

УДК 378.4  
ББК 74.480.271.3  
П278

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	6
Глава 1. Состояние и перспективы развития исследований в Санкт-Петербурге в области физико-математических наук . . . . .	14
1.1. Математика . . . . .	14
1.2. Астрономия и астрофизика . . . . .	20
1.3. Физика элементарных частиц . . . . .	26
1.4. Ядерная физика . . . . .	35
1.5. Физика конденсированного состояния . . . . .	45
1.6. Оптика и лазерная физика . . . . .	50
1.7. Геофизика и радиофизика . . . . .	57
Глава 2. Состояние и перспективы развития фундаментальных исследований в области энергетики в Санкт-Петербурге . . . . .	65
2.1. Физика и техника достижения максимальной плотности энергии и температуры в газах высоких давлений, а также разработка новых принципов коммутационной аппаратуры . . . . .	65
2.2. Технологии плазменной газификации биомассы, включая создание оборудования. Разработка и создание плазменных газификаторов биомассы и создание на их базе автономных энергетических систем и накопителей энергии (в синтез-газе) . . . . .	69
2.3. Плазмохимия, в частности, конверсия метана плазменными методами с целью получения жидких синтетических топлив . . . . .	74
2.4. Физико-химические основы энергетической утилизации углеродосодержащих отходов . . . . .	81
2.5. Физика мощных импульсных разрядов метаамперного диапазона в сверхплотных средах, в сверхсильных электрических и магнитных полях и разработка мощных источников ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучения, импульсных генераторов плазмы с энергией 105–106 Дж . . . . .	89
2.6. Физические процессы при генерации низкотемпературной плазмы в плазмотронах переменного тока мощностью до 3,0 МВт при горении сильноточных дуг в дозвуковых и сверхзвуковых газовых потоках и приэлектродных явлениях; создание мощных генераторов низкотемпературной плазмы различного назначения – переработка органосодержащих материалов в интересах энергетики и плазмохимии . . . . .	95
2.7. Разработка и создание электромашинных маховичных накопителей энергии для стабилизации работы высоковольтных электрических сетей . . . . .	103
Глава 3. Развитие фундаментальных исследований в области материаловедения, механики, прочности. . . . .	109
3.1. Конструкционная прочность и механика разрушения . . . . .	111
3.2. Экстремальные состояния материалов и конструкций. Разрушение и структурные превращения в сплошных средах . . . . .	124
3.3. Конструкционные наноматериалы. . . . .	137
Глава 4. Перспективы развития фундаментальных исследований в области химии . . . . .	163
4.1. Анализ состояния и перспективных направлений развития химии и технологии неорганических материалов вида «адро-оболочка» на ближайшие 10–15 лет . . . . .	168

### РЕДКОЛЛЕГИЯ:

академик Ж.И. Алферов, академик И.В. Горынин,  
академик С.Г. Инге-Вечтомов, академик Н.Н. Казанский,  
академик Ю.В. Наточин, академик В.А. Румянцев,  
академик Ф.Г. Рутберг, академик Р.А. Сурис,  
член-корреспондент РАН Р.М. Юсупов, академик В.Я. Шевченко

### РЕДАКТОРЫ-СОСТАВИТЕЛИ:

д.т.н. О.В. Белый, к.б.н. Ю.Н. Бубличенко, д.э.н. Г.В. Двас,  
к.б.н. Л.А. Джаларидзе, к.и.н. Е.А. Иванова, к.т.н. В.С. Марков,  
д.ф.-м.н. И.А. Митропольский, к.х.н. Т.Ф. Пименова,  
к.ф.-м.н. Л.П. Романюк, к.т.н. С.М. Счисляев, к.х.н. Т.А. Цыганова

**П278 Перспективные направления развития науки в Петербурге /**  
Отв. ред. Ж.И. Алферов, О.В. Белый, Г.В. Двас, Е.А. Иванова. – СПб.: Изд-во  
ИП Пермяков С.А., 2015. – 543 с.

ISBN 978-5-9631-0333-3

УДК 378.4  
ББК 74.480.271.3

© Санкт-Петербургский научный центр РАН, 2015  
© Коллектив авторов, 2015



## 8.2. Эволюция механизмов регуляции сезонных циклов насекомых при биологических инвазиях и в ходе преднамеренной интродукции агентов биометода<sup>1</sup>

Параметры окружающей среды, к которой адаптированы все живые организмы, подвержены пространственно-временной изменчивости. Изменения во времени либо цикличны, либо относительно постепенны, а перемещения организмов в пространстве чреваты быстрыми и необратимыми изменениями среды. Последнее особенно часто наблюдается при случайном или преднамеренном расселении животных за пределы их естественных ареалов. Быстрая адаптация к новым условиям — практически обязательный атрибут как злостных инвайдеров, так и эффективных агентов биометода (полезных организмов, используемых для борьбы с вредителями и сорняками) [1–5]. Следует особо отметить, что как инвазивные виды, так и агенты биометода в последнее время привлекают особое внимание ученых и практиков: биологические инвазии представляют существовавшую угрозу естественному биоразнообразию и наносят огромный экономический ущерб [3, 6], а биологическая борьба с вредными (в том числе и с инвазивными) организмами — одна из основных альтернатив массовому применению пестицидов, вредных для здоровья людей и загрязняющих окружающую среду [3, 7–8]. К тому же и преднамеренные интродукции, и биологические инвазии, как «непреднамеренные эксперименты природы» [9] предоставляют уникальную возможность исследования микроэволюционных процессов в ходе приспособления к новым параметрам среды в естественных условиях.

Применительно к инвазивным видам эти исследования можно разбить на несколько направлений:

Поиск и инвентаризация инвазивных видов, выявление путей и источников инвазий, прогноз их дальнейшего развития [10–18].

Анализ объективных (естественных) и субъективных (политико-экономических) предпосылок и причин инвазий, изучение механизмов адаптации инвайдеров к новым условиям среды [1, 3, 10, 14, 15, 19–34].

Исследование взаимоотношений инвайдеров с автохтонными видами и естественных местообитаний и в зоне инвазии [4, 17, 22, 35–36].

Анализ всего спектра последствий инвазий: от влияния на естественное биоразнообразие до прямого и опосредованного экономического ущерба [1, 3, 6, 17, 34–40].

Поиск способов контроля численности инвазивных видов, ограничения и предотвращения инвазий [3, 4, 6, 7, 37, 41–43].

Исследования, посвященные потенциальным или уже применяемым агентам биометода, могут быть поделены на те же направления, с той

разницей, что в данном случае практической задачей является успешное внедрение интродукента в естественные или искусственные биоценозы и достижение максимально эффективного контроля численности «целевого» вредителя или сорняка при минимализации побочных эффектов, оказываемых на полезные или просто на автохтонные виды и сообщества.

**Эволюция механизмов регуляции сезонных циклов в ходе расселения насекомых: общие закономерности и конкретные примеры.** Один из существенных компонентов адаптации организмов к локальным условиям — согласование чередования периодов активности (роста, развития, размножения) и покоя (спячки, диапаузы) с сезонной динамикой климата. В частности, важную роль в сезонно-циклических адаптациях животных и растений играет фотопериодизм — зависимость роста, развития и размножения от длины светового дня, обеспечивающая «упреждающие реакции», например, подготовку к переживанию неблагоприятного периода, начинающуюся задолго до его наступления [44–47]. Соотношение между фотопериодом и температурой, осадками, наличием корма и другими жизненно важными факторами среды, естественно, зависит от специфики локального климата. Поэтому расселение за пределы исходного ареала требует соответствующих изменений фотопериодических реакций. Для этого существуют различные стратегии. Иногда популяции адаптированы только к локальному климату, а в случае их расселения происходят соответствующие быстрые микроэволюционные изменения [48–51]. Другой стратегией является поддержание высокой внутривидовой изменчивости, обеспечивающей выживание хотя бы части особей в широком спектре условий окружающей среды. Нередко тот же эффект достигается высокой фенотипической пластичностью: например, параметры фотопериодической реакции могут зависеть от диеты, температуры, влажности и т.п. [52–57].

Наиболее успешные инвайдеры нередко используют все три вышеупомянутые стратегии. Так, например, инвазивные популяции колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say различаются по критическому фотопериоду, который, как и у многих других насекомых, увеличивается с географической широтой, так как в более северных регионах похолодание начинается при большей длине дня. Кроме того, у колорадского жука отмечаются чрезвычайно высокая внутривидовая изменчивость сезонной циклики, обусловленная не только наследуемой изменчивостью, но и зависимостью параметров фотопериодической реакции от режима питания [52–54].

Аналогичный набор адаптаций отмечен и у другого представителя того же семейства, амброзиевого листопада *Zygogramma suturalis* F, интродуцированного из Америки для биологической борьбы с амброзией *Ambrosia*

<sup>1</sup> Раздел подготовлен д.б.н. С.Я. Резником.



*artemisiifolia* L., наиболее вредоносным из отмеченных в России инвазивных сорняков [55–57].

У хищной кокцинеллиды *H. axyridis*, использовавшейся для биологической борьбы с вредными насекомыми с начала прошлого века, но несколько десятилетий назад начавшей проникать в естественные биоценозы, вытесняя автохтонных афидофагов более чем в 40 странах Европы, Америки и Африки [5, 15, 16, 27], а недавно обнаруженной и на территории России [18], изменений пороговой длины дня в ходе инвазии в различные климатические зоны пока не наблюдается, зато отмечены пластичность и ослабление фотопериодической реакции с соответствующим увеличением роли трофической регуляции диапаузы [31].

Луговой мотылек *Loxostege sticticalis* L., строго говоря, не является инвазивным видом, но и ему также свойственна дальние миграции и исключительно высокая пространственно-временная динамика плотности популяций. Вспышки массового размножения этого насекомого в различных агроценозах Российской Федерации могут охватывать площади в несколько миллионов гектаров, хотя стабильные популяции отмечены только в условиях сухих степей. Основным способом ухода значительной фракции особей лугового мотылька от неблагоприятных условий среды в различных климатических зонах, по-видимому, является облигатная (не зависящая от длины дня) диапауза, длящаяся от середины лета до весны [19, 58–61].

**Краткий обзор отечественных исследований, посвященных механизмам регуляции сезонных циклов насекомых.** В Лаборатории экспериментальной энтомологии и теоретических основ биометода Зоологического института РАН исследования по экофизиологии и экогенетике насекомых проводятся на протяжении более чем 50 лет [46] и объектами этих исследований нередко становились как злостные инвайдеры, например, городской комар *Culex pipiens molestus* Forskal [62–63], так и агенты биометода, например, амброзиевый листоед *Z. suturalis* [4, 55–57] или паразитонаездяйцеды рода *Trichogramma* Westw. [64]. В настоящее время в лаборатории продолжается изучение механизмов индукции диапаузы у трихограмм [65–66] и начато сравнительное исследование регуляции сезонных циклов у автохтонных и инвазивных видов и популяций коровок рода *Harmotia*, показавшее, что специфика фотопериодической реакции, вероятно, является одной из предпосылок стремительной и широкомасштабной инвазии этого насекомого [31, 67].

Исследования по экологии и генетике инвазивных видов насекомых проводятся и во Всероссийском НИИ защиты растений (ВИЗР). Выше уже были упомянуты работы по межпопуляционной изменчивости регуляции сезонных циклов коровки *H. axyridis* [31, 67] и лугового мотылька *L. sticticalis* [60–61], проведенные в сотрудничестве с Лабораторией экспери-

ментальной энтомологии ЗИН РАН. Кроме того, в ВИЗР много лет ведутся исследования меж- и внутривидовой изменчивости колорадского жука *L. decemlineata*, фенетический полиморфизм которого не только обнаружил четкую географическую специфику, но и коррелирует с чувствительностью к инсектицидам и с кормовой специализацией изучаемых популяций [68].

Экологическую генетику колорадского жука изучают и сотрудники Института биохимии и генетики УНЦ РАН: ими проведен генетический, фенетический и токсикологический анализ популяционной структуры этого инвайдера на территории Республики Башкортостан, при этом показано, что морфотипы имаго различаются по физиолого-биохимическим характеристикам и по частотам встречаемости мутаций, обеспечивающих устойчивость к инсектицидам и энтомотогенным грибам [69–70].

Разносторонние исследования в области экофизиологии насекомых, много лет проводящиеся на Кафедре энтомологии СПбГУ, также традиционно включали анализ внутривидовой изменчивости параметров роста и развития разных видов насекомых [19, 44–45, 47], в том числе и колорадского жука [52]. В настоящее время исследования внутривидовой изменчивости температурных и фотопериодических норм развития насекомых продолжаются на нескольких модельных видах насекомых [71].

**Перспективы продолжения исследований.** Как видно из вышеизложенного, большая часть проведенных в России исследований, посвященных механизмам регуляции сезонных циклов насекомых-инвайдеров и полезных насекомых, используемых для биологического контроля вредителей и сорняков, была осуществлена в Зоологическом институте РАН, Санкт-Петербургском Государственном университете и Всероссийском институте защиты растений. Очевидно, сотрудничество специалистов из этих расположенных в Санкт-Петербурге научных центров – наиболее перспективная форма продолжения исследований.

В качестве одного из перспективных направлений исследований можно выделить изучение эколого-генетических механизмов адаптации инвазивных и интродуцентов к новым условиям среды. При этом исследования должны включать не только анализ текущей ситуации, но и рассмотрение хода предшествующей эволюции таксона с целью выявления предпосылок злостной инвазии или эффективного биологического контроля.

Что же касается методического аспекта исследований, то перспективным представляется осуществление междисциплинарных проектов, то есть (1) сочетание эколого-физиологических исследований с эколого-генетическими, экологическим моделированием и молекулярно-генетическими методами и (2) сочетание полевых исследований, позволяющих оценить динамику популяции в естественных условиях и охватить всю совокупность экологических



взаимосвязей исследуемого вида, с лабораторными экспериментами, направленными на изучение адаптаций к отдельным факторам и выявление молекулярно-генетических механизмов исследуемых процессов.

#### Литература:

1. Ehler L.E. Invasion Biology and Biological Control / L.E. Ehler // Biological Control. – 1998. – V. 13. – № 2. – P. 127–133.
2. Invasion theory and biological control / W.F. Fagan, M.A. Lewis, M.G. Neubert, P. Van Den Driessche // Ecology Letters. – 2002. – V. 5. – № 1. – P. 148–157.
3. Зайцев В.Ф. Биометод и биоразнообразие: два взгляда на проблему инвазий / В.Ф. Зайцев, С.Я. Резник // Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / под ред. А.Ф. Алимов, Н.Г. Богущая – М.: КМК, 2004. – С. 44–53.
4. Резник С.Я. Интродукция амброзиевого листа *Zygogramma suturalis* (Coleoptera, Chrysomelidae) как модель инвазионного процесса / С.Я. Резник // Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / под ред. А.Ф. Алимов, Н.Г. Богущая – М.: КМК, 2004. – С. 340–346.
5. Roy H. From biological control to invasion: the ladybird *Harmonia axyridis* as a model species / H. Roy, E. Wainberg // BioControl. – 2008. – V. 53. – P. 1–4.
6. Simberloff D. Biological invasions: What's worth fighting and what can be won? / D. Simberloff // Ecological Engineering. – 2014. – V. 65. – P. 112–121.
7. Ижевский С.С. Итоги интродукции в СССР энтомофагов вредных растительно-ядных насекомых / С.С. Ижевский // Энтомологическое обозрение. – 1988. – Т. 67. – № 3. – С. 449–456.
8. Howarth F.G. Environmental impact of classical biological control / F.G. Howarth // Ann. Rev. Entomol. – 1991. – V. 36. – P. 485–509.
9. Ecological genetics of invasive alien species / L.J.L. Handley, A. Estoup, D.M. Evans [et al] // BioControl. – 2011. – V. 56. – № 4. – P. 409–428.
10. Williamson, M. Explaining and predicting the success of invading species at different stages of invasion / M. Williamson // Biological Invasions. – 2006. – V. 8. – № 7. – P. 1561–1568.
11. Kühn I. From ecosystem invasibility to local, regional and global patterns of invasive species / I. Kühn, S. Klotz // Biological Invasions. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2007. – P. 181–196.
12. Nentwig W. Pathways in animal invasions / W. Nentwig // Biological Invasions. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2007. – P. 11–27.
13. Pimentel D. Plant, animal, and microbe invasive species in the United States and world / D. Pimentel, M. Pimentel, A. Wilson // Biological Invasions. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2007. – P. 315–330.
14. Whitney K.D. Rapid evolution in introduced species: 'invasive traits' and recipient communities: challenges for predicting invasive potential / K.D. Whitney, C.A. Gabler // Diversity and Distributions. – 2008. – V. 14. – № 4. – P. 569–580.
15. Bridgehead effect in the worldwide invasion of the biocontrol harlequin ladybird / E. Lombaert, T. Guillemaud, J.M. Cornuet [et al] // PLoS ONE. – 2010. – V. 5. – № 3. – C. e9743.
16. The global spread of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae): distribution, dispersal and routes of invasion / P.M.J. Brown, C.E. Thomas, E. Lombaert [et al] // BioControl. – 2011. – V. 56. – № 4. – P. 623–641.
17. Alien arthropod predators and parasitoids: an ecological approach / H.E. Roy, P. De Clercq, L.J.L. Handley [et al] // BioControl. – 2011. – V. 56. – № 4. – P. 375–382.
18. Belyakova N.A. First record of the harlequin ladybird, *Harmonia axyridis*, in the Caucasus / N.A. Belyakova, S.Ya. Reznik // Eur. J. Entomol. – 2013. – V. 110. – № 4. – P. 699–702.

19. Саулич А.Х. Сезонное развитие насекомых и возможности их расселения / А.Х. Саулич. – СПб: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1999. – 248 с.
20. Lee C.E. Evolutionary genetics of invasive species / C.E. Lee. // Trends in Ecology & Evolution. – 2002. – V. 17. – № 8. – P. 386–391.
21. Fitzpatrick M.C. Ecological niche models and the geography of biological invasions: a review and a novel application / M.C. Fitzpatrick, J.F. Weltzin // Invasive plants: ecological and agricultural aspects – Basel: Birkhäuser, 2005. – P. 45–60.
22. Hierro J.L. A biogeographical approach to plant invasions: the importance of studying exotics in their introduced and native range / J.L. Hierro, J.L. Maron, R.M. Callaway // Callaway Journal of Ecology. – 2005. – V. 93. – № 1. – P. 5–15.
23. Glichter G.W. All stressed out and nowhere to go: does evolvability limit adaptation in invasive species? / G.W. Glichter, C.E. Lee // Genetics. – 2007. – V. 129. – № 2. – P. 127–132.
24. Quantitative genetic approach for assessing invasiveness: geographic and genetic variation in life-history traits / S. Boman, A. Grapputo, L. Lindström [et al] // Biological Invasions. – 2008. – V. 10. – № 7. – P. 1135–1145.
25. Franks S.J. The genetic consequences of a demographic bottleneck in an introduced biological control insect / S.J. Franks, P.D. Pratt, N.D. Tsutsui // Conservation Genetics. – 2011. – V. 12. – № 1. – P. 201–211.
26. Bean D.W. Evolution of critical day length for diapause induction enables range expansion of *Diorhabda carinulata*, a biological control agent against tamarisk (*Tamarix spp.*) / D.W. Bean, P. Dalin, T.L. Dudley // Evol. Appl. – 2012. – V. 5. – P. 511–523.
27. Sloggett J.J. *Harmonia axyridis* invasions: Deducing evolutionary causes and consequences / J.J. Sloggett // Entomol. Sci. – 2012. – V. 15. – P. 261–273.
28. Su N.Y. How to become a successful invader / N.Y. Su // Florida Entomol. – 2013. – V. 96. – P. 765–769.
29. Forsman A. Effects of genotypic and phenotypic variation on establishment are important for conservation, invasion, and infection biology / A. Forsman // Proc. Nat. Acad. Sci. – 2014. – V. 111. – P. 302–307.
30. Moran E.V. Evolutionary responses to global change: lessons from invasive species / E.V. Moran, J.M. Alexander // Ecology Letters. – 2014. – T. 17. – № 5. – C. 637–649.
31. Weak photoperiodic response facilitates the biological invasion of the harlequin ladybird *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) / S.Y. Reznik, M.Y. Dolgovskaya, A.N. Ovchinnikov, N.A. Belyakova // Journal of Applied Entomology. – 2014. DOI: 10.1111/jen.12158
32. Schilthuisen M. Contemporary climate change and terrestrial invertebrates: evolutionary versus plastic changes / M. Schilthuisen, V. Kellermann // Evol. Appl. – 2014. – V. 7. – № 1. – P. 56–67.
33. High genetic variance in life-history strategies within invasive populations by way of multiple introductions / B. Facon, J.P. Pointier, P. Jarne [et al] // Current Biol. – 2008. – V. 18. – P. 363–367.
34. Suarez A.V. The evolutionary consequences of biological invasions / A.V. Suarez, N.D. Tsutsui // Molecular Ecology. – 2008. – V. 17. – № 1. – P. 351–360.
35. Liebhold A.M. Population ecology of insect invasions and their management / A.M. Liebhold, P.C. Tobin // Annu. Rev. Entomol. – 2008. – V. 53. – P. 387–408.
36. Ecological effects of invasive alien insects / M. Kenis, M.A. Auger-Rozenberg, A. Roques [et al] // Ecological Impacts of Non-Native Invertebrates and Fungi on Terrestrial Ecosystems. – Netherlands: Springer, 2009. – P. 21–45.
37. Harris P. Classical biocontrol of weeds: its definition, selection of effective agents, and administrative-political problems / P. Harris // Canad. Entomol. – 1991. – V. 123. – № 4. – P. 827–849.



57. Резник С.Я. Плотность популяции и характер произрастания кормового растения как факторы, лимитирующие ареал амброзиевого листопада *Zygogramma suturalis* F. (Coleoptera, Chrysomelidae) / С.Я. Резник // Энтомологическое обозрение. – 2011. – Т. 90. – № 1. – С. 17–27.
58. Саулич А.Х. Фотопериодический контроль развития лугового мотылька (*Loxostege sticticalis*) в природных условиях / А.Х. Саулич, Т.А. Волкович, Н.И. Горышин // Зоол. журн. – 1983. – Т. 62. – № 11. – С. 1663–1675.
59. Луговой мотылек: цикличность многолетней динамики численности / А.Н. Фролов, М.И. Саулич, Ю.М. Малыш, Ю.С. Токарев // Защита и карантин растений. – 2010. – № 2. – С. 49–53.
60. Фотопериодическая реакция популяций лугового мотылька *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera, Pyraloidea: Crambidae) из восточных и западных частей ареала вредителя в Евразии / Ю.Б. Аханаев, М.Н. Берим, Синьфу Дзян [и др.] // Энтомологическое обозрение. – 2013. – Т. 92. – № 2. – С. 234–240.
61. О термотолерантности диапаузирующих пронимф лугового мотылька *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera, Pyraloidea: Crambidae) / Ю.Б. Аханаев, М.Н. Берим, С.Я. Резник [и др.] // Энтомологическое обозрение. – 2014. – Т. 93. – № 2. – С. 249–255.
62. Vinogradova E.B. Mosquitoes *Culex pipiens pipiens*: taxonomy, distribution, ecology, physiology, genetics and control / E.B. Vinogradova. – Sofia: PenSoft, 2000. – 280 p.
63. Vinogradova E.B. A study of the distribution of the *Culex pipiens* complex (Diptera: Culicidae) mosquitoes in the European part of Russia by molecular methods of identification / E.B. Vinogradova, E.V. Shaikovich, A.V. Ivanitsky // Comparative Cytogenetics. – 2007. – V. 1. – № 2 – P. 129–138.
64. Резник С.Я. Экологические и эволюционные аспекты фототермической регуляции диапаузы у трихограмм / С.Я. Резник // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2011. – Т. 47. – № 6. – С. 434–443.
65. Reznik S.Ya. Multigenerational maternal effect on diapause induction in *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae) / S.Ya. Reznik, N.P. Vaghina, N.D. Voinovich // Bioson. Sci. Techn. – 2012. – V. 22. – № 4. – P. 429–445.
66. Войнович Н.Д. Изменчивость «спонтанной» динамики тенденции к диапаузе в ряду поколений *Trichogramma telengai* Sor. / Н.Д. Войнович, С.Я. Резник, Н.П. Вагина // Энтомологическое обозрение. – 2013. – Т. 92. – № 3. – С. 465–479.
67. Резник С.Я. Влияние фотопериода на развитие и созревание особей из европейской инвазивной популяции *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera, Coccinellidae) / С.Я. Резник, Н.А. Белякова // Труды РГО. – 2013. – Т. 84. – № 2. – С. 107–113.
68. Фасулати С.Р. Полиморфизм, экологические группировки и микроволонция колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) / С.Р. Фасулати // Вид и его продуктивность в ареале. СПб, 1993. С. 260–262.
69. Бенковская Г.В. Генетическая основа и фенотипические проявления резистентности колорадского жука к фосфорорганическим инсектицидам / Г.В. Бенковская, М.Б. Удалов, Э.К. Хуснутдинова // Генетика. – 2008. – Т. 44. – № 5. – С. 638–644.
70. Удалов М.Б. Популяционная генетика колорадского жука: от геномита до фенотипа / М.Б. Удалов, Г.В. Бенковская // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2011. – Т. 15. – № 1. – С. 156–172.
71. Кипятков В.Е. Внутривидовая изменчивость температурных норм развития у насекомых: новые подходы и перспективы / В.Е. Кипятков, Е.Б. Лопатина // Энтомологическое обозрение. – 2010. – Т. 89. – № 1. – С. 33–61.

38. Socio-economic impact and assessment of biological invasions / R. Bimimelis, W. Born, I. Monteroso, B. Rodriguez-Labajos // Biological invasions. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2007. – P. 331–347.
39. Touza J. Economic analysis of invasive species policies / J. Touza, K. Dehnen-Schmutz, G. Jones // Biological invasions. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2007. – P. 353–366.
40. Scalera R. How much is Europe spending on invasive alien species? / R. Scalera // Biological invasions. – 2010. – V. 12. – № 1. – P. 173–177.
41. Harris P. Effects, constraints and the future of weed biocontrol / P. Harris // Agriculture, Ecosystems and Environment. – 1993. – V. 46. – № 1–4. – P. 289–303.
42. McFadyen R.E.C. Biological control of weeds / R.E.C. McFadyen // Ann. Rev. Entomol. – 1998. – V. 43. – P. 369–393.
43. Darling J.A. Genetic studies of aquatic biological invasions: closing the gap between research and management / J.A. Darling // Biological Invasions. – Springer, 2014. – P. 1–21. (doi:10.1007/s10530-014-0726-x)
44. Данилевский А.С. Фотопериодизм и сезонное развитие насекомых / А.С. Данилевский. – Л.: ЛГУ, 1961. – 243 с.
45. Тыщенко В.П. Физиология фотопериодизма насекомых / В.П. Тыщенко. – Л.: Наука, 1977. – 155с.
46. Заславский В.А. Фотопериодический и температурный контроль развития насекомых / В.А. Заславский. – Л.: Наука, 1984. – 184 с.
47. Саулич А.Х. Экология фотопериодизма насекомых / А.Х. Саулич, Т.А. Волкович. – СПб: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. – 275 с.
48. Rapid adaptive evolution of photoperiodic response during invasion and range expansion across a climatic gradient / J. Urbanski, M. Mogi, D. O'Donnell [et al] // Amer. Natur. – 2012. – V. 179. – P. 490–500.
49. Tanaka K. Rapid evolution of an introduced insect *Ophraella communa* LeSage in new environments: temporal changes and geographical differences in photoperiodic response / K. Tanaka, K. Murata, A. Matsuura // Entomol. Sci. – 2014. DOI: 10.1111/ens.12087
50. Sadakiyo S. Rapid seasonal adaptation of an alien bruchid after introduction: geographic variation in life cycle synchronization and critical photoperiod for diapause induction / S. Sadakiyo, M. Ishihara // Entomol. Exp. Appl. – 2011. – V. 140. – P. 69–76.
51. Szűcs M. Post-introduction evolution in the biological control agent *Longitarsus jacobaeae* (Coleoptera: Chrysomelidae) / M. Szűcs, U. Schaffner, W.J. Price, M. Schwarzländer, // Evol. Appl. – 2012. – V. 5. – P. 858–868.
52. Сравнительно-экологическое изучение популяций колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera, Chrysomelae) из Европейской части СССР / Н.И. Горышин, Т.А. Волкович, А.Х. Саулич, Н.М. Шахова // Энтомологическое обозрение. – 1987. – Т. 66. – № 2. – С. 225–235.
53. Yocum G.D. Monitoring diapause development in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, under field conditions using molecular biomarkers / G.D. Yocum, J.P. Rinehart, M.L. Larson // J. Insect Physiol. – 2011. – V. 57. – P. 645–652.
54. Population dependent effects of photoperiod on diapause related physiological traits in an invasive beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) / P. Lehmann, A. Luutinen, T. Simisalo, L. Lindström // J. Insect Physiol. – 2012. – V. 58. – P. 1146–1158.
55. Виноградова Е.Б. Особенности сезонного развития амброзиевого полосатого листопада *Zygogramma suturalis* F. / Е.Б. Виноградова, Т.П. Богданова // Труды ЗИН АН СССР. – 1989. – Т. 189. – С. 62–75.
56. Reznik S.Ya. The effects of feeding damage in ragweed *Ambrosia artemisiifolia* (Asteraceae) on populations of *Zygogramma suturalis* (Coleoptera, Chrysomelidae) / S.Ya. Reznik // Oecologia. – 1991. – V. 88. – № 2. – P. 204–210.