruth, 2008]. Обилие существующих моделей имеет обратной стороной проблему выбора модели, лучше всего подходящей к описанию динамики в том или ином конкретном случае [Недорезов, Садыкова, 2005]. Более того, стремясь достичь высокой степени обобщения и при этом пренебрегая деталями механизмов, определяющих процессы динамики численности, математики порой предлагают модели, которые невозможно проверить в природе [Гурьянова, 2003]. В то же время ни одна из серьезных систем управления природной ситуацией, в т.ч. конструкция ИРМ не может считаться завершённой без ее анализа с помощью математической модели [Шаров, 1986].

Биологическим системам свойственны сложные типы поведения, такие как ограниченность роста, мультистабильность, периодические и квазистохастические изменения переменных, характеризующих живую систему, данные обстоятельства обуславливают необходимость использования для их описания нелинейных уравнений — обыкновенных, разностных, с запаздывающим аргументом [Ризниченко, 2010]. В обыденном смысле под хаосом понимают беспорядок и неразбериху. В математике хаос определяется как аперiodическое детерминированное поведение динамической системы, крайне чувствительное к начальным условиям, когда малое возмущение граничных условий приводит к конечному изменению траектории динамической системы в фазовом пространстве [Шустер, 1988; Трубецков, 1998; Глейк, 2001; Малинецкий и др., 2006]. Впервые строго математически эту зависимость, позже названную «эффектом бабочки» — «сегодняшнее

трепетание крыльев мотылька в Пекине через месяц может вызвать ураган в Нью-Йорке», — обосновал один из основоположников теории хаоса американский метеоролог и математик Э.Н.Лоренц [Lorenz, 1963]. Оказалось, что несмотря на кажущуюся простоту, одномерные дискретные динамические системы могут демонстрировать достаточно сложное поведение [Братусь и др., 2017]. Так, известная логистическая модель П.Ферхюльста [Verhulst, 1838] обнаруживает целый спектр возможных типов решений, включая колебательные изменения разного периода [Ризниченко, 2010], раскрывая сущность таких понятий теории хаоса, как аттрактор, бифуркация, рождение цикла, удвоение периода, переход к хаосу, универсальность, самоподобие [Ряшко, 2001]. Простейшие системы с тремя переменными, типа модели Лоренца, демонстрируют всю палитру универсальных сценариев вхождения в хаос, например, сценарий Рюэля-Такенса, когда после бифуркации утроения периода возможно появление странного аттрактора. Анализ свидетельствует, что точки неустойчивости систем и есть самые эффективные состояния для управления ими. После вывода системы в неустойчивое состояние, она лишается своих адаптивных способностей, управляемых отрицательными обратными связями, на преодоление которых уже не надо тратить энергии управляющего воздействия [Буданов, 2009]. Основываясь на теореме А.Н. Шарковского [Шарковский и др., 1989], показавшего, что в области хаоса на соответствующей бифуркационной диаграмме имеются окна периодичности, Т.Ли и Дж.Йорк [Li, Yorke, 1975] установили, что одномерная система с регулярным тройным периодом цикла может отобразить регулярные циклы любой другой длины, что имеет важное значение для самых разных прикладных областей человеческой деятельности, связанных с явлением цикличности [Старостина, Тепляков, 2013]. В этой связи все чаще появляются работы, посвященные анализу динамики популяций насекомых, базирующиеся на положениях теории хаоса [Недорезов, 2007; Costantino et al., 1995; Logan, Bentz, 1999, и др.], что открывает новые перспективы для решения широкого круга задач управления численностью вредных членистоногих [Logan, Allen, 1992].

В качестве примера рассмотрим сведения, характеризующие многолетнюю динамику численности кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* (Hbn). В отличие от североамериканских популяций [Chiang, Hodson, 1959, 1972; Hudon, LeRoux, 1986] в Краснодарском крае был обнаружен феномен периодических колебаний численности насекомого [Фролов и др., 2013]. Анализ таблиц выживаемости показал, что периодические депрессии численности хозяина связаны с повышенной смертностью от паразитоидов, таких как *Habrobracon hebetor* Say и *Trichogramma evanescens* Westw. [Фролов и др., 2017], причем ключевая роль этих видов паразитоидов от цикла к циклу динамики

численности хозяина резко меняется [Frolov et al., 1999; Фролов, 2004]. Данное обстоятельство на первый взгляд полностью противоречит классической модели биологической регуляции, заставляя предполагать наличие управляющего воздействия некоего циклически меняющегося внешнего фактора, когда роль агента биометода сводится к функции триггера [Шаров, 1986]. Однако, в рамках концепции хаоса можно найти логичное объяснение феномену сменяемости вида-регулятора в циклах неустойчивостью системы в момент прохождения ею состояния минимальной численности популяции, когда небольшие и случайные различия в численностях паразитоидов в начале цикла окажутся определяющими в отношении того, какой вид энтомофага будет оказывать управляющее воздействие на хозяина в период завершения цикла. С другой стороны, в рамках нелинейной модели путем модификации ряда погодно-климатических параметров, вызывавших относительно небольшие изменения в характеристиках выживаемости насекомого, было наглядно продемонстрировано каким образом циклическая динамика численности кукурузного мотылька превращается в хаотичную и обратно [Cavalieri, Koçak, 1995]. После того, как популяция входила в состояние хаоса, ее численность достигала значений более высоких, чем при стабильных циклах вне зависимости от того, какой использовали способ контроля численности вредителя [Cavalieri, Koçak, 1994]. Основываясь на результатах изучения модели делается вывод, что биологическая защита от кукурузного мотылька в условиях, провоцирующих хаотичную динамику численности насекомого, может оказаться недостаточно эффективной [Cavalieri, Koçak 1995a].

Таким образом, представленный в обзоре материал наглядно свидетельствует, что прошедшая длительный исторический путь тема исследований, связанных с разработкой проблем динамики численности насекомых, как одного из важнейших направлений в популяционной экологии животных, не только не утратила своей актуальности, но и находится на подъеме, что связано с появлением новых подходов, в первую очередь математическим моделированием. Вместе с тем, сложность объектов моделирования и важность решаемых задач указывают на необходимость дальнейшего накопления массива многолетних данных, которые будут содействовать появлению моделей, адекватно описывающих и прогнозирующих развитие природных явлений и процессов [Перцев, 1998]. В связи со сказанным становится очевидным, что изучение динамики численности вредных членистоногих безусловно следует рассматривать в качестве одной из первоочередных фундаментальных задач современной сельскохозяйственной энтомологии, которая должна быть поставлена в один ряд с остальными, рассмотренными в программной статье В.А.Павлюшина с соавторами [2008].

Выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант № 15-04-01226).

Библиографический список

- Алехин В.Т. Новый препарат для стимуляции иммунитета и повышения продуктивности растений. / В.Т. Алехин, Т.А. Рябчинская, И.Ю. Бобрешова, Г.Л. Харченко, Н.А. Саранцева // Защ. и кар. раст. 2010. 3. С. 44–46.
- Андреев С.Ю. Экономические циклы в современной макроэкономической теории. / С.Ю. Андреев // Политематический сетевой электронный научн. журн. Кубанского гос. агр. ун-та. 2012. 75. С. 732–751.
- Апонин Ю.М. Иерархия моделей математической биологии и численно-аналитические методы их исследования (обзор). / Ю.М. Апонин, Е.А. Аполина // Мат. биол. и биоинформ. 2007. 2(2). С. 347–360.
- Базыкин А.Д. Математическая биофизика взаимодействующих популяций. / А.Д. Базыкин // М.: Наука, 1985. 181 с.
- Баранов А.О. Тревожные перспективы: прогноз развития экономики России на 2015–2017 гг. / А.О. Баранов, В.Н. Павлов, Т.О. Тагаева // ЭКО.

2014. 12 (486). С. 15–35.
- Бартев С.А. История экономических учений: учебник. / С.А. Бартев // М.: Магистр, 2007. 478 с.
- Бахвалов С.А. Факторы и экологические механизмы популяционной динамики лесных насекомых-филлофагов. / С.А. Бахвалов, Е.В. Колтунов, В.В. Мартемьянов // Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 299 с.
- Бейли Н. Математика в биологии и медицине. / Н. Бейли // М.: Мир, 1970. 326 с.
- Белецкий Е.Н. Теория цикличности динамики популяций и методы многолетнего прогноза массового размножения вредных насекомых. / Е.Н. Белецкий // Дисс. д-ра биол. наук. 06.01.11. Харьков: ХГАУ им. В.В. Докучаева, 1992. 290 с.
- Белецкий Е.Н. Теория и технология многолетнего прогноза. / Е.Н. Белецкий // Защ. и кар. раст. 2006. 5. С. 46–50.
- Белецкий Е.Н. Массовые размножения насекомых. История, теория, прогнозирование. / Е.Н. Белецкий // Харьков: Майдан, 2011. 172 с.
- Белецкий Е.Н. Фитосанитарное прогнозирование на Украине: история, методология, пути совершенствования. / Е.Н. Белецкий // Защ. и кар. раст. 2015. 12. С. 14–19.
- Бельских И.Е. Кризис региональной экономики 2015–2017 гг. в России: поиск альтернатив развития. / И.Е. Бельских // Региональная экономика: теория и практика. 2014. 26(353). С. 2–9.
- Бестужев-Лада И.В. Рабочая книга по прогнозированию. / И.В. Бестужев-Лада (ред.) // М.: Мысль, 1982. 430 с.
- Братусь А. Динамические системы и модели в биологии. / А. Братусь, А. Новожилов, А. Платонов // Litres, 2017. 400 с.
- Бреус Т.К. Влияние солнечной активности на биологические объекты. / Т.К. Бреус // Автореф. ... докт. дис. М.: ИКИ РАН, 2003. 41 с.
- Бреус Т.К. Возрождение гелиобиологии. / Т.К. Бреус, С.И. Раппопорт // Природа. 2005. 9. С. 54–62.
- Буданов В.Г. Методология синергетики в постнеклассической науке и в образовании. / В.Г. Буданов // М.: Изд-во ЛКИ, 2009. 240 с.
- Бушуев В. В. Долгосрочный прогноз динамики мирового нефтяного рынка и экономического развития России с учетом цикличности мировой экономики. / В.В. Бушуев, С.В. Голубев // Экон. наука совр. России. 2002. 4. С. 157–164.
- Васильев С.В. Алгоритм решения задач прогнозирования многофакторного процесса динамики численности популяции. / С.В. Васильев, И.Я. Поляков, М.И. Саулич, Г.Е. Сергеев // Тр. ВИЗР. 1975. 50. С. 139–165.
- Васильев С.В. Теория и методы использования моделирования и ЭВМ в защите растений. / С.В. Васильев, И.Я. Поляков, Г.Е. Сергеев // Тр. ВИЗР. 1973. 39. С. 61–119.
- Викторов Г.А. К вопросу о причинах массовых размножений насекомых. / Г.А. Викторов // Зоол. журн. 1955. 34(2). С. 259–266.
- Викторов Г.А. Проблемы динамики численности насекомых на примере вредной черепашки. / Г.А. Викторов // М.: Наука, 1967. 271 с.
- Викторов Г.А. Теория динамики численности насекомых и практика защиты растений. / Г.А. Викторов // Защ. раст. 1968. 7. С. 9.
- Викторов Г.А. Динамика численности животных и управление ею. / Г.А. Викторов // Зоол. журн. 1975. 54(6). С. 804–821.
- Владимирский Б.М. Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу (Гелиобиология от Чижевского до наших дней). / Б.М. Владимирский, Н.А. Темуриянц // М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. 374 с.
- Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. / В. Вольтерра // М.: Наука, 1976. 288 с.
- Галл Я.М. К дискуссии о законе Гаузе. / Я.М. Галл // Вопросы развития эволюционной теории в XX веке. Л.: Наука, 1979. С. 50–60.
- Гаузе Г.Ф. О периодических колебаниях численности популяции: математическая теория релаксационного взаимодействия между хищниками и жертвами и ее применение к популяциям двух простейших. / Г.Ф. Гаузе, А.А. Витт // Изв. Российской академии наук. Сер. Математическая. 1934. 10. С. 1551–1559.
- Гиляров А.М. Популяционная экология. / А.М. Гиляров // М.: Изд-во МГУ, 1990. 191 с.
- Гиляров А.М. Виды сосуществуют в одной экологической нише. / А.М. Гиляров // Природа. 2002. 11. С. 71–74.
- Глазьев С.Ю. О стратегии устойчивого развития экономики России. / С.Ю. Глазьев, Г.Г. Фетисов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2013. 1 (25). С. 23–35.
- Глейк Дж. Хаос: Создание новой науки. / Дж. Глейк // СПб.: Амфора, 2001. 398 с.
- Гончаренко А.П. Экономика России в цикличности мирового экономического развития и пути выхода из кризиса. / А.П. Гончаренко // Журн. УЭК. 2017. 4 (98). С. 1–25.
- Гончаров Н.Р. Развитие инновационных процессов в защите растений. / Н.Р. Гончаров // Защ. и кар. раст. 2010. 4. С. 4–8.
- Грэм Б. Разумный инвестор: полное руководство по стоимостному инвестированию. / Б. Грэм // М.: Альпина Паблишер, 2014. 568 с.
- Грэхем Б. Анализ ценных бумаг. / Б. Грэхем, Д. Додд // М.: Вильямс, 2016. 880 с.
- Гурьянова Т.М. Длительный мониторинг как метод решения задач динамики численности филлофагов. / Т.М. Гурьянова // Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. 2003. 2. С. 60–63.
- Гурьянова Т.М. Плодовитость рыжего соснового пилильщика (*Neodiprion sertifer*) в связи с циклическими волнами его размножения: эффекты инвариантности. / Т.М. Гурьянова // Зоол. журн. 2006. 85(9). С. 1085–1095.
- Долженко В.И. Химический метод защиты растений: состояние и перспективы повышения экологической безопасности. / В.И. Долженко, К.В. Новожилов // Защ. и кар. раст. 2005. 3. С. 80–84.
- Журавлева Т.А. К вопросу об оценке влияния цикличности мирового развития на экономику России. / Т.А. Журавлева, Т.Н. Ямщикова, К.В. Павлов, А.С. Бобков // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017. 6-3(51). С. 52–56.
- Зубков А.Ф. Агробиоценологическая модернизация защиты растений. / А.Ф. Зубков // СПб: ВИЗР, 2014. 116 с.
- Ивантер В.В. Долгосрочный прогноз развития экономики России на 2007–2030 гг. (по вариантам). / В.В. Ивантер, М.Н. Узяков, И.Н. Шюкин, А.А. Широков, А.В. Суворов, А.С. Некрасов, Ю.В. Синяк, М.Ю. Ксенофонтов, И.А. Буданов, В.Н. Борисов, А.Г. Коровкин, В.С. Панфилов, О.Дж. Говтвань, А.Г. Шураков, Н.И. Комков, И.Э. Фролов // Пробл. прогнозирования. 2007. 6. С. 3–45.
- Иоганзен Б.Г. Основы экологии. / Б.Г. Иоганзен // Томск: ТГУ, 1959. 389 с.
- Исаев А.С. Динамика численности лесных насекомых. / А.С. Исаев, Р.Г. Хлебопрос, Л.В. Недорезов, Ю.П. Кондаков, В.В. Киселев // Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984. 224 с.
- Исаев А.С. Популяционная динамика лесных насекомых. / А.С. Исаев, Р.Г. Хлебопрос, Л.В. Недорезов, Ю.П. Кондаков, В.В. Киселев, В.Г. Суховольский // М.: Наука, 2001. 374 с.
- Исаев А.С. Динамика численности лесных насекомых-филлофагов: модели и прогнозы. / А.С. Исаев, Е.Н. Пальникова, В.Г. Суховольский, О.В. Тарасова // М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2015. 262 с.
- Колмогоров А.Н. Качественное изучение математических моделей динамики популяций. / А.Н. Колмогоров // Пробл. кибернетики. 1972. 25(2). С. 101–106.
- Колесник Ю.А. Исследование реакций биоты на многолетние изменения гелиогеофизических процессов. / Ю.А. Колесник // Дис... д-ра биол. наук. Уссурийск: гос. пед. ин-т, 2002. 291 с.
- Кондаков Ю.П. Массовые размножения сибирского шелкопряда в лесах Красноярского края. / Ю.П. Кондаков // Энтотом. исслед. в Сибири. Красноярск: КФ РЭО, 2002. 2. С. 25–74.
- Кондратьев Н.Д. Проблемы экономической динамики. / Н.Д. Кондратьев // М.: 1989. 412 с.
- Коротаев А.В., Кондратьевские волны в мировой экономической динамике. / А.В. Коротаев, С.В. Цирель // Системный мониторинг. Глобальное и региональное развитие. URSS, 2009. С. 189–229.
- Кравченко В.П. Характер влияния солнечной активности на динамику численности экспериментальных популяций дрозофилы. / В.П. Кравченко // Автореф. ... канд. дис. Иркутск: Иркутск. гос. ун-т, 2004. 20 с.
- Ланкин Ю.П. Основы теории моделирования разнообразия экосистем биосферы на основе фундаментальных свойств живых систем. / Ю.П. Ланкин, Н.С. Иванова, Т.Ф. Басканова // Современные пробл. науки и образования, 2012. 1: [url: https://www.science-education.ru/article/view?id=5144](https://www.science-education.ru/article/view?id=5144) (дата обращения: 30.10.2017).
- Личко К.П. Прогнозирование и планирование в АПК. / К.П. Личко, М.А. Романов // Экономика сельского хозяйства России. 2009. 4. С. 44–56.
- Лямцев Н.И. Многолетняя динамика численности зеленой дубовой листовертки в Европейской России. / Н.И. Лямцев // Лесоведение. 2011. 6. С. 79–85.
- Максимов А.А. Многолетние колебания численности животных, их причины и прогноз. / А.А. Максимов // Новосибирск: Наука, 1984. 249 с.
- Макфедьен Э. Экология животных. Цели и методы. / Э. Макфедьен // М.: Мир, 1965. 376 с.
- Малинецкий Г.Г. Нелинейная динамика: подходы, результаты, надежды. / Г.Г. Малинецкий, А.Б. Потапов, А.В. Подлазов // М.: УРСС, 2006. 280 с.
- Мэрфи Д. Технический анализ фьючерсных рынков: теория и практика. / Д. Мэрфи // М.: Альпина Паблишер, 2011. 616 с.
- Михайликова В.В. Использование средств защиты растений в Российской Федерации (аналитический обзор). / В.В. Михайликова, Н.С. Стребкова, Д.Н. Говоров, А.В. Живых // Защ. и кар. раст. 2013. 9. С. 8–10.
- Михайликова В.В. Применение пестицидов в Российской Федерации. / В.В. Михайликова, Н.С. Стребкова, Д.Н. Говоров, А.В. Живых // Защ. и кар. раст. 2015. 11. С. 12–14.
- Мончадский А.С. Экологические факторы и принципы их классификации. / А.С. Мончадский // Ж. общ. биол. 1962. 23(5). С. 370–380.

- Недорезов Л.В. К проблеме выбора математической модели динамики популяции (на примере зелёной дубовой листовёртки). / Л.В. Недорезов, Д.Л. Садыкова // Евразийский энтомолог. журн. 2005. 4(4). С. 263–272.
- Недорезов Л.В. Об оценке влияния качества корма и паразитизма на циклические колебания серой листовичной листовёртки. / Л.В. Недорезов // Евразийский энтомолог. журн. 2007. 6(2). С. 229–244.
- Новожилов К.В. Эколого-биоэкологическая концепция защиты растений в адаптивном земледелии. / К.В. Новожилов, В.А. Захаренко, Н.А. Вилкова, К.Е. Воронин // С.-х. биол. 1993. 5. С. 54–62.
- Новожилов К.В. Химический метод и окружающая среда: принципы снижения опасности. / К.В. Новожилов, Г.И. Сухорученко // Защ. и кар. раст. 1997. 8. С. 14–15.
- Одум Ю.П. Экология. / Ю.П. Одум // М.: Мир, 1986. В 2-х т. Т.1. 328 с., Т. 2. 376 с.
- Озерецковская О.Л. Индуцирование устойчивости растений биогенными элиситорами фитопатогенов. / О.Л. Озерецковская // Прикл. биохимия и микробиол. 1994. 30(3). С. 325–339.
- Павлов Д.С. Экологическая концепция природопользования. / Д.С. Павлов, Б.Р. Стриганова, Е.Н. Букварева // Вестн. РАН. 2010. 80(2). С. 131–140.
- Павлюшин В.А. Фундаментальные проблемы сельскохозяйственной энтомологии. / В.А. Павлюшин, В.Н. Бузов, К.В. Новожилов, В.И. Танский // Вестн. заш. раст. 2008. 1. С. 3–13.
- Павлюшин В.А. Научное обеспечение защиты растений и продовольственная безопасность России. / В.А. Павлюшин // Защ. и кар. раст. 2010. 2. С. 11–15.
- Павлюшин В.А. Интегрированная защита озимой пшеницы. / В.А. Павлюшин, В.И. Долженко, А.М. Шпанев, А.Б. Лаптев, Н.Р. Гончаров, А.К. Лысов, О.В. Кунгурцева, Л.Д. Гришечкина, Л.А. Буркова, А.С. Голубев, А.А. Яковлев, Н.В. Бабич, А.И. Силаев, В.А. Хилевский, Н.Н. Лунова, Т.Ю. Гагаева, Н.А. Вилкова, Л.И. Нефедова, Г.И. Сухорученко, Е.И. Гульязева, Л.А. Михайлова, О.А. Баранова, Л.Н. Ульянов, Л.А. Беспалова, И.Б. Аблова, В.А. Филоненко // Защ. и кар. раст. 2015. 5. С. 38–71.
- Павлюшин В.А. Новая парадигма развития защиты растений и моделирование фитосанитарных процессов в агроэкосистемах. / В.А. Павлюшин, Н.А. Вилкова, Г.И. Сухорученко, Л.И. Нефедова // В сб.: Агроэкосистемы в естественных и регулируемых условиях: от теоретической модели к практике прецизионного управления. Мат. Всероссийской науч. конф., 2016. С. 31–36.
- Пальникова Е.Н. Сосновая пяденица в лесах Сибири. Экология, динамика численности, влияние на насаждения. / Е.Н. Пальникова, И.В. Свириденко, В.Г. Суховольский // Новосибирск: Наука, 2002. 232 с.
- Перцев Н.В. Математическое моделирование динамики взаимодействующих популяций с ограниченным временем жизни индивидуумов. / Н.В. Перцев // Дисс. на соискание уч. степ. доктора физ.-мат. наук. Омск, 1998. 192 с.
- Петросян Л.А. Введение в математическую экологию. / Л.А. Петросян, В.В. Захаров // Л.: Изд-во ЛГУ, 1986. 224 с.
- Пианка Э. Эволюционная экология. / Э. Пианка // М.: Мир, 1981. 399 с.
- Полужков Р.А. Динамические модели экологических систем. / Р.А. Полужков, Ю.А. Пых, И.А. Швытов // Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 288 с.
- Поляков И.Я. Теоретическая сущность учения о периодичности массовых размножений полевых и мышей. / И.Я. Поляков // Журн. общ. биол. 1949. 10(3). С. 249–260.
- Поляков И.Я. Теоретические основы прогноза численности мышевидных грызунов и мероприятий по предотвращению их вредности в европейской части СССР и Закавказье. / И.Я. Поляков // Автореф. дис. ... доктора с.-х. наук. Л., 1950. 44 с.
- Поляков И.Я. К теории прогноза численности мелких грызунов. / И.Я. Поляков // Журн. общ. биол. 1954. 15(2). С. 91–108.
- Поляков И.Я. Прогноз распространения вредителей сельскохозяйственных культур. / И.Я. Поляков // М.: Колос, 1964. 326 с.
- Поляков И.Я. Развитие и современное состояние теории динамики популяций животных. / И.Я. Поляков // Методы прогноза появления вредителей и болезней сельскохозяйственных растений и сигнализация сроков проведения защитных обработок. Мат-лы науч.-метод. совещ., Л.: ВИЗР, 1968. С. 5–23.
- Поляков И.Я. Логика этапов разработки проблемы прогнозов в защите растений. / И.Я. Поляков // Тр. ВИЗР. 1976. 5. С. 5–23.
- Поляков И.Я. Методы управления агроэкосистемами и принципы их разработки. / И.Я. Поляков // М.: ВНИИТЭСХ, 1976. 66 с.
- Поляков И.Я. Пути автоматизации прогнозов динамики популяций вредителей сельскохозяйственных культур. / И.Я. Поляков, Т.С. Гладкина, Г.М. Доронина, С.И. Левина, Л.А. Макарова, Г.Е. Сергеев // Методы автоматизации прогнозирования и планирования работ по защите растений / Тр. ВИЗР. 1980. С. 20–88.
- Поляков И.Я. Научные и организационные проблемы прогнозов в защите растений. / И.Я. Поляков, А.Я. Семенов // Экологические основы стратегии и тактики защиты растений / Тр. ВИЗР. 1979. С. 17–29.
- Поляков И.Я. Прогноз развития вредителей сельскохозяйственных растений. / И.Я. Поляков, Г.Е. Сергеев, Ф.М. Полоскина, Л.А. Макарова, Л.М. Копанева, В.И. Танский, А.Ф. Ченкин // Л.: Колос, 1975. 186 с.
- Поляков И.Я. Прогноз развития вредителей и болезней сельскохозяйственных культур (с практикумом). / И.Я. Поляков, М.П. Персов, В.А. Смирнов // Л.: Колос, 1984. 318 с.
- Поляков И.Я. О теоретических основах экологии. / И.Я. Поляков, Е.М. Шумаков // Вестн. заш. раст. 1940. 5. С. 13–14.
- Поляков И.Я. Контроль и прогноз — основа целенаправленной защиты растений. / И.Я. Поляков, В. Эберт (ред.) // Берлин (ГДР), 1982. 352 с.
- Попов С.Я. Многолетние показатели сезонного развития паутинных клещей рода *Tetranychus* Dufour, (Acariformes, Tetranychidae) на землянике в Московской области. / С.Я. Попов // Энтомолог. обзор. 2003. 82(1). С. 71–85.
- Пюрвеев Д.Б. Учение В.И. Вернадского о ноосфере и модель космопланетарной интеграции планеты. / Д.Б. Пюрвеев // Уровень жизни населения регионов России. 2013. 12. С. 93–105.
- Рафес П.М. Биоэкологическая теория динамики популяций растительных насекомых. / П.М. Рафес // Математическое моделирование в экологии. М.: Наука, 1978. С. 34–51.
- Ризниченко Г.Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. / Г.Ю. Ризниченко // М.: Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010. 560 с.
- Розенберг Г.С. Введение в теоретическую экологию. / Г.С. Розенберг // Тольятти: Кассандра, 2013. Т.1, 565 с.
- Ряшко Л.Б. Модели динамики популяции: от порядка к хаосу. / Л.Б. Ряшко // Соросовский образоват. журн., 2001. 7(10). С. 122–127.
- Садовничий В.А. Комплексное моделирование и прогнозирование развития стран БРИКС в контексте мировой динамики. / В.А. Садовничий, А.А. Акаев, А.В. Коротаев, С.Ю. Малков // М.: Изд. Дом «Наука», 2014. 382 с.
- Самерсов В.Ф. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней. / В.Ф. Самерсов (ред.) // Барановичи, 1998. 469 с.
- Свирижев Ю.М. Устойчивость биологических сообществ. / Ю.М. Свирижев, Д.О. Логофет // М.: Наука, 1978. 352 с.
- Свириденко П.А. Размножение и гибель мышевидных грызунов. / П.А. Свириденко // Тр. по заш. раст. Л.: 1934. IV(3). С. 11–21.
- Свириденко П.А. О периодичности массовых появлений мышевидных грызунов. / П.А. Свириденко // Мат. II экол. конф.: Тезисы докл., ч. II. Киев: Изд-во Киевск. ун-та, 1950. С. 79–83.
- Семевский Ф.Н. Математическое моделирование экологических процессов. / Ф.Н. Семевский, С.М. Семенов // Л.: Гидрометеоиздат, 1982. 280 с.
- Смит Дж.М. Модели в экологии. / Дж.М. Смит // М.: Мир, 1976. 184 с.
- Сорока С.В. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков (Рекомендации в 2-х книгах). / С.В. Сорока (ред.) // Минск: ИВЦ Минфина, 2003. кн. 1, 248 с.; кн. 2, 255 с.
- Старостина В.В. Вокруг теоремы Шарковского. / В.В. Старостина, В.В. Тепляков // Вестн. Северного (Арктического) фед. ун-та. Сер.: Естеств. науки. 2013. 4. С. 97–104.
- Столяров М.В. Цикличность и некоторые особенности массовых размножений итальянского пруса (*Calliptamus italicus* L.) на юге России. / М.В. Столяров // Экология. 2000. 1. С. 48–53.
- Столяров М.В. Некоторые особенности прогнозирования динамики численности стадных саранчовых. Надолго ли затихает их размножение? / М.В. Столяров // Защ. и кар. раст. 2005. 1. С. 38–41.
- Сугоняев Е.С. Принципы формирования программы экологического управления популяциями вредных и полезных видов членистоногих (Arthropoda) в агроэкосистеме яблоневых садов на Северном Кавказе. / Е.С. Сугоняев, Т.Н. Дорошенко, В.А. Яковук, И.В. Балахнина, О.С. Шевченко // Энтомолог. обзор. 2010. 89(2). С. 279–294.
- Сухорученко Г.И. Система интегрированной защиты репродукционного семенного картофеля от комплекса вредных организмов в Северо-Западном регионе Российской Федерации. / Г.И. Сухорученко, Г.П. Иванова, С.А. Волгарев, Н.А. Вилкова, С.Р. Фасулати, А.Б. Верещагина, М.Н. Берим, А.В. Хютти, Т.С. Фоминых, Ф.Б. Ганнибал, В.А. Павлюшин, Л.Г. Данилов, А.М. Лазарев, Л.А. Буркова, О.В. Долженко, Л.Д. Гришечкина, Т.А. Маханькова, А.С. Голубев, А.К. Лысов, Т.В. Корнилов, Н.Р. Гончаров, Н.И. Наумова // СПб - Пушкин: ООО РТ Царское село, 2016. 64 с.
- Танский В.И. Вредность насекомых и методы её изучения. / В.И. Танский // М.: ВНИИТЭИСХ. 1975. 68 с.
- Танский В.И. Биологические основы вредности насекомых. / В.И. Танский // М.: Агропромиздат, 1988. 180 с.

- Тарасевич Л.С. Макроэкономика: учебник для бакалавров. / Л.С. Тарасевич, П.И. Гребенников, А.И. Леусский // М.: Изд-во Юрайт, 2012. 686 с.
- Тарп В. Трейдинг – ваш путь к финансовой свободе. / В. Тарп //СПб.: Питер, 2005. 368 с.
- Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток растений. / И.А. Тарчевский //М.: Наука, 2002. 294 с.
- Трубецков Д.И. Турбулентность и детерминированный хаос. / Д.И. Трубецков // Соросовский образоват. журн. 1998. 1: С. 77–83.
- Тютюрев С.Л. Научные основы индуцированной болезнестойчивости растений. / С.Л. Тютюрев // СПб: ВИЗР, 2002. 328 с.
- Уатт К. Экология и управление природными ресурсами. / К. Уатт //М.: Мир, 1971. 463 с.
- Фадеев Ю.Н. Интегрированная защита растений. / Ю.Н.Фадеев, К.В. Новожилов //М.: Колос, 1981. 355 с.
- Фролов А.Н. Биотические факторы депрессии кукурузного мотылька. / А.Н. Фролов // Вестн. защ. раст. 2004. 2. С. 37–47.
- Фролов А.Н. Динамика численности растительноядных насекомых: исторический экскурс, современное состояние, проблемы. / А.Н. Фролов // Второй Всероссийский съезд по защите растений. СПб, 5–10 декабря 2005. Фитосанитарное оздоровление экосистем (Мат. съезда в 2-х томах). СПб, 2005. 1. С. 302–304.
- Фролов А.Н. Современные направления совершенствования прогнозов и мониторинга. / А.Н. Фролов // Защ. и кар. раст. 2011. 4. С. 15–20.
- Фролов А.Н. Цикличность многолетней динамики численности вредных насекомых: кукурузный мотылек как пример. / А.Н. Фролов, Г.Е. Сергеев, Ю.М. Малыш, А.Г. Конончук, И.В. Грушевая // Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем. III Всероссийский съезд по защите растений (Санкт-Петербург, 16–20 декабря 2013 г.). СПб: ВИЗР, 2013. 1. С. 89–93.
- Фролов А.Н. Закономерности многолетней динамики численности вредных насекомых в агроценозах. / А.Н. Фролов, И.В. Грушевая, Ю.М. Малыш, Ю.С. Токарев, А.Н. Афонин // XV Съезд Русского энтомологического общества. Мат-лы съезда. Новосибирск, 31 июля – 07 августа 2017 г. Новосибирск: Изд-во Граммонд, 2017. С. 503–505.
- Чайка В.Н. Проблемы массовых размножений насекомых. 1. Механизмы динамики популяций насекомых-фитофагов в концепциях эволюции генетического материала. / В.Н. Чайка //Изв. Харьков. энтомол. об-ва, 2002. 9(1-2). С. 250–262.
- Чернова Н.М. Общая экология. / Н.М. Чернова, А.М. Былова //М.: Изд-во Дрофа, 2004. 416 с.
- Чернышев В.Б. Экологическая защита растений. Членистоногие в агроэкосистеме: Учеб. пособие для студентов-биологов. / В.Б. Чернышев //М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. 132 с.
- Чернышев В.Б. Сельскохозяйственная энтомология (экологические основы): курс лекций. / В.Б. Чернышев //М.: Изд-во Триумф, 2012. 232 с.
- Четвериков С.С. Волны жизни (из лепидоптерологических наблюдений за лето 1903 г.) / С.С. Четвериков // Дневн. зоол. отд. имп. об-ва любит. естествозн., антропол. и этнографии. 1905. 3(6). С. 106–111.
- Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. / А.Л. Чижевский //М.: Мысль, 1976. 367 с.
- Чижевский А.Л. Космический пульс жизни. / А.Л. Чижевский //М.: Мысль, 1995. 768 с.
- Шарковский А.Н. Динамика одномерных отображений. / А.Н. Шарковский, С.Ф. Коляда, А.Г. Спивак, В.В. Федоренко //Киев: Наукова думка, 1989. 216 с.
- Шаров А.А. Моделирование динамики численности популяций насекомых. Итоги науки и техники, сер. Энтомология. / А.А. Шаров //М.: ВИНТИ, 1986. С. 3–115.
- Шилов И.А. Экология. / Шилов И.А. //М.: Высшая школа, 2009. 512 с.
- Шорохов М.Н. Совершенствование ассортимента инсектицидов для защиты зерновых культур. / М.Н. Шорохов, В.И. Долженко // Вестн. рос. с.-х. науки. 2017. (2). С. 32–34.
- Шпаар Д. Защита растений в устойчивых системах земледелия (в 4-х книгах): учебно-практ. пособие. / Д. Шпаар (ред.). //Торжок: Вриант, 2003. кн. 1. 392 с.
- Шпаар Д. Экологизированная защита растений в овощеводстве, садоводстве и виноградарстве (в 2-х книгах). / Д. Шпаар (ред.). // СПб - Пушкун, 2005. кн. 1. 336 с.
- Шустер Г. Детерминированный хаос: Введение. / Г. Шустер //М.: Мир, 1988. 253 с.
- Щербиновский Н.С. Пустынная саранча шистоцерка. / Н.С. Щербиновский //М.: Гос. изд-во. с.-х. лит., 1952. 416 с.
- Щербиновский Н.С. Солнечно-обусловленная цикличность массовых размножений вредных насекомых и других организмов / Н.С. Щербиновский //Астроном. сборн. 1960. 3–4. С. 165–169.
- Эрлих А.А. Технический анализ товарных и финансовых рынков: прикладное пособие. / А.А. Эрлих //М.: ИНФРА-М, 1996. 176 с.
- Allstadt A.J. Long-term shifts in the cyclicity of outbreaks of a forest-defoliating insect. / A.J. Allstadt, K.J. Haynes, A.M. Liebhold, D.M. Johnson //Oecologia. 2013. 172. С. 141–151.
- Allstadt A.J. Temporal variation in the synchrony of weather and its consequences for spatiotemporal population dynamics. / A.J. Allstadt, A.M. Liebhold, D.M. Johnson, R.E. Davis, K.J. Haynes //Ecology. 2015. 96(11). P. 2935–2946.
- Altieri M.A. Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture. / M.A. Altieri //Berkeley, California: Univ. of California, 1983. 162 p.
- Altieri M. Biodiversity and pest management in agroecosystems. / M. Altieri, C. Nicholls //N.Y. et al.: CRC Press, 2004. 252 p.
- Aluja M. Biorational tree-fruit pest management. / M. Aluja, T.C. Leskey, C. Vincent (eds.). //CABI, 2009. 320 p.
- Andrewartha H.G. The distribution and abundance of animals. / H.G. Andrewartha, L.C. Birch //Chicago, IL, USA: Univ. Chicago Press, 1954. 782 p.
- Andrewartha H.G. An analysis of the idea of “resources” in animal ecology./ H.G. Andrewartha, T.O. Browning //J. Theor. Biol. 1961. 1(1). P. 83–97.
- Barbosa P. Insect outbreaks. / P. Barbosa, J.C. Schultz (eds.) //San Diego: Acad. Press Inc., 1987. 578 p.
- Berryman A.A. Dynamics of forest insect populations: patterns, causes, implications. / A.A. Berryman (ed.). //N.Y.: Springer Sci. & Business Media, 1988. 604 p.
- Berryman A.A. What causes population cycles of forest Lepidoptera? / A.A. Berryman //Trends Ecol. Evol. 1996. 11(1). P. 28–32.
- Berryman A.A. Principles of population dynamics and their application. / A.A. Berryman //Cheltenham, UK: Stanley Thornes Publ. Ltd., 1999. 243 p.
- Berryman A.A. Functional web analysis: Detecting the structure of population dynamics from multi-species time series. / A.A. Berryman //Basic Appl. Ecol. 2001. 2(4). P. 311–321.
- Berryman A.A. Population cycles: the case for trophic interactions. / A.A. Berryman (ed.). //New York e.a.: Oxford Univ. Press, 2002. 192 p.
- Berryman A.A. Limiting factors and population regulation. / A.A. Berryman //Oikos. 2004. 105(3). P. 667–670.
- Berryman A.A. Population systems: a general introduction. / A.A. Berryman, P. Kindlmann //Springer Sci. & Business Media, 2008. P. 222 p.
- Berryman A.A. Population regulation, emergent properties, and a requiem for density dependence. / A.A. Berryman, M. Lima Arce, B.A. Hawkins //Oikos. 2002. 99(3). P. 600–606.
- Berryman A.A. Natural regulation of herbivorous forest insect populations / A.A. Berryman, N.C. Stenseth, A.S. Isaev // Oecologia. 1987. 71(2). P. 174–184.
- Berryman A. Detection of delayed density dependence: comment./ A. Berryman, P. Turchin // Ecology. 1997. 78(1). P. 318–320.
- Berryman A. Identifying the density-dependent structure underlying ecological time series. / A. Berryman, P. Turchin // Oikos. 2001. 92(2). P. 265–270.
- Bianchi F.J. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. / F.J. Bianchi, C.J.H. Booij, T. Tscharntke //Proc. Royal Soc. London B: Biol. Sci. 2006. 273(1595). P. 1715–1727.
- Bjørnstad O.N. Spatial population dynamics: analyzing patterns and processes of population synchrony. / O.N. Bjørnstad, R.A. Ims, X. Lambin //Trends Ecol. Evol. 1999. 14(11). P. 427–432.
- Bjørnstad O.N. Noisy clockwork: time series analysis of population fluctuations in animals. / O.N. Bjørnstad, B.T. Grenfell //Science. 2001. 293(5530). P. 638–643.
- Boggs C.L. A single climate driver has direct and indirect effects on insect population dynamics./ C.L. Boggs, D.W. Inouye // Ecology Letters. 2012. 15(5). P. 502–508.
- Boonstra R. Viability of large and small-sized adults in fluctuating vole populations./ R. Boonstra, C.J. Krebs //Ecology. 1979. 60(3). P. 567–573.
- Bottrell D.R. Integrated pest management. / D.R. Bottrell //Washington, D.C.: Council on Environmental Quality (U.S. Government Printing Office), 1979. 120 p.
- Boulanger Y. Spruce budworm outbreaks in eastern Quebec over the last 450 years. / Y. Boulanger, D. Arseneault // Can. J. Forest Res. 2004. 34(5). P. 1035–1043.
- Bowers R.G. Host-pathogen population cycles in forest insects? Lessons from simple models reconsidered / R.G. Bowers, M. Begon, D.E. Hodgkinson // Oikos. 1993. 67(3). P. 529–538.
- Brook B.W. Strength of evidence for density dependence in abundance time series of 1198 species. / B.W. Brook, C.J. Bradshaw //Ecology. 2006. 87(6). P. 1445–1451.
- Bulmer M.G. The statistical analysis of density dependence. / M.G. Bulmer // Biometrics. 1975. 31(4). P. 901–911.
- Buonaccorsi J.P. Measuring and testing for spatial synchrony./ J.P. Buonaccorsi, J.S. Elkinton, S.R. Evans, A.M. Liebhold // Ecology. 2001. 82(6). P. 1668–1679.

- Burns A.F. Measuring business cycles. / A.F. Burns, W.C. Mitchell // New York: Columbia Univ. Press (for National Bureau of Economic Research), 1946. 560 p.
- Cappuccino N. Novel approaches to the study of population dynamics. / N. Cappuccino // Population dynamics: new approaches and synthesis. San Diego, California: Acad. Press, 1995. P. 3–16.
- Carson R. Silent spring. / R. Carson // Boston: Houghton Mifflin Company, 1962. 368 p.
- Cavaliere L.F. Chaos in biological control systems. / L.F. Cavaliere, H. Koçak // J. Theor. Biol. 1994. 169(2). P. 179–187.
- Cavaliere L.F. Intermittent transition between order and chaos in an insect pest population. / L.F. Cavaliere, H. Koçak // J. Theor. Biol. 1995. 175(2). P. 231–234.
- Cavaliere L.F. Chaos: a potential problem in the biological control of insect pests. / L.F. Cavaliere, H. Koçak // Math. Biosci. 1995a. 127(1). P. 1–17.
- Chen M. Insect-resistant genetically modified rice in China: from research to commercialization. / M. Chen, A. Shelton, G.Y. Ye // Annu. Rev. Entomol. 2011. 56. P. 81–101.
- Chiang H.C. Population fluctuations of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, at Waseca, Minnesota, 1948–70. / H.C. Chiang, A.C. Hodson // Environ. Entomol. 1972. 1(1). P. 7–16.
- Chiang H.C. Population fluctuations of the European corn borer, *Pyrausta nubilalis*, at Waseca, Minnesota, 1948 to 1957. / H.C. Chiang, A.C. Hodson // Ann. Entomol. Soc. Amer. 1959. 52(6). P. 710–724.
- Chitty D. Adverse effects of population density upon the viability of later generations. / D. Chitty // Numbers of Man and Animals. Edinburgh, 1955. P. 57–67.
- Ciancio A. General concepts in integrated pest and disease management. / A. Ciancio, K.G. Mukerji (eds.). // Springer, 2007. 360 p.
- Clark J.S. Population time series: process variability, observation errors, missing values, lags, and hidden states. / J.S. Clark, O.N. Bjornstad // Ecology. 2004. 85(11). P. 3140–3150.
- Connell J.H. Diversity and the coevolution of competitors, or the ghost of competitor past. / J.H. Connell // Oikos. 1980. V.35. P. 131–138.
- Coppel H.C. Biological insect pest suppression. / H.C. Coppel, J.W. Mertins / Adv. Series in Agric. Sci. 4. Berlin: Springer-Verlag, 1977. 314 p.
- Costantino R.F. Experimentally induced transitions in the dynamic behaviour of insect populations. / R.F. Costantino, J.M. Cushing, B. Dennis, R.A. Desharnais // Nature. 1995. 375(6528). P. 227–230.
- Cramer H.H. Plant protection and world crop production. / H.H. Cramer // Bayer Pflanzenschutz-Nachrichten. 1967. 20. P. 1–524.
- Den Boer P.J. Spreading of risk and stabilization of animal numbers. / P.J. Den Boer // Acta biotheoretica. 1968. 18(1-4). P. 165–194.
- Den Boer P.J. On the survival of populations in a heterogeneous and variable environment. / P.J. Den Boer // Oecologia. 1981. 50(1). P. 39–53.
- Den Boer P.J. Density dependence and the stabilization of animal numbers. / P.J. Den Boer // Oecologia. 1986. 69(4). P. 507–512.
- Den Boer P.J. Seeing the trees for the wood: random walks or bounded fluctuations of population size? / P.J. Den Boer // Oecologia. 1991. 86(4). P. 484–491.
- Den Hond F. Pesticides: problems, improvements and alternatives. / F. Den Hond, P. Groenewegen, N.M. Van Straalen // Wiley-Blackwell, 2003. 272 p.
- Dent D. Insect pest management. / D. Dent // Wallingford, UK: CABI Publishing, 2000. 410 p.
- Dhaliwal G.S. Insect pest problems and crop losses: changing trends. / G.S. Dhaliwal, V. Jindal, A.K. Dhawan // Indian J. Ecol. 2010. 37(1). P. 1–7.
- Elliott N.C. Integrated pest management. / N.C. Elliott, J.A. Farrell, A.P. Gutierrez, J.C. Van Lenteren, M.P. Walton, S. Wratten // Chapman & Hall, 1995. 368 p.
- Ellner S. Chaos in a noisy world: new methods and evidence from time-series analysis. / S. Ellner, P. Turchin // Am. Natur. 1995. 145(3). P. 343–375.
- Elton C.S. Periodic fluctuations in the numbers of animals: their causes and effects. / C.S. Elton // J. Exp. Biol. 1924. 2(1). P. 119–163.
- Elton C. The ten-year cycle in numbers of the lynx in Canada. / C. Elton, M. Nicholson // J. Anim. Ecol. 1942. 11. P. 215–244.
- Esper J. 1200 years of regular outbreaks in alpine insects. / J. Esper, U. Büntgen, D.C. Frank, D. Nievergelt, A. Liebhold // Proc. Royal Soc. London B: Biol. Sci. 2007. 274(1610). P. 671–679.
- Estay S.A. The role of temperature variability on insect performance and population dynamics in a warming world. / S.A. Estay, M. Lima, F. Bozinovic // Oikos. 2014. 123(2). P. 131–140.
- Ferry N. Environmental impact of genetically modified crops. / N. Ferry, A.M.R. Gatehouse (eds.). // Wallingford, UK: CAB International, 2009. 440 p.
- Flint M.L. Introduction to integrated pest management. / M.L. Flint, R. Van den Bosch // New York, London: Plenum Press, 1981. 240 pp.
- Frolov A.N. Population dynamics of *Ostrinia nubilalis*: specificity in key factors for one and two generation zones of Russia. / A.N. Frolov, K.D. Dyatlova, M.A. Chumakov // Proc. XXth Conf. IWGO, Adana (Turkey), 4–10 Sept., 1999. P. 64–79.
- Gause G.F. The struggle for existence. / G.F. Gause // Baltimore: Williams and Wilkins, 1934. 163 p.
- Glass E.H. Traditional and modern crop protection in perspective. / E.H. Glass, H.D. Thurston // Bioscience. 1978. 28(2). P. 109–115.
- Goldstein J. The least-is-best pesticide strategy: a guide to putting integrated pest management into action. / J. Goldstein, R.A. Goldstein // Emmaus, Pa.: JG Press, 1978. 205 pp.
- Gopalsamy K. Stability and oscillations in delay differential equations of population dynamics. / K. Gopalsamy // Springer Sci. & Business Media. V. 74, 1992. 502 p.
- Gurney W.S.C. Nicholson's blowflies revisited. / W.S.C. Gurney, S.P. Blythe, R.M. Nisbet // Nature. 1980. 287(5777). P. 17–21.
- Hahn M.G. Microbial elicitor and their receptors in plants. / M.G. Hahn // Annu Rev. Phytopathol. 1996. 34(1). P. 387–412.
- Hannon B. Dynamic modeling of diseases and pests. / B. Hannon, M. Ruth // Springer Sci. & Business Media. 2008. 290 p.
- Harris J. Chemical pesticide markets, health risks and residues. / J. Harris // CABI, 2000. 1. 64 p.
- Harrison S. Using density-manipulation experiments to study population regulation. / S. Harrison, N. Cappuccino // Population dynamics: new approaches and synthesis. N. Cappuccino, P.W. Price (eds.). San Diego, California: Acad. Press. 1995. P. 131–147 p.
- Hassell M.P. Detecting density dependence. / M.P. Hassell // Trends Ecol. Evol. 1986. 1. P. 90–93.
- Heather N. Pest management and phytosanitary trade barriers. / N. Heather, G. Hallman // CABI, 2009. 272 p.
- Heino M. Synchronous dynamics and rates of extinction in spatially structured populations. / M. Heino, V. Kaitala, E. Ranta, J. Lindström // Proc. Royal Soc. London B: Biol. Sci. 1997. 264(1381). P. 481–486.
- Hellmich R.L. The present and future role of insect-resistant genetically modified maize in IPM. / R.L. Hellmich, R. Albajes, D. Bergvinson, J.R. Prasifka, Z.Y. Wang, M.J. Weiss // Integration of insect-resistant genetically modified crops within IPM programs. Springer Netherlands, 2008. P. 119–158.
- Hill D.S. Agricultural insect pests of the tropics and their control. / D.S. Hill // CUP Archive. 1983. 659 p.
- Hixon M.A. Population regulation: historical context and contemporary challenges of open vs. closed systems / M.A. Hixon, S.W. Pacala, S.A. Sandin // Ecology. 2002. 83(6). P. 1490–1508.
- Hixon M.A. Density dependence in marine fishes: coral-reef populations as model systems. / M.A. Hixon, M.S. Webster // Coral reef fishes: dynamics and diversity in a complex ecosystem. P.F. Sale (ed.). San Diego, California: Acad. Press, 2002a. P. 303–325 p.
- Hodrick R.J. Postwar U.S. business cycles: an empirical investigation. / R.J. Hodrick, E.C. Prescott // J. Money, Credit, and Banking. 1997. 29(1). P. 1–16.
- Holling C.S. The functional response of predators to prey density and its role in mimicry and population regulation. / C.S. Holling // Mem. Entomol. Soc. Canada. 1965. 97(S45). P. 5–60.
- Hone J. Climate, food, density and wildlife population growth rate. / J. Hone, T.H. Glutton-Brock // J. Anim. Ecol. 2007. 76(2). P. 361–367.
- Hudon M. Biology and population dynamics of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) with special reference to sweet corn in Québec. III. Population dynamics and spatial distribution. / M. Hudon, E.J. LeRoux // Phytoprotection. 1986. 67(2). P. 93–115.
- Huffaker C.B. Experimental studies on predation: complex dispersion and levels of food in an acarine predator-prey interaction. / C.B. Huffaker, K. Shea, S. Herman // California Agric. 1963. 34(9). P. 305–330.
- Hunter M.D. Multiple approaches to estimating the relative importance of top-down and bottom-up forces on insect populations: experiments, life tables, and time-series analysis. / M.D. Hunter // Basic Appl. Ecol. 2001. 2(4). P. 295–309.
- Hunter M.D. Playing chutes and ladders: heterogeneity and the relative roles of bottom-up and top-down forces in natural communities. / M.D. Hunter, P.W. Price // Ecology. 1992. 73(3). P. 724–732.
- Hunter M.D. Cycles in insect populations: delayed density dependence or exogenous driving variables? / M.D. Hunter, P.W. Price // Ecol. Entomol., 1998. 23(2). P. 216–222.
- Hunter M.D. Estimating the relative roles of top-down and bottom-up forces on insect herbivore populations: a classic study revisited. / M.D. Hunter, G.C. Varley, G.R. Gradwell // Proc. Natl Acad. Sci. 1997. 94(17). P. 9176–9181.
- Hutchinson G.E. Concluding remarks. / G.E. Hutchinson // Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 1957. 22. P. 415–427.
- Ims R.A. Density-dependent dispersal and spatial population dynamics. / R.A. Ims, H.P. Andreassen // Proc. Royal Soc. London B: Biol. Sci. 2005. 272(1566). P. 913–918.

- Ims R.A. Trophic interaction cycles in tundra ecosystems and the impact of climate change. / R.A. Ims, E. Fuglei // *Bioscience*. 2005. 55(4). P. 311–322.
- Ims R.A. Collapsing population cycles. / R.A. Ims, J.A. Henden, S.T. Killengreen // *Trends Ecol. Evol.* 2008. 23. P. 79–86.
- Inchausti P. Maternal effects mechanism of population cycling: a formidable competitor to the traditional predator–prey view. / P. Inchausti, L.R. Ginzburg // *Phil. Trans. Royal Soc. London B: Biol. Sci.* 2009. 364(1520). P. 1117–1124.
- Isaev A.S. Forest insect population dynamics, outbreaks, and global warming effects. / A.S. Isaev, V.G. Soukhovolsky, O.V. Tarasova, E.N. Palnikova, A.V. Kovalev // John Wiley & Sons, 2017. 304 p.
- Johnson C.A. Effects of temperature and resource variation on insect population dynamics: the bordered plant bug as a case study. / C.A. Johnson, R.M. Coutinho, E. Berlin, K.E. Dolphin, J. Heyer, B. Kim, A. Leung, J.L. Sabellon, P. Amarasekare // *Function. Ecol.* 2016. 30(7). P. 1122–1131.
- Kaitaniemi P. Delayed induced changes in the biochemical composition of host plant leaves during an insect outbreak. / P. Kaitaniemi, K. Ruohomäki, V. Ossipov, E. Haukioja, K. Pihlaja // *Oecologia*. 1998. 116(1-2). P. 182–190.
- Kauffmann S. Isolation and characterization of six pathogenesis-related (PR) proteins of Samsun NN tobacco. / S. Kauffmann, M. Legrand, B. Fritig // *Plant mol. biol.* 1990. 14(3). P. 381–390.
- Kendall B.E. Why do populations cycle? A synthesis of statistical and mechanistic modeling approaches. / B.E. Kendall, C.J. Briggs, W.W. Murdoch, P. Turchin, S.P. Ellner, E. McCauley, R.M. Nisbet, S.N. Wood // *Ecology*. 1999. 80(6). P. 1789–1805.
- Kendall B.E. Dispersal, environmental correlation, and spatial synchrony in population dynamics. / B.E. Kendall, O.N. Bjørnstad, J. Bascompte, T.H. Keitt, W.F. Fagan // *Am. Nat.* 2000. 155(5). P. 628–636.
- King R.G. Resuscitating real business cycles. / R.G. King, S.T. Rebelo // *Handbook of macroeconomics*, 1999. 1. P. 927–1007.
- Klomp H. The dynamics of a field population of the pine looper, *Bupalus piniarius* L. (Lep., Geom.). / Klomp H. // *Adv. Ecol. Res.* 1966. 3. P. 207–305.
- Klvana I. Porcupine feeding scars and climatic data show ecosystem effects of the solar cycle. / I. Klvana, D. Berteaux, B. Cazelles // *Am. Nat.* 2004. 164(3). P. 283–297.
- Kole C. Transgenic crop plants, V. 2. Utilization and Biosafety. / C. Kole, C.H. Michler, A.G. Abbott, T.C. Hall (eds). // Berlin: Springer Verlag, 2010. 487 p.
- Kos M. Transgenic plants as vital components of integrated pest management. / M. Kos, J.J. van Loon, M. Dicke, L.E. Vet // *Trends in biotechnology*. 2009. 27(11). P. 621–627.
- Koul O. Ecologically-based integrated pest management. / O. Koul, G.W. Cuperus (eds.). // CABI, 2007. 462 p.
- Krebs C.J. A review of the Chitty hypothesis of population regulation. / C.J. Krebs // *Can. J. Zool.* 1978. 56(12). P. 2463–2480.
- Li S. Periodicity and synchrony of pine processionary moth outbreaks in France. / S. Li, J.J. Daudin, D. Piou, C. Robinet, H. Jactel // *Forest Ecol. Manag.* 2015. 354. P. 309–317.
- Li T.Y. Period three implies chaos. / T.Y. Li, J.A. Yorke // *Amer. Math. Monthly*, 1975. 82(10). P. 985–992.
- Liebhald A. Introduction. Are population cycles and spatial synchrony a universal characteristic of forest insect populations? / A. Liebhold, N. Kamata // *Pop. Ecol.* 2000. 42(3). P. 205–209.
- Liebhold A.M. Spatial synchrony in population dynamics. / A.M. Liebhold, W.D. Koenig, O.N. Bjørnstad // *Annu. Rev. Ecol., Evol. Syst.* 2004. 35. P. 467–490.
- Logan J.A. Nonlinear dynamics and chaos in insect populations. / J.A. Logan, J.C. Allen // *Annu. Rev. Entomol.* 1992. 37(1). P. 455–477.
- Logan J.A. Model analysis of mountain pine beetle (Coleoptera: Scolytidae) seasonality. / J.A. Logan, B.J. Bentz // *Environ. Entomol.* 1999. 28(6). P. 924–934.
- Lorenz E. N. Deterministic nonperiodic flow. / E.N. Lorenz // *J. Atmospher. Sci.* 1963. 20(2). P. 130–141.
- Losey J.E. The economic value of ecological services provided by insects. / J.E. Losey, M. Vaughan // *Bioscience*, 2006. 56(4). P. 311–323.
- Lotka A.J. Elements of physical biology. / A.J. Lotka // Baltimore, Md.: William and Wilkins, 1925. 460 p.
- Lucas R.E. Models of business cycles. / R.E. Lucas // Oxford: Basil Blackwell, 1987. 120 p.
- Ludwig D. Qualitative analysis of insect outbreak systems: the spruce budworm and forest. / D. Ludwig, D.D. Jones, C.S. Holling // *J. Anim. Ecol.* 1978. 47(1). P. 315–332.
- MacArthur R. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. / R. MacArthur // *Ecology*. 1955. 36(3). P. 533–536.
- MacLulich D.A. The place of chance in population processes. / D.A. MacLulich // *J. Wildlife Management*. 1957. 21(3). P. 293–299.
- Malthus T.R. An essay on the principle of population. / T.R. Malthus // London: Johnson, 1798. 124 p.
- Martínez-Padilla J. Insights into population ecology from long-term studies of red grouse *Lagopus lagopus scoticus*. / J. Martínez-Padilla, S.M. Redpath, M. Zeineddine, F. Mougeot // *J. Anim. Ecol.* 2014. 83(1). P. 85–98.
- Matson P.A. Special feature: The relative contributions to top-down and bottom-up forces in population and community ecology. / P.A. Matson, M.D. Hunter // *Ecology*. 1992. 73(3). P. 723–723.
- Matson P.A. Agricultural intensification and ecosystem properties. / P.A. Matson, W.J. Parton, A.G. Power, M.J. Swift // *Science*. 1997. 277(5325). P. 504–509.
- McCann K. Population outbreaks in a discrete world. / K. McCann, A. Hastings, S. Harrison, W. Wilson // *Theor. Pop. Biol.* 2000. 57(2). P. 97–108.
- Middleton D.A.J. The effect of an upper limit to population size on persistence time. / Middleton D.A.J., A.R. Veitch, R.M. Nisbet // *Theor. Pop. Biol.* 1995. 48(3). P. 277–305.
- Milne A. On a theory of natural control of insect population. / A. Milne // *J. Theor. Biol.* 1962. 3(1). P. 19–50.
- Moran P.A.P. The statistical analysis of the Canadian lynx cycle. / P.A.P. Moran // *Aust. J. Zool.* 1953. 1(3). P. 291–298.
- Morris R.F. Single-factor analysis in population dynamics. / R.F. Morris // *Ecology*. 1959. 40(4). P. 580–588.
- Murdoch W.W. Population regulation in theory and practice. / W.W. Murdoch // *Ecology*. 1994. 75(2). P. 271–287.
- Murdoch W.W. Predation and population stability. / W.W. Murdoch, A. Oaten // *Adv. Ecol. Res.* 1975. 9. P. 1–132.
- Myers J.H. Population outbreaks in forest Lepidoptera. / J.H. Myers // *Am. Scientist*. 1993. 81(3). P. 240–251.
- Myers J.H. Synchrony in outbreaks of forest Lepidoptera: a possible example of the Moran effect. / J.H. Myers // *Ecology*. 1998. 79(3). P. 1111–1117.
- Naeem S. Ecosystem consequences of biodiversity loss: the evolution of a paradigm. / S. Naeem // *Ecology*. 2002. 83(6). P. 1537–1552.
- National Research Council. Pesticide Resistance: Strategies and Tactics for Management. Washington, D.C.: National Academies Press, 1986. 484 p.
- Nicholson A.J. An outline of the dynamics of animal populations. / A.J. Nicholson // *Austr. J. Zool.* 1954. 2(1). P. 9–65.
- Nicholson A.J. The self-adjustment of populations to change. / A.J. Nicholson // *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* 1957. 22. P. 153–173.
- Nilssen A.C. Waves and synchrony in *Epirrita autumnata*/Operophtera brumata outbreaks. II. Sunspot activity cannot explain cyclic outbreaks. / A.C. Nilssen, O. Tenow, H. Bylund // *J. Anim. Ecol.* 2007. 76(2). P. 269–275.
- Odum E.P. Fundamentals of ecology. / E.P. Odum, G.W. Barrett // Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole, 2005. 598 p.
- Oerke E.C. Crop losses to pests. / E.C. Oerke // *Agric. Sci.* 2006. 144(1). P. 31–43.
- Oerke E.C. Crop production and crop protection: estimated losses in major food and cash crops. / E.C. Oerke, H.W. Dehne, F. Schönbeck, A. Weber // Burlington: Elsevier Sci., 2012. 829 p.
- Oliveira C.M. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. / C.M. Oliveira, A.M. Auad, S.M. Mendes, M.R. Frizzas // *Crop Protection*. 2014. 56. P. 50–54.
- Peltonen M. Spatial synchrony in forest insect outbreaks: roles of regional stochasticity and dispersal. / M. Peltonen, A.M. Liebhold, O.N. Bjørnstad, D.W. Williams // *Ecology*. 2002. 83(11). P. 3120–3129.
- Perkins J.H. Insects, experts, and the insecticide crisis. / J.H. Perkins // New York: Plenum Press. 1982. 304 p.
- Peshin R. Integrated pest management: innovation-development process. / R. Peshin, A.K. Dhawan (eds.) // Berlin: Springer Sci. & Business Media B.V. 2009. V. 1. 690 p., V. 2. 634 p.
- Pimentel D. Handbook of pest management in agriculture. / D. Pimentel (ed.). // Boca Raton, Fla.: CRC Press. 1981, V. 1: 597 p., V. 2: 501 p., V. 3: 656 p.
- Pimm S.L. The balance of nature? Ecological issues in the conservation of species and communities. / S.L. Pimm // Chicago, IL: Univ. Press, 1991. 434 p.
- Pitelka F.A. Cyclic pattern in lemming populations near Barrow, Alaska. / F.A. Pitelka // *Alaskan Arctic Tundra*. M.E. Britton (ed.). Arctic Inst. N. Am., Techn. Paper 25, 1973. P. 199–215.
- Podoler H. A new method for the identification of key factors from life-table data. / H. Podoler, D. Rogers // *J. Anim. Ecol.* 1975. 44(1). P. 85–114.
- Power M.E. Top-down and bottom-up forces in food webs: do plants have primacy? / M.E. Power // *Ecology*. 1992. 73(3). P. 733–746.
- Prasad Y. Pest monitoring and forecasting. / Y. Prasad, M. Prabhakar // Integrated pest management: principles and practice. D.P. Abrol, U. Shankar (eds.). Oxfordshire, UK: Cabi, 2012. P. 41–57.
- Price P.W. Population dynamics of an insect herbivore over 32 years are driven by precipitation and host-plant effects: Testing model predictions. / P.W. Price, M.D. Hunter // *Environ. Entomol.* 2015. 44(3). P. 463–473.
- Radcliffe E.B. Integrated pest management: concepts, tactics, strategies and case studies. / E.B. Radcliffe, W.D. Hutchison, R.E. Cancelado (eds.). Cambridge Univ. Press, 2009. 529 p.

- Raimondo S. Population synchrony within and among Lepidoptera species in relation to weather, phylogeny, and larval phenology. / S. Raimondo, A.M. Liebhold, J.S. Strazanac, L. Butler // *Ecol. Entomol.* 2004. 29(1). P. 96–105.
- Ranta E. The Moran effect and synchrony in population dynamics. / E. Ranta, V. Kaitala, J. Lindström, E. Helle // *Oikos.* 1997. 78(1). P. 136–142.
- Rehceigl J.E. Insect pest management: techniques for environmental protection / J.E. Rehceigl, N.A. Rehceigl // *Agric. & Environ. Series. CRC Press*, 1999. 408 p.
- Reddingius J. Simulation experiments illustrating stabilization of animal numbers by spreading of risk. / J. Reddingius, P.J. Den Boer // *Oecologia.* 1970. 5(3). P. 240–284.
- Rhoades D.F. Offensive-defensive interactions between herbivores and plants: their relevance in herbivore population dynamics and ecological theory. / D.F. Rhoades // *Am. Nat.* 1985. 125(2). P. 205–238.
- Ricker W.E. Effects of compensatory mortality upon population abundance. / W.E. Ricker // *J. Wildlife Manag.* 1954. 18(1). P. 45–51.
- Romeis J. Integration of insect-resistant genetically modified crops within IPM programs. / J. Romeis, A.M. Shelton, G.G. Kennedy (eds.) // *Dordrecht, The Netherlands: Springer Sci. & Business Media*, 2008. 441 p.
- Rosenzweig M.L. Graphical representation and stability conditions of predator-prey interactions. / M.L. Rosenzweig, R.H. MacArthur // *Am. Nat.* 1963. 97(895). P. 209–223.
- Rouault G. Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe. / G. Rouault, J.N. Candau, F. Lieutier, L.M. Nageleisen, J.C. Martin, N. Warzée // *Ann. Forest Sci.* 2006. 63(6). P. 613–624.
- Royama T. Population persistence and density dependence. / T. Royama // *Ecol. Monographs.* 1977. 47(1). P. 1–35.
- Royama T. Analytical population dynamics. / T. Royama // *Population and Community Biology Series. V. 10. London, New York: Chapman & Hall*, 1992. 371 p.
- Royama T.A. Fundamental problem in key factor analysis. / T.A. Royama // *Ecology.* 1996. 77(1). P. 87–93.
- Ruan S. Oscillations in plankton models with nutrient recycling. / S. Ruan // *J. Theor. Biol.* 2001. 208(1). P. 15–26.
- Ruohomäki K. Causes of cyclicity of *Epirrita autumnata* (Lepidoptera, Geometridae): grandiose theory and tedious practice. / K. Ruohomäki, M. Tanhuanpää, M.P. Ayres, P. Kaitaniemi, T. Tammaru, E. Haukioja // *Pop. Ecol.* 2000. 42(3). P. 211–223.
- Savary S. Quantification and modeling of crop losses: a review of purposes. / S. Savary, P.S. Teng, L. Willocquet, F.W. Nutter // *Annu. Rev. Phytopathol.*, 2006. 44. P. 89–112.
- Schumpeter J.A. Business cycles: A theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process. / J.A. Schumpeter // *New York, London, McGraw-Hill Book Co.*, 1939. V. 1, V. 2. 1095 p.
- Schwerdtfeger F. Über die Ursachen des Massenwechsels der Insekten. / F. Schwerdtfeger // *Z. angew. Entomol.* 1941. 28(2-3). S. 254–303.
- Selås V. Can sunspot activity and ultraviolet-B radiation explain cyclic outbreaks of forestmoth pest species? / V. Selås, O. Hogstad, S. Kobro, T. Rafoss // *Proc. R. Soc. Lond. (B)*. 2004. 271(1551). P. 1897–1901.
- Sharma Y. Stochasticity and bistability in insect outbreak dynamics. / Y. Sharma, K.C. Abbott, P.S. Dutta, A.K. Gupta // *Theor. Ecol.* 2015. 8(2). P. 163–174.
- Sharov A. Quantitative population ecology. On-line lectures. / A. Sharov // *Dept. of Entomol., Virginia Tech, Blacksburg, VA*. 1996. <http://alexei.nfshost.com/PopEcol/> (дата обращения: 30.10.2017).
- Shenk T.M. Sampling-variance effects on detecting density dependence from temporal trends in natural populations. / T.M. Shenk, G.C. White, K.P. Burnham // *Ecol. Monogr.* 1998. 68(3). P. 445–463.
- Sih A. Predation, competition, and prey communities: a review of field experiments. / A. Sih, P. Crowley, M. McPeck, J. Petranka, K. Strohmeier // *Annu. Rev. Ecol. Sys.* 1985. 16(1). P. 269–311.
- Sinclair A.R.E. Population regulation in animals. / A.R.E. Sinclair // *Ecological concepts: the contribution of ecology to an understanding of the natural world. J.M. Cherrett (ed.) Oxford, UK: Blackwell Sci.*, 1989. P. 197–241.
- Sinclair A.R.E. Density dependence, stochasticity, compensation and predator regulation. / A.R.E. Sinclair, R.P. Pech // *Oikos.* 1996. 75(2). P. 164–173.
- Sinclair A.R. Mammal population cycles: evidence for intrinsic differences during snowshoe hare cycles. / A.R. Sinclair, D. Chitty, C.I. Stefan, C.J. Krebs // *Can. J. Zool.* 2003. 81(2). P. 216–220.
- Sinervo B. Density cycles and an offspring quantity and quality game driven by natural selection. / B. Sinervo, E. Svensson, T. Comendant // *Nature.* 2000. 406(6799). P. 985–988.
- Smith R.F. The origins of integrated pest management concepts for agricultural crops. / R.F. Smith, J.L. Apple, D.G. Bottrell // *Integrated Pest Management. New York: Plenum Press*, 1976. P. 1–16.
- Solomon M.E. Dynamics of insect populations. / M.E. Solomon // *Annu. Rev. Entomol.* 1957. 2(1). P. 121–142.
- Stern V.M. The integrated control concept. / V.M. Stern, R.F. Smith, R. van den Bosch, K.S. Hagen // *Hilgardia.* 1959. 29(2). P. 81–101.
- Strogatz S.H. Nonlinear dynamics and chaos: with applications to physics, biology, chemistry, and engineering. / S.H. Strogatz // *Westview press*, 2014. 513 p.
- Strong D.R. Insects on plants. Community patterns and mechanisms. / D.R. Strong, J.H. Lawton, R. Southwood // *Oxford: Blackwell Sci. Publ.*, 1984. 313 p.
- Sutcliffe O.L. Spatial synchrony and asynchrony in butterfly population dynamics. / O.L. Sutcliffe, C.D. Thomas, D. Moss // *J. Anim. Ecol.* 1996. 65(91). P. 85–95.
- Tamarin R.H. Dispersal, population regulation, and K-selection in field mice. / R.H. Tamarin // *Am. Nat.* 1978. 112(985). P. 545–555.
- Taylor R.J. Predation. / Taylor R.J. // *London, UK: Chapman & Hall*, 1984. 166 p.
- Thompson W.R. Biological control and the theories of the interaction of populations. / W.R. Thompson // *Parasitology.* 1939. 31. P. 299–388.
- Thompson W.R. The fundamental theory of natural and biological control. / W.R. Thompson // *Annu. Rev. Entomol.* 1956. 1. P. 379–402.
- Tian H. Reconstruction of a 1,910-y-long locust series reveals consistent associations with climate fluctuations in China. / H. Tian, L.C. Stige, B. Cazelles, K.L. Kausrud, R. Svarverud, N.C. Stenseth, Z. Zhang // *Proc. Natl Acad. Sci.* 2011. 108(35). P. 14521–14526.
- Turchin P. Rarity of density dependence or population regulation with lags? / P. Turchin // *Nature.* 1990. 344(6267). P. 660–663.
- Turchin P. Population regulation: old arguments and a new synthesis. / P. Turchin // *Population dynamics: new approaches and synthesis. N. Cappuccino, P.W. Price (eds.). San Diego, CA, USA: Acad. Press*, 1995. P. 19–40.
- Turchin P. Population regulation: a synthetic view. / P. Turchin // *Oikos.* 1999. 84(1). P. 153–159.
- Turchin P. Detecting cycles and delayed density dependence: a comment on Hunter and Price (1998). / P. Turchin, A.A. Berryman // *Ecol. Entomol.* 2000. 25(1). P. 119–121.
- Turchin P. Complex dynamics in ecological time series. / P. Turchin, A.D. Taylor // *Ecology.* 1992. 73(1). P. 289–305.
- Turchin P. Dynamical effects of plant quality and parasitism on population cycles of larch budmoth. / P. Turchin, S.N. Wood, S.P. Ellner, B.E. Kendall, W.W. Murdoch, A. Fischlin, J. Casas, E. McCauley, C.J. Briggs // *Ecology.* 2003. 84(5). P. 1207–1214.
- Underwood N. The influence of plant and herbivore characteristics on the interaction between induced resistance and herbivore population dynamics. / N. Underwood // *Am. Nat.* 1999. 153(3). P. 282–294.
- Utida S. Cyclic fluctuations of population density intrinsic to the host-parasite system. / S. Utida // *Ecology.* 1957. 38(3). P. 442–449.
- Utida S. Population fluctuation, an experimental and theoretical approach. / S. Utida // *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* 1957a. 22. P. 139–151.
- Vaidya N.K. Modeling spruce budworm population revisited: impact of physiological structure on outbreak control. / N.K. Vaidya, J. Wu // *Bull. Math. Biol.* 2008. 70(3). P. 769–784.
- Varley G.C. Key factors in population studies. / G.C. Varley, G.R. Gradwell // *J. Animal Ecol.* 1960. 29(2). P. 399–401.
- Varley G.C. Recent advances in insect population dynamics. / G.C. Varley, G.R. Gradwell // *Annu. Rev. Entomol.* 1970. 15(1). P. 1–24.
- Varley G.C. Insect population ecology: an analytical approach. / G.C. Varley, G.R. Gradwell, M.P. Hassell // *Berkeley: Univ California Press*, 1974. 212 p.
- Verhulst P.F. Notice sur la loi que la populations suit dans son accroissement. / P.F. Verhulst // *Corresp. Math. Phys.* 1838.10. P. 113–121.
- Vreysen M.J.B. Area-wide control of insect pests: from research to field implementation. / M.J.B. Vreysen, A.S. Robinson, J. Hendrichs (eds.) // *Springer*, 2007. 792 p.
- Wallner W.E. Factors affecting insect population dynamics: differences between outbreak and non-outbreak species. / W.E. Wallner // *Annu. Rev. Entomol.* 1987. 32(1). P. 317–340.
- Whalon M.E. Global pesticide resistance in arthropods. / M.E. Whalon, D. Mota-Sanchez, R.M. Hollingworth (eds.) // *Cabi*. 2008. 208 p.
- Williams D.W. Spatial synchrony of spruce budworm outbreaks in eastern North America. / D.W. Williams, A.M. Liebhold // *Ecology.* 2000. 81(10). P. 2753–2766.
- Wilson M.F. Optimising pesticide use. / M.F. Wilson (ed.) // *The Atrium, England: John Wiley & Sons*, 2004. 222 p.
- Ylioja T. Host-driven population dynamics in an herbivorous insect. / T. Ylioja, H. Roininen, M.P. Ayres, M. Rousi, P.W. Price // *Proc. Natl. Acad. Sci.* 1999. 96(19). P. 10735–10740.

Translation of Russian References

- Alekhin V.T. New preparation for immunity stimulation and efficiency increase of plants.// V.T. Alekhin, T.A. Ryabchinskaya, I.Yu. Bobreshova, G.L. Kharchenko, N.A. Sarantseva // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2010. 3. P. 44–46. (In Russian).
- Andreev S.Yu. Economic cycles in the modern macroeconomic theory. / S.Yu. Andreev // Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian Univ. 2012. 75. P. 732–751. (In Russian).
- Aponin Yu.M. An hierarchy of models in mathematical biology and numerical and analytical methods of their study (review).// Yu.M. Aponin, E.A. Aponina // *Mat. Biol. Bioinform.* 2007. 2(2). P. 347–360. (In Russian).
- Bailey N. Mathematical approach to biology and medicine. / N. Bailey // Moscow. Mir, 1970. 326 p. (In Russian).
- Bakhvalov S.A. Factors and ecological mechanisms of population dynamics of forest insects-foivores. / S.A. Bakhvalov, E.V. Koltunov, V.V. Martemyanov // Novosibirsk: Publ. Siberian Branch of Russian Academy of Science, 2010. 299 p. (In Russian).
- Baranov A.O. Troubling prospects: forecast of the Russian economy development for the period 2015–2017.// A.O. Baranov, V.N. Pavlov, T.O. Tagaeva // *EKO*. 2014. 12 (486). P. 15–35. (In Russian).
- Bartenev S.A. The history of economic sciences: Textbook. / S.A. Bartenev // Moscow: Magistr, 2007. 478 p. (In Russian).
- Bazykin A.D. Mathematical biophysics of interacting populations. / A.D. Bazykin // Moscow: Nauka, 1985. 181 p.
- Beletsky E.N. Mass outbreaks of insects. History, theory, forecasting. / E.N. Beletsky // Kharkov. Maidan, 2011. 172 p.
- Beletsky E.N. Phytosanitary forecasting in Ukraine: history, methodology, ways to improve. / E.N. Beletsky // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2015. 12. P. 14–19. (In Russian).
- Beletsky E.N. Theory and engineering of a long-term forecast. / E.N. Beletsky // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2006. 5. P. 46–50. (In Russian).
- Beletsky E.N. Theory of cyclicity in population dynamics and methods for a long-term forecast of insect pest outbreaks. / E.N. Beletsky // Thesis Doctor Sci. 06.01.11. Kharkov. KHGU imeni V.V.Dokuchaeva, 1992. 290 p. (In Russian).
- Belskikh I.E. Crisis of regional economy 2015–2017 in Russia: search of choice of development. / I.E. Belskikh // *Regional economy: theory and practice*. 2014. 26(353). P. 2–9. (In Russian).
- Bestuzhev-Lada I.V. Working book on forecasting. / I.V. Bestuzhev-Lada // Moscow: Mysl, 1982. 430 p.
- Bratus A. Dynamical systems and models in biology. / A. Bratus, A. Novozhilov, A. Platonov // Moscow: Litres, 2017. 400 p. (In Russian).
- Breus T.K. Heliobiology revival. / T.K. Breus, S.I. Rappoport // *Priroda*. 2005. 9. P. 54–62.
- Breus T.K. Influence of sun activity on biological objects. / T.K. Breus // Autoref. Thesis Doctor Sci., Moscow: IKI RAN, 2003, 41 p. (In Russian).
- Budanov V.G. Synergetic methodology in postneoclassical science and education. / V.G. Budanov // Moscow: Publ. LKI, 2009. 240 p. (In Russian).
- Bushuev V.V. Long term forecast of world crude oil market dynamics and economic development of Russia based on cyclicity of world economy. / V.V. Bushuev, S.V. Golubev // *Economic science in modern Russia*. 2002. 4. P. 157–164. (In Russian).
- Chaika V.N. Problems of insect pest outbreaks. 1. Mechanisms of population dynamics in phytophagous insects into concepts of genetic material evolution. / V.N. Chaika // *Izv. Kharkov. Entomol. Obshch.* 2002. 9(1-2). P. 250–262. (In Russian).
- Chernova N.M. General ecology. / N.M. Chernova, A.M. Bylova // Moscow Publ. Drofa, 2004. 416 p.
- Chetverikov S.S. The waves of life (from lepidopterological observations in the summer of 1903). / S.S. Chetverikov // *Proceedings of the Zoological Section of the Imperial Society of Friends of Natural Sciences, Anthropology, and Ethnography*, 1905. 3(6). P. 106–111. (In Russian).
- Chizhevsky A.L. Space pulse of life. / A.L. Chizhevsky // Moscow: Mysl, 1995. 768 p. (In Russian).
- Chizhevsky A.L. The terrestrial echo of solar storms. / A.L. Chizhevsky // Moscow: Mysl, 1976. 367 p.
- Dolzhenko V.I. Chemical method of plant protection: state and prospects of ecological safety promotion. / V.I. Dolzhenko, K.V. Novozhilov // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2005. 3. P. 80–84. (In Russian).
- Erlikh A.A. Technical analysis of commodity and financial markets: applied tutorial. / A.A. Erlikh // Moscow: INFRA-M, 1996. 176 p. (In Russian).
- Fadeev Yu.N. Integrated pest control. / Yu.N. Fadeev, K.V. Novozhilov // Moscow: Kolos, 1981. 355 p. (In Russian).
- Frolov A.N. Biotic factors suppressing the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* numbers. / A.N. Frolov // *Plant Protection News*. 2004. 2. P. 37–47. (In Russian).
- Frolov A.N. Cycling of long-term population dynamics of harmful insects: the European corn borer as an example. / A.N. Frolov, G.E. Sergeev, Yu.M. Malysh, A.G. Kononchuk, I.V. Grushevaya // *Phytosanitary optimization of agroecosystems. The 3rd All-Russian Congress on Plant Protection* (St. Petersburg, December 16–20, 2013). SPb, VIZR. 1. P. 89–93. (In Russian).
- Frolov A.N. Long-term population dynamics mechanisms of harmful insects in agroecosystems. / A.N. Frolov, I.V. Grushevaya, Yu.M. Malysh, Yu.S. Tokarev, A.N. Afonin // 15th S'ezd Russkogo Entomol. Obshch. Novosibirsk, 31 July – 07 August 2017. Novosibirsk: Publ. Gramond, 2017. P. 503–505. (In Russian).
- Frolov A.N. Modern tendencies in progress of forecasts and monitoring. / A.N. Frolov // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2011. 4. P. 15–20. (In Russian).
- Frolov A.N. Population dynamics of herbivorous insects: historical excursus, current state, problems. / A.N. Frolov // 2nd Vseros. S'ezd po Zashch. Rast. Saint Petersburg, December 5–10, 2005. SPb, 2005. 1. P. 302–304. (In Russian).
- Gall Ya.M. To debate on Gauze rule. / Ya.M. Gall // *Voprosy razvitiya evoliutsionnoi teorii v XX veke*. Leningrad: Nauka. 1979. P. 50–60. (In Russian).
- Gauze G.F. On periodic oscillations of the populations. The mathematical theory of the relaxation of interaction between predators and victims, and its application to populations of two protozoan species. / G.F. Gauze, A.A. Vitt // *Izv. AN SSSR. Ser. mat.*, 1934. 10. P. 1551–1559. (In Russian).
- Gilyarov A.M. Population ecology. / A.M. Gilyarov // Moscow: Publ. House MGU, 1990. 191 p.
- Gilyarov A.M. Species inhabited the single ecological niche. / A.M. Gilyarov // *Priroda*. 2002. 11. P. 71–74. (In Russian).
- Glazyev S.Yu. On the strategy of sustainable development of Russia's economy. / S.Yu. Glazyev, G.G. Fetisov // *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2013. 1 (25). P. 23–35. (In Russian).
- Gleick J. Chaos: making a new science. / J. Gleick // Saint Petersburg: Amphora, 2001. 398 p.
- Goncharenko A.P. Russian economy in cyclicity of world economic development and ways of outlet from crisis. / A.P. Goncharenko // *Zhurn. UekS*. 2017. 4 (98). P. 1–25. (In Russian).
- Goncharov N.R. Development of innovative processes in plant protection. / N.R. Goncharov // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2010. 4. P. 4–8. (In Russian).
- Graham B. Security analysis. / B. Graham, D. Dodd // Moscow: Williams, 2016. 880 p. (In Russian).
- Graham B. The intelligent investor. The definitive book on value investing. / B. Graham // Moscow: Alpina Publisher, 2014. 568 p. (In Russian).
- Guryanova T.M. Long-term monitoring as a solution to the problem of phytophagous' quantity changes. / T.M. Guryanova // *Vestnik Moskovsk. Gos. Univ. Lesa*. 2003. 2. P. 60–63. (In Russian).
- Guryanova T.M. Fecundity of Neodlponn sertifer (Hymenoptera, Diprionidae) related to cyclic outbreaks: invariance effects. / T.M. Guryanova // *Zool. Zhurn*. 2006. 85(9). 1085–1095. (In Russian).
- Ioganzhen B.G. The basics of ecology. / B.G. Ioganzhen // Tomsk: Tomsk Gos. Univ., 1959. 389 p. (In Russian).
- Isaev A.S. Population dynamics of forest insects. / A.S. Isaev, R.G. Khlebopros, L.V. Nedorezov, Yu.P. Kondakov, V.V. Kiselev // Novosibirsk: Nauka. Siberian Branch, 1984. 224 p. (In Russian).
- Isaev A.S. Population dynamics of forest insects. / A.S. Isaev, R.G. Khlebopros, L.V. Nedorezov, Yu.P. Kondakov, V.V. Kiselev, V.G. Sukhovolsky // Moscow: Nauka, 2001. 374 p. (In Russian).
- Isaev A.S. Population dynamics of forest phytophagous insects: models and forecasts. / A.S. Isaev, E.N. Palnikov, V.G. Sukhovolsky, O.V. Tarasova // Moscow: Publ. KMK, 2015. 262 p. (In Russian).
- Ivanter V.V. Long-term forecast of Russian economy in 2007–2030 (on the options). / V.V. Ivanter, M.N. Uzyakov, I.N. Shokin, A.A. Shirov, A.V. Suvorov, A.S. Nekrasov, Yu.V. Sinyak, M.Yu. Ksenofontov, I.A. Budanov, V.N. Borisov, A.G. Korovkin, V.S. Panfilov, O.D. Gotvan, A.G. Shurakov, N.I. Komkov, I.E. Frolov // *Probl. prognoz*. 2007. 6. P. 3–45. (In Russian).
- Kolesnik Yu.A. An examination of reaction of biota to long-term changes of heliophysical processes. / Yu.A. Kolesnik // Thesis Doctor Sci. Biol. Ussuriisk: Gos. Ped. Unst., 2002. 291 p.
- Kolmogorov A.N. A qualitative study of mathematical models of population dynamics. / A.N. Kolmogorov // *Problemy Kibernet.* 1972. 25(2). P. 101–106. (In Russian).
- Kondakov Yu.P. Mass outbreaks of white-lined silk moth in forests of Krasnoyarsk area. / Yu.P. Kondakov // *Entomol. Issled. v Sibiri. Krasnoyarsk: KF REO*, 2002. 2. P. 25–74. (In Russian).
- Kondratiev N.D. Problems of economic dynamics. / N.D. Kondratiev // Moscow, 1989. 412 p. (In Russian).
- Korotaev A.V. Kondratieff waves in the world system perspective. / A.V. Korotaev, S.V. Tsirel // *Sistemnyi monitoring. Global'noe i Regional'noe Razvitie / URSS*, 2009. P. 189–229. (In Russian).

- Kravchenko V.P. Nature of influence of solar activity on the population dynamics of experimental *Drosophila* populations. / V.P. Kravchenko // Abstract of Candidate Thesis Biol. Sci. Irkutsk: Irkutsk Gos. Univ., 2004. 20 p. (In Russian).
- Lankin Yu.P. Basics of theory for modelling ecosystem diversity in biosphere on the basis of fundamental properties of living systems. / Yu.P. Lankin, N.S. Ivanova, T.F. Baskanova // *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya*, 2012. 1: url: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=5144> (Accessed 30.10.2017).
- Lichko K.P. Forecasting and planning in agro-industrial sector. / K.P. Lichko, M.A. Romanyuk // *Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii*, 2009. 4. P. 44–56. (In Russian).
- Lyamtsev N.I. Long-term dynamics of the pea-green oak twist number in European Russia / N.I. Lyamtsev // *Lesovedenie*. 2011. 6. P. 79–85. (In Russian).
- Macfadyen A. Animal ecology. / A. Macfadyen // Moscow: Mir, 1965. 376 p. (In Russian).
- Malinetsky G.G. Nonlinear dynamics: approaches, results, prospects. / G.G. Malinetsky, A.B. Potapov, A.V. Podlazov // Moscow: URSS, 2006. 280 p. (In Russian).
- Maximov A.A. Long-term fluctuations in animal numbers: causes and prediction. / A.A. Maximov // Novosibirsk: Nauka, 1984. 249 p. (In Russian).
- Mikhailikova V.V. Use of pesticides in the Russian Federation / V.V. Mikhailikova, N.S. Strebkova, D.N. Govorov, A.V. Zhivykh // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2015. 11. P. 12–14.
- Mikhailikova V.V. Use of plant protection chemicals in the Russian Federation (analytical review) / V.V. Mikhailikova, N.S. Strebkova, D.N. Govorov, A.V. Zhivykh // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2013. 9. P. 8–10. (In Russian).
- Monchadsky A.S. Ecological factors and principles of its classification. / A.S. Monchadsky // *Zhurn. obsh. biol.* 1962. 23(5). P. 370–380. (In Russian).
- Murphy J. Technical analysis of the futures markets: a comprehensive guide to trading methods and applications. / J. Murphy // Moscow: Alpina Publishers, 2011. 616 p. (In Russian).
- Nedorezov L.V. A contribution to the problem of selecting a mathematical model of population dynamics with particular reference to the green oak tortrix. / L.V. Nedorezov, D.L. Sadykova // *Euroasian Entomol. J.* 2005. 4(4). P. 263–272. (In Russian).
- Nedorezov L.V. Influence of food plant quality and parasitism on the cyclic fluctuations of larch bud moth. / L.V. Nedorezov // *Euroasian Entomol. J.* 2007. 6(2). P. 229–244. (In Russian).
- Novozhilov K.V. Chemical treatments and environment: principles of risk-reduction. / K.V. Novozhilov, G.I. Sukhoruchenko // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 1997. 8. P. 14–15. (In Russian).
- Novozhilov K.V. Ecological and biocenotic concept of plant protection in adaptive agriculture. / K.V. Novozhilov, V.A. Zakharenko, N.A. Vilkova, K.E. Voronin // *Selskokozyajstvennaya biologiya*. 1993. 5. P. 54–62. (In Russian).
- Odum E. Ecology. / E. Odum // Moscow: Mir, 1986. V.1. 328 p., V. 2. 376 p. (In Russian).
- Ozeretkovskaya O.L. Induction of resistance in plants with biogenic elicitors of phytopathogens. / O.L. Ozeretkovskaya // *Prikl. Biokh. i Mikrobiol.* 30(3). P. 325–339. (In Russian).
- Palnikova E.N. Bordered white in Siberian forests. Ecology, population dynamics, impact on trees. / E.N. Palnikova, I.V. Sviderskaya, V.G. Sukhovolsky // Novosibirsk: Nauka, 2002. 232 p. (In Russian).
- Pavlov D.S. Ecocentric concept of nature use. / D.S. Pavlov, B.R. Striganova, E.N. Bukhareva // *Vestnik Ross. Akad. Nauk.* 2010. 80(2). P. 131–140. (In Russian).
- Pavlyushin V.A. A new paradigm of progress in plant protection and modelling phytosanitary processes in agroecosystems. / V.A. Pavlyushin, N.A. Vilkova, G.I. Sukhoruchenko, L.I. Nefedova // *Agroekosistemy v estestvennykh i reguliruemyykh usloviyakh: ot teoretich. modeli k praktike pretsizion. upravleniya. Mat. Vserossisk. nauchn. konf.*, 2016. P. 31–36. (In Russian).
- Pavlyushin V.A. Integrated plant protection of winter wheat. / V.A. Pavlyushin, V.I. Dolzhenko, A.M. Shpanev, A.B. Laptiev, N.R. Goncharov, A.K. Lysov, O.V. Kungurtseva, L.D. Grisechikina, L.A. Burkova, A.S. Golubev, A.A. Yakovlev, N.V. Babich, A.I. Silaev, V.A. Khilevsky, N.N. Luneva, T.Yu. Gagkaeva, N.A. Vilkova, L.I. Nefedova, G.I. Sukhoruchenko, E.I. Gulyaeva, L.A. Mikhailova, O.A. Baranova, L.N. Ul'yanenko, L.A. Bupalova, I.B. Ablova, B.A. Filonenko // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2015. P. 5. P. 38–71. (In Russian).
- Pavlyushin V.A. Scientific support of plant protection and food security of Russia. / V.A. Pavlyushin // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2010. N 2. P. 11–15. (In Russian).
- Pertsev N.V. Mathematical modelling of dynamics of interacting populations with limited life span of individuals. / N.V. Pertsev // Thesis Doctor Sci. Fiz.-mat. Nauk. Omsk, 1998. 192 p. (In Russian).
- Petrosyan L.A. Introduction to mathematical ecology. / L.A. Petrosyan, V.V. Zakharov // Leningrad: Izd. LGU, 1986. 224 p. (In Russian).
- Pianka E. Evolutionary ecology. / E. Pianka // Moscow: Mir, 1981. 399 p. (In Russian).
- Poluektov R.A. Dynamic models of environmental systems. / R.A. Poluektov, Yu.A. Pykh, I.A. Shvytov // Leningrad: Gidrometeoizdat, 1980. 288 p. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. About theoretical grounds of ecology. / I.Ya. Polyakov, E.M. Shumakov // *Plant Protection News*. 1940. 5. P. 13–14. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Control and forecast as basis of purposeful plant protection. / I.Ya. Polyakov, W. Ebert (eds.) // Berlin (DDR), 1982. 352 p.
- Polyakov I.Ya. Development and current state of theory of animal population dynamics. / I.Ya. Polyakov // *Metody Prognoza Poyavleniya Vreditelei i Boleznei Sel'skokhoz. Rastenii i Signalizatsiya Srokov Proved. Zashch. Meropriyatii*. Leningrad, 1968. P. 5–23. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Forecast of pests and diseases of agricultural crops. / I.Ya. Polyakov, M.P. Persov, V.A. Smirnov // Leningrad: Kolos, 1984. 318 p. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Forecast of pests of agricultural crops. / I.Ya. Polyakov, G.E. Sergeev, F.M. Poloskina, L.A. Makarova, L.M. Kopaneva, V.I. Tansky, A.F. Chenkin // Leningrad: Kolos, 1975. 186 p. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Forecast of spread of agricultural pests. / I.Ya. Polyakov // Moscow: Kolos, 1964. 326 p. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Logic of steps in solving the problem of forecast in plant protection. / I.Ya. Polyakov // *Proc. VIZR*, 1976, 50. P. 5–23. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Scientific and organizational problems of forecasts in plant protection. / I.Ya. Polyakov, A.Ya. Semenov // *Ekologicheskie osnovy strategii i taktiki zashchity rastenii*. Leningrad, 1979. P. 17–29. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Techniques to manage agroecosystems and principles of their development. / I.Ya. Polyakov // Moscow: VNIITSSKH, 1976. 66 p. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Theoretic essentials of prognosis of mouse-like rodents' numbers and measures to prevent their harmfulness in the European part of the USSR and Transcaucasia. / I.Ya. Polyakov // *Abstr. Thesis Doctor Sci. Agric.* Leningrad. 1950. 44 p. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Theoretic main point of doctrine about periodicity of mass outbreaks of voles and mices. / I.Ya. Polyakov // *Zhurn. Obsh. Biol.* 1949. 10(3). P. 249–260. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. To a theory of forecasting of small rodents. / I.Ya. Polyakov // *Zhurn. Obsh. Biol.* 1954. 15(2). P. 91–108. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Ways of automating forecasts of the population dynamics of pests of agricultural crops. / I.Ya. Polyakov, T.S. Gladkina, G.M. Doronina, S.I. Levina, L.A. Makarova, G.E. Sergeev // *Metody Avtomatizatsii Prognoz. i Planir. Rabot po Zashch. Rastenii*. Leningrad: VIZR, 1980. P. 20–88. (In Russian).
- Popov S.Ya. Long-term characteristics of seasonal development of spider mites of the genus *Tetranychus* Dufour, 1832 (Acari-formes, Tetranychidae) on strawberry in Moscow Province. / S.Ya. Popov // *Entomol. Obozr.* 2003. 82(1). P. 71–85. (In Russian).
- Pyrveev D.B. Vernadsky's teaching about noosphere and model of space-planet integration of the planet. / D.B. Pyrveev // *Uroven' Zhizni Naseleniya Regionov Rossii*. 2013. 12. P. 93–105. (In Russian).
- Rafes P.M. Biogeocenologic theory of population dynamics in forest phytophagous insects. / P.M. Rafes // *Matematich. Modelirovanie v Ekologii*. Moscow: Nauka, 1978. P. 34–51. (In Russian).
- Riznichenko G.Yu. Lectures on mathematical models in biology. / G.Yu. Riznichenko // Moscow - Izhevsk: Inst. Komputer. Issled., 2010. 560 p. (In Russian).
- Rozenberg G.S. Introduction to theoretical ecology. / G.S. Rozenberg // Tolyatti: Kassandra Publ., 2013. V. 1. 565 p. (In Russian).
- Ryashko L.B. Models of population dynamics: from order to chaos. / L.B. Ryashko // *Soros Obrazovat. Zhurn.* 2001. 7(10). 122–127. (In Russian).
- Sadovnichij V.A. Complex modeling and forecasting of BRICS development in the context of world dynamics. / V.A. Sadovnichij, A.A. Akaev, A.V. Korotaev, S.Ju. Malkov // Moscow: Nauka, 2014. 382 p. (In Russian).
- Samersov V.F. Integrated systems of agricultural plant protection of pests and diseases. / V.F. Samersov (ed.) // Baranovichi, 1998. 469 p. (In Russian).
- Schuster G. Deterministic chaos: an introduction. / G. Schuster // Moscow: Mir, 1988. 253 p. (In Russian).
- Semevsky F.N. Mathematical modeling of ecological processes. / F.N. Semevsky, S.M. Semenov // Leningrad: Gidrometeoizdat, 1982. 280 p. (In Russian).
- Sharkovsky A.N. Dynamics of one-dimensional maps. / A.N. Sharkovsky, S.F. Kolyada, A.G. Spivak, V.V. Fedorenko // Kiev: Naukova Dumka, 1989. 216 p. (In Russian).
- Sharov A.A. Modeling of insect population dynamics. *Itogi Nauki i Tekhniki. Entomology.* / A.A. Sharov // Moscow: VINITI, 1986. P. 3–115. (In Russian).

- Shcherbinovskiy N.S. Desert locust *Schistocerca gregaria*. / N.S. Shcherbinovskiy //Moscow: Gos. Izd. Sel'khoz. Lit., 1952. 416 p. (In Russian).
- Shcherbinovskiy N.S. The Solar-conditioned cyclicity of outbreaks of insect pests and other organisms. / N.S. Shcherbinovskiy // Astronom. Sbornik. 1960. 3–4. P. 165–169. (In Russian).
- Shilov I.A. Ecology. / I.A. Shilov //Moscow: Vysshaya Shkola, 2009. 512 p. (In Russian).
- Shorohov M.N. Improving the range of insecticides for cereal crops protection. / M.N. Shorohov, V.I. Dolzhenko // Vestnik Ros. Selskokhoz. Nauki. 2017. (2). P. 32–34. (In Russian).
- Smith J.M. Models in ecology. / J.M. Smith // Moscow: Mir, 1976. 184 p. (In Russian).
- Soroka S.V. Integrated systems of agricultural plant protection of pests, diseases, and weeds. (Guidelines, V. 1, 2). / S.V. Soroka (ed.) //Minsk: IVTS Minfina, 2003. V. 1, 248 p.; V. 2, 255 p. (In Russian).
- Spaar D. Ecologisation of plant protection in the vegetable- fruit- and grape production. / D. Spaar (ed.) //Saint Petersburg, Pushkin, 2005. V. 1. 336 p. (In Russian).
- Spaar D. Plant protection in sustainable systems of land use. V. 1. / D. Spaar (ed.) //Torzhok: Variant, 2003. 392 p. (In Russian).
- Starostina V.V. Around Sharkovsky's theorem. / V.V. Starostina, V.V. Teplyakov // Vestn. Severn. (Arktich.) Federel Univ. Ser. Estestv. Nauki, 2013. 4. P. 97–104. (In Russian).
- Stolyarov M.V. Cyclicity and some characteristics of mass reproduction of *Calliptamus italicus* L. in southern Russia. / M.V. Stolyarov // Ekologiya. 2000. 1. P. 48–53. (In Russian).
- Stolyarov M.V. Some features of forecast population dynamics of gregarious locusts. How for a long time does become drop their reproduction? / M.V. Stolyarov // Zashchita i Karantin Rastenii. 2005. 1. P. 38–41. (In Russian).
- Sugonyaev E.S. Principles of formation of the environment friendly program of management of arthropod pests and their enemies in an apple orchard agroecosystem in the North Caucasus. / E.S. Sugonyaev, T.N. Doroshenko, V.A. Yakovuk, I.V. Balakhnina, O.S. Shevchenko // Entomol. Obozr. 2010. 89(2). P.279–294. (In Russian).
- Sukhoruchenko G.I. Integrated plant protection system for reproductive seed potato of harmful organism complex in North-West Region of the Russian Federation. / G.I. Sukhoruchenko, G.P. Ivanova, S.A. Volgarev, N.A. Vil'kova, S.R. Fasulati, A.B. Vereshchagina, M.N. Berim, A.V. Khyutti, T.S. Fominykh, F.B. Gannibal, V.A. Pavlyushin, L.G. Danilov, A.M. Lazarev, L.A. Burkova, O.V. Dolzhenko, L.D. Grishchikina, T.A. Makhankova, A.S. Golubev, A.K. Lysov, T.V. Kornilov, N.R. Goncharov, N.I. Naumova //Saint Petersburg – Pushkin: RT Tsarskoe Selo, 2016. 64 p. (In Russian).
- Svirezhev Yu.M. Stability of biological communities. / Yu.M. Svirezhev, D.O. Logofet //Moscow: Mir, 1978, 352 p. (In Russian).
- Sviridenko P.A. On a periodicity of mass emergences of mouse-like rodents. / P.A. Sviridenko //Mat. 2nd Ekol. Conf., Abstracts, Part II. Kiev: Publ. Kiev Univ., 1950. P. 79–83. (In Russian).
- Sviridenko P.A. Reproduction and death of mice rodents. / P.A. Sviridenko // Trudy Zash. Rast. Leningrad, 1934. IV(3). P.11–21. (In Russian).
- Tansky V.I. Biological basis of harm of insects. / V.I. Tansky //Moscow: Agropromizdat, 1988. 180 p. (In Russian).
- Tansky V.I. Insect harmfulness and methods of its studying. / V.I. Tansky // Moscow: VNIITEISKh, 1975. 68 p. (In Russian).
- Tarasevich L.S. Macroeconomics: textbook for bachelors. / L.S. Tarasevich, P.I. Grebennikov, A.I. Leussky //Moscow: Publ. Yurait, 2012. 686 p. (In Russian).
- Tarchevskiy I.A. Warning systems of plant cells. / I.A. Tarchevskiy //Moscow: Nauka, 2002. 294 p. (In Russian).
- Tharp V. Trade your way to financial freedom. / V. Tharp //Saint Petersburg: Piter, 2005. 368 p. (In Russian).
- Trubetskov D.I. Turbulence and deterministic chaos. / D.I. Trubetskov // Soros Obrazovat. Zhurn. 1998. 1. P.77–83. (In Russian).
- Tshernyshev W.B. Agricultural entomology: ecological approaches. / W.B. Tshernyshev //Moscow: Publ. Triumph, 2012. 232 p. (In Russian).
- Tshernyshev W.B. Ecological plant protection. Arthropods in agroecosystem. / W.B. Tshernyshev //Moscow: Publ. Moskovsk. Gos. Univ., 2001. 132 p. (In Russian).
- Tyuterev S.L. Scientific basis of induced disease resistance of plants. / S.L. Tyuterev // Saint Petersburg: VIZR, 2002. 328 p. (In Russian).
- Vasiliev S.V. Algorithm for decision of forecasting tasks in multiple-factor process of population dynamics. / S.V. Vasiliev, I.Ya. Polyakov, M.I. Saulich, G.E. Sergeev // Trudy VIZR. 1975. 5. P. 139–165. (In Russian).
- Vasiliev S.V. Theory and methods of use modelling and computers in plant protection. / S.V. Vasiliev, I.Ya. Polyakov, G.E. Sergeev // Trudy VIZR. 1973. 39. P. 61–119. (In Russian).
- Viktorov G.A. Animal population dynamics and its management. / G.A. Viktorov // Zool. Zhurnal. 1975. 54(6). P. 804–821. (In Russian).
- Viktorov G.A. Problems of insect population dynamics exemplified by sunn pest *Eurygaster integriceps*. / G.A. Viktorov // Moscow: Nauka, 1967. 271 p. (In Russian).
- Viktorov G.A. Theory of insect population dynamics and practice of plant protection. / G.A. Viktorov //Zashchita Rastenii. 1968. 7. P. 9. (In Russian).
- Viktorov G.A. To a question of pest outbreak causes. / G.A. Viktorov //Zool. Zhurn. 1955. 34(2). P. 259–266. (In Russian).
- Vladimirskiy B.M. Influence of solar activity on biosphere and noosphere (heliobiology from Chizhevsky until recently). / B.M. Vladimirskiy, N.A. Temurians //Moscow: Publ. MNEPU, 2000. 374 p. (In Russian).
- Volterra V. Mathematical theory of struggle for life. / V. Volterra //Moscow: Nauka, 1976. 288 p.
- Watt K. Ecology and resource management. / K. Watt //Moscow: Mir, 1971. 463 p.
- Zhuravleva T.A. To a question on evaluation of influence of world cyclic development on the economy of Russia. / T.A. Zhuravleva, T.N. Yamshchikova, K.V. Pavlov, A.S. Bobkov // Konkurentnost v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii. 2017. 6-3(51). P. 52–56. (In Russian).
- Zubkov A.F. Agrobiocenological modernization of plant protection. / A.F. Zubkov //Plant Protection News, Supplements, No. 12. St.Petersburg: VIZR, 2014. 116 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2017, 4(94), p. 5–21

POPULATION DYNAMICS AND FORECAST OF PEST OUTBREAKS: HISTORY AND WAYS OF DEVELOPMENT. ANALYTICAL SURVEY

A.N. Frolov

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

Study of insect population dynamics developed more than century with sharp discussions concerning factors responsible for variation in population numbers. Periodic population fluctuations constitute a great challenge of modern population biology, and a lot of theories try to explain their nature. It is obvious that forecast of harmful arthropods as a basis to make optimal decisions in order to control harmful species needs in-depth study of the nature of population dynamics, and especially the nature of fluctuation recurrence. Mathematical modeling of population dynamics is considered to be one of the central problems of mathematical ecology and nonlinear models seem to be the most promising to find points of instability in a system as effective states from the viewpoint of their management.

Keywords: pest; periodicity; factor; mechanism; mathematical model.

Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
Фролов Андрей Николаевич. Зав. лабораторией,
доктор биологических наук, профессор, e-mail: vizrspb@email.ru

Information about the author

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo шоссе, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
Frolov Andrei Nikolaevich. Head of Laboratory, DSc in Biology, Professor,
e-mail: vizrspb@email.ru