

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени С. М. Кирова»

ИЗВЕСТИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ
АКАДЕМИИ

Выпуск 200

Издаются с 1886 года

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2012

Рассмотрен и рекомендован к изданию Ученым советом
Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова
(протокол № 4 от 22.05.12 г.)

Главный редактор

А. В. Селиховкин, доктор биологических наук, профессор

А. С. Алексеев, доктор географических наук, профессор (отв. редактор),

Редакционная коллегия

В. А. Александров, доктор технических наук, профессор,

С. М. Базаров, доктор технических наук, профессор,

Н. Белгасем, профессор Высшей школы бумажной и полиграфической промышленности (Франция),

Н. Вебер, заведующий кафедрой лесной экономики и лесного планирования,

профессор Дрезденского технического университета (Германия),

Х. Деглиз, профессор Международной академии наук о древесине (Франция),

И. П. Дейнеко, доктор химических наук, профессор,

Т. Карьялайнен, профессор Финского НИИ лесного хозяйства (Финляндия),

А. Н. Минаев, доктор технических наук, профессор,

В. И. Онегин, доктор технических наук, профессор,

В. А. Петрицкий, доктор философских наук, профессор,

В. Н. Петров, доктор экономических наук, профессор,

О. Саллас, профессор Шведского университета сельскохозяйственных наук (Швеция),

В. Г. Санаев, доктор технических наук, профессор, ректор МГУЛ,

В. А. Сулов, доктор технических наук, профессор, ректор СПбГТУРП,

Л. В. Уткин, доктор технических наук, профессор,

А. Н. Чубинский, доктор технических наук, профессор,

М. В. Маенко, кандидат технических наук, технический секретарь.

Адрес редакции: 194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5.

Тел.: (812) 670-93-90, *факс:* (812) 670-93-08. *E-mail:* lautner@mail.ru. *Сайт:* www.ftacademy.ru

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия Российской Федерации. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-23613 от 10.03.2006 г.

УДК 630

Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии: Вып. 200.
СПб.: СПбГЛТУ, 2012. – 310 с. ISBN 978-5-9239-0516-8, ISSN 2079-4304

Очередной выпуск «Известий СПбЛТА» представляет результаты текущих исследований по лесному хозяйству, вопросам экологии различных групп насекомых-дендрофагов и болезней леса. Сборник предназначен для работников лесного комплекса, преподавателей, аспирантов, студентов и выпускников лесотехнических, сельскохозяйственных и общебиологических вузов, сотрудников НИИ лесного профиля.

Темплан 2012 г. Изд. № 214.

ISBN 978-5-9239-0516-8

ISSN 2079-4304

© Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С.М. Кирова
(СПбГЛТУ), 2012

Дмитрий Леонидович Мусолин, кандидат биологических наук, доцент,
musolin@gmail.com, Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С.М. Кирова
и Санкт-Петербургский государственный университет

Аида Хаматовна Саулич, доктор биологических наук, профессор,
Санкт-Петербургский государственный университет

ВОЛЬТИНИЗМ НАСЕКОМЫХ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

**Насекомые, изменение климата, вольтинизм, фенология, сезонное развитие.
Insects, climate change, voltinism, phenology, seasonal development.**

Глобальное изменение климата в последние десятилетия подтверждается анализом многих физико-химических показателей внешней среды [1–4]. Реакции насекомых на изменение климата чрезвычайно разнообразны и иногда весьма неожиданны [5]. Накопленный к настоящему времени объем информации позволяет выделить несколько категорий таких реакций у насекомых. Они включают изменения ареалов, численности, фенологии, вольтинизма, морфологии, физиологии, поведения, особенностей во взаимоотношениях с другими видами и в структуре сообществ [5, 6]. Некоторые из этих реакций подтверждены многолетними рядами наблюдений, другие – лишь отдельными фактами или моделями. Чаще других встречаются публикации, касающиеся изменения ареалов и фенологии отдельных видов, поскольку эти категории реакций являются наиболее легко регистрируемыми и, вероятно, наименее противоречивыми индикаторами ответа на происходящие в природе изменения [7–9]. Краткий обзор материала на эту тему приведен в предыдущих публикациях авторов [10–12]. В данной статье рассмотрены имеющиеся в литературе сведения, которые позволяют проанализировать влияние потепления климата на вольтинизм насекомых.

Кажется логичным предположить, что если потепление климата приводит к более раннему возобновлению сезонного развития весной, ускоренному развитию в течение лета, более позднему прекращению активности осенью и уходу на зимовку, то, по крайней мере, некоторые виды с факультативной диапаузой и поливольтинным сезонным циклом могли бы увеличить количество ежегодных поколений. В первую очередь это должно быть справедливо для видов, у которых в прохладные годы реализуется только одно поколение, а в теплые – часть популяции образует дополнительное поколение (так называемое неполное второе поколение). Это возможно, если в обычные годы суммы эффективного тепла

хватает для дополнительного поколения только у наиболее ранних и/или быстро развивающихся особей. Иными словами, у видов с факультативной диапаузой, вольтинизм локальных популяций которых ограничен температурными условиями, переход к бивольтинному развитию обычно моновольтинных популяций свидетельствует о том, что эти популяции в более теплых условиях смогут периодически или постоянно давать второе поколение.

Реализация подобного предположения в экспериментальных условиях была подтверждена у нескольких видов.

У клопа солдатака *Pyrrhocoris apterus* (Heteroptera, Pyrrhocoridae) в Белгородской области (50°38' с. ш.; 35°58' в. д.) большая часть популяции обычно развивается по моновольтинному типу. Второе поколение образуют лишь те особи, которые окрыляются до середины июля. Экспериментально показано, что их физиологическое состояние (активное развитие или диапауза) определяется фотопериодическими и температурными условиями в период развития личинок старшего возраста и имаго [13]. В случае потепления климата доля бивольтинной фракции увеличится за счет ускоренного развития личинок и сдвига чувствительного к длине дня периода в развитии личинок на более ранние сроки. Это вызовет бездиапаузное развитие подавляющего большинства особей первого поколения и, как следствие, появление более массового или даже полного второго поколения [13].

Аналогичная ситуация была показана и в полевых экспериментах с щитником *Graphosoma lineatum* (Heteroptera, Pentatomidae) [14]. В условиях Белгородской области этот вид обычно дает одно поколение: самки перезимовавшего поколения приступают к яйцекладке в начале июня, и окрылившиеся в июле имаго формируют диапаузу (рис. 1; нижняя панель, серии 1995 г.). Когда же в полевом эксперименте окрыление имаго было искусственно сдвинуто с июля на май–июнь, оказалось, что около 70 % имаго приступают к размножению (рис. 1; верхняя панель, серии 1996 г.). На рис. 1 каждая гистограмма представляет отдельную экспериментальную серию. Символ кладки со стрелкой показывает момент отрождения личинок из яиц в сериях 1995 г. Гистограммы показывают физиологическое состояние самок (диапауза – темные части столбцов, репродуктивно активные – белые части столбцов); звездочки – начало яйцекладки в сериях 1996 г. Верхняя панель показывает внешние условия – среднюю температуру за пятидневные периоды и длину дня с учетом половины гражданских сумерек. Эти результаты подтверждают возможность того, что, как минимум, часть популяции *G. lineatum* может развиваться в двух поколениях в лесостепной зоне в особенно теплые годы или в условиях дальнейшего потепления климата [14]. Раннее начало постдиапаузного развития в мае–июне в условиях длинного (и удлиняющегося) светового дня будет стимулировать бездиапаузное развитие. Удлинение сезона благоприятных температур также будет способствовать бивольтинизму.

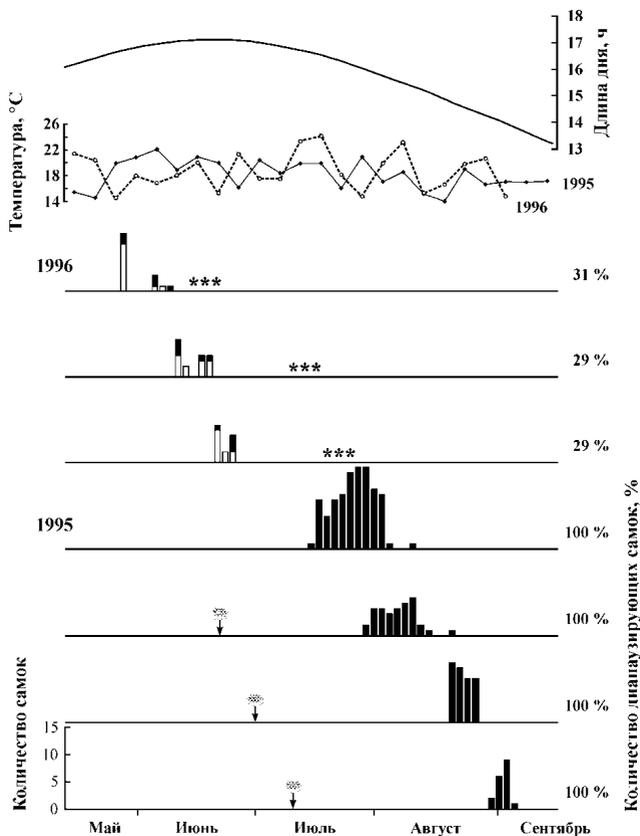


Рис. 1. Индукция диапаузы у самок щитника *Graphosoma lineatum* в квази-природных условиях в Белгородской области [по: 14]

Подобная ситуация смоделирована для короеда-типографа *Ips typographus* (Coleoptera, Curculionidae) в Скандинавии. Сейчас этот вид в Швеции почти всегда развивается только в одном поколении, но потепление климата, как показывают расчеты, к концу XXI века приведет к существенным изменениям в фенологии и сезонной динамике типографа – значительно увеличится вероятность второго периода лета (у первой генерации) и вероятность полного развития второй генерации в сезоне. В результате «граница бивольтинизма» у *I. typographus* сдвинется примерно на 600 км к северу, и ожидается, что этот вид в регионе к 2100-му году будет почти всегда давать два полных поколения [15–17].

В зонах с двумя полными и частичным третьим поколением в новых условиях возможен переход некоторых видов от преимущественно бивольтинного к тривольтиному циклу. Вероятность такого развития событий показана, например, для капустной белянки *Pieris brassicae* (Lepidoptera, Pieridae) [18].

Согласно этой же логике, была разработана модель, на основе которой с учетом средних значений нижнего температурного порога и температурной константы (суммы эффективных температур) более, чем 400 видов насекомых, клещей и нематод, определили количество дополнительных поколений у беспозвоночных при потеплении климата [19–21]. Эти (во многом упрощенные) расчеты показывают, что повышение температуры на 1 °С позволит дать дополнительное полное поколение только трипсам, перепончатокрылым и клещам, и два поколения – тлям, тогда как у большинства других групп рассмотренных насекомых и нематод количество завершенных поколений останется прежним (рис. 2, а). При повышении температуры на 2 °С полное дополнительное поколение будут давать чешуекрылые, полужесткокрылые, равнокрылые (за исключением тлей) и нематоды. В среднем два ежегодных дополнительных поколения будут давать в этих условиях двукрылые и перепончатокрылые, три – трипсы и клещи, четыре – тли (рис. 2, б).

Смоделировать изменение количества ежегодных поколений как эффект потепления климата на основе экспериментально определенных температурных норм развития насекомых проще, чем обнаружить реальное изменение вольтинизма у конкретной популяции в природных условиях. Однако сравнительный анализ данных показал, что вольтинизм некоторых видов все же меняется. Так, дополнительная полная генерация в последние годы зафиксирована у листовертки *Lobesia botrana* (Lepidoptera, Tortricidae) в Испании [22]. Кроме того, данные о динамике и фенологии лета 263 видов чешуекрылых центральной Европы с середины XIX века по настоящее время показывают, что частота завершения дополнительного поколения у значительной части поливольтинных видов возросла, а 44 вида вообще увеличили количество ежегодных поколений в период с 1980 г. [23].

Несомненно, изменение вольтинизма связано с изменением реакций, регулирующих сезонные явления, и в частности такие, как формирование диапаузы, сезонный полифенизм, скорость роста и т. д. [4, 5, 12].

Детальный анализ влияния изменений климата на параметры фотопериодической реакции (ФПР) проведен на материалах по изучению сезонного развития разных географических популяций комара *Wyeomyia smithii* (Diptera, Culicidae) в Северной Америке. ФПР у многих популяций этого вида очень точно определяли с 1972 г. по 1996 г. Сравнение порогов ФПР между 1972 г. и 1996 г. оказалось возможным для семи популяций и показало, что во всех семи случаях значение порогов, определенных в 1996 г., оказалось ниже, чем в 1972 г. Средняя разница в парах составила $14,8 \pm 4,4$ мин (статистически значимая разница) [24]. Кроме того, для каждой популяции была определена ее широта,

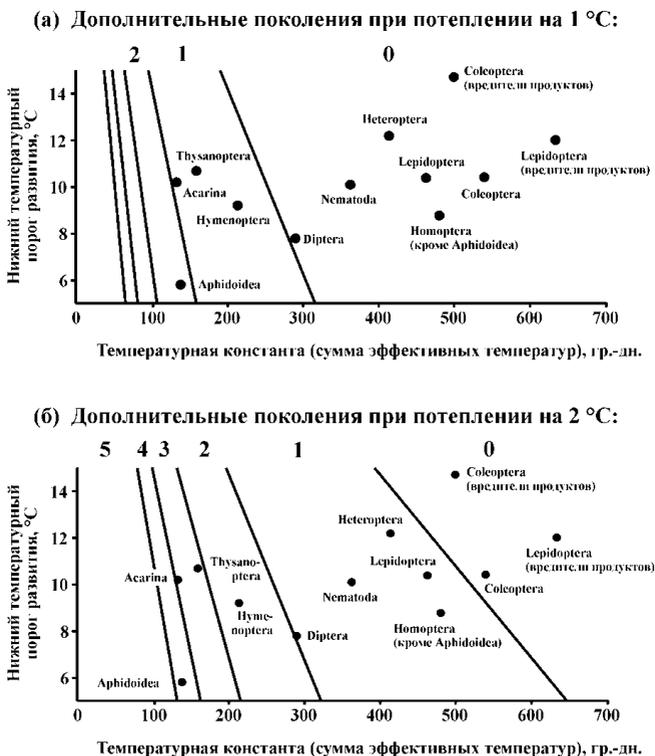


Рис. 2. Влияние потепления климата на вольтицизм беспозвоночных [по: 19]

Цифры над графиками указывают расчетное количество дополнительных ежегодных поколений, которое могут иметь представители разных групп насекомых, клещей и нематод при потеплении климата, соответственно, на 1 (а) и 2 °С (б).

Группы вредителей продуктовых запасов выделены отдельно

скорректированная на высотность (altitude-corrected latitude), определена зависимость порога ФПР от географической широты популяции и проведен ковариационный анализ. Он показал, что линия географического тренда более поздних порогов ФПР (1996 г.) имеют более острый угол наклона, чем линия более ранних порогов ФПР (1972 г.), что свидетельствует о том, что сдвиг к более коротким («южным») порогам со временем усилился больше в северных широтах. У популяции, обитающей на широте 50° с. ш. критический порог понизился с 15 ч 47 мин (в 1972 г.) до 15 ч 11 мин (в 1996 г.), что соответствует девятидневной задержке в формировании диапаузы осенью. На основе этих экспериментов, выполненных в идентичных и строго контролируемых условиях, сделан

вывод о том, что наследственно закрепленные изменения параметров ФПР являются следствием изменения климата, и изменения такого уровня могут происходить очень быстро (уже через пять лет) [24, 25]. Подчеркивается, что все известные к настоящему времени генетические изменения в ответ на текущее потепление климата отражают селекцию, связанную с оптимизацией времени наступления тех или иных сезонных событий (таких фенофаз как возобновления активности, сезонного покоя и т. п.) и ни в одном случае не было показано, что генетические изменения затрагивают температурные оптимумы или устойчивость к высоким температурам [25].

Сравнение фенологических данных и таких эко-физиологических параметров как порог ФПР индукции диапаузы, степень развития летательной мускулатуры, готовность к миграции, степень развития репродуктивных органов было проведено у водомерки *Aquarius paludum* (Heteroptera, Gerridae) в Японии. Оказалось, что за период с 1995–1997 по 2007 г. многие из этих параметров изменились [26]. Регистрация личинок в природе поздней осенью и снижение доли диапаузирующих имаго в лабораторных короткодневных условиях говорит о том, что период репродукции данного вида в регионе стал значительно длиннее, и у некоторой части популяции яйцекладка теперь возможна даже зимой. Сезонная динамика структуры популяции свидетельствует о том, что, возможно, изменился и вольтинизм: вместо трех поколений, как это было в 1991 г., теперь ежегодно реализуется четыре или даже более поколений. При этом некоторые особи, возможно, проводят часть летнего сезона в эстивации, чего ранее замечено не было [26].

Убедительные данные с анализом физиологических реакций, контролирующих сезонный цикл американской белой бабочки *Hypanthria cunea* (Lepidoptera, Arctiidae), были получены в Японии, куда она была случайно завезена в 1945 г. и впервые обнаружена в окрестностях Токио (35,7° с. ш.) [27]. Позже этот вид быстро распространился на юг до 32° с. ш. и на север до 40° с. ш. На всей этой территории американская белая бабочка давала два поколения в год. За летний сезон в Токио набирается около 2300 гр.-дн. выше 10 °С. Это количество тепла превышает сумму эффективных температур (СЭТ), необходимую для двух поколений этого вида [28], однако индукция диапаузы у куколок второго поколения останавливает дальнейшее активное развитие популяции.

Такая ситуация сохранялась на Японских о-вах многие годы, но в середине 1970-х гг. на юге Японии были обнаружены две популяции *H. cunea*, часть особей в которых завершала три поколения за сезон. Позже тривольтинный сезонный цикл стал обычным для популяций, заселяющих юго-западную часть Японии. В северной части ареала цикл остался бивольтинным. Граница между этими зонами проходит примерно по 36-й параллели [29].

Произошли ли у *H. cunea* какие-то изменения в системе сезонно-циклических реакций, позволившие виду перейти от бивольтинного к тривольтинному циклу на юге Японии, или это только следствие более длинного сезона благоприятных температур на юге и воздействие изменения климата? Если предположить, что преобразования эко-физиологических реакций действительно идут, то в первую очередь должны были быть затронуты параметры температурных и фотопериодических реакций, так как непосредственно они определяют характер сезонного цикла в целом. По мнению большинства исследователей, температурные нормы развития в обобщенном виде включают такие взаимосвязанные понятия как нижний температурный порог развития (НТП), скорость развития и СЭТ, необходимую для завершения всего жизненного цикла или отдельного его этапа [5, 19].

Для того, чтобы выяснить, какие именно элементы эко-физиологических реакций способствовали изменению вольтинизма, в Японии в сравнительном плане были исследованы свойства северной бивольтинной популяции из Акиты (39,4° с. ш.) и южной тривольтинной из Уравы (35,4° с. ш.) [30]. Оказалось, что НТП для всех стадий развития *H. cunea* южной и северной популяций различался мало, но СЭТ, необходимая для завершения развития гусениц северной популяции, была больше, чем южной (436,7 и 410,0 гр.-дн., соответственно). Обе популяции были смешанными в отношении особей с разным числом гусеничных возрастов: часть гусениц в своем развитии проходила шесть возрастов (I тип), другая – семь (II тип). Однако в северной популяции гусеницы с семью возрастными составляли 14,5 %, а в южной таких гусениц было значительно меньше – только 3,4 %. В обеих популяциях особи I типа развивались одинаково быстро, а особи II типа развивались дольше и в шестом, и в седьмом возрастах. Таким образом, одним из механизмов перехода американской белой бабочки к тривольтинному циклу на юго-западе Японии Т. Гоми [30, 31] считает сокращение продолжительности развития гусениц в VI и VII возрастах в совокупности с уменьшением доли гусениц II типа (с семью возрастными). В целом это приводит к сокращению всего преимагинального развития и создает преимущества для завершения трех поколений за вегетационный сезон.

У популяций, перешедших к тривольтинному сезонному циклу, изменились и параметры ФПР. Для того, чтобы оценить степень ее изменчивости, сравнили фотопериодические кривые у одной и той же популяцию из Фукуи (Япония, 36° с. ш.), но полученные с некоторым временным интервалом – семь лет (при температуре 25 °С) и 14 лет (при 20 °С). Оказалось, что даже за столь непродолжительный отрезок времени параметры реакции претерпели заметные изменения (рис. 3): критический фотопериод при обеих температурах уменьшился на 15 мин, а количество диапаузирующих куколок в коротком дне 14 ч в некоторых режимах сократилось с 96,0 до 12,5 %, подтверждая снижение склонности к формированию диапаузы [31].

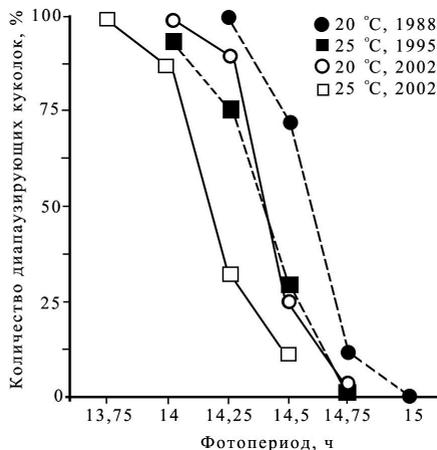


Рис. 3. Изменение параметров фотопериодической реакции американской белой бабочки *Hyphantria cunea* по результатам исследований разных лет [по: 31]

Сплошные линии – результаты 2002 г.,
пунктирные – 1988 (при 20 °C) и 1995 г. (при 25 °C)

При исследовании параметров ФПР 13 географических популяций из разных точек на Японских о-вах от 32 до 40° с. ш. обнаружилась четкая корреляция между широтой обитания популяции и критическим фотопериодом. Северные бивольтинные популяции имели более высокое значение порога ФПР, чем южные тривольтинные популяции [32]. В переходной зоне (36° с. ш.) обитают смешанные популяции, которые имеют промежуточное значение критического фотопериода и в зависимости от погодных условий года могут давать два или три поколения в год.

Изменились ли температурные нормы развития под влиянием длины дня при переходе популяции к тривольтинному циклу? Да, скорость развития гусениц возросла в длиннодневных условиях (рис. 4), но осталась постоянной в короткодневных условиях, в которых формируется диапауза [29].

Несомненно, во всех случаях определяющее значение имеют изменения, происходящие в окружающей среде. Так, по данным Японской Метеорологической Ассоциации за период с 1975 по 2005 г., СЭТ выше 10,6 °C (НТП развития американской белой бабочки) возросла с 2032 до 2259 гр.-дн. (рис. 5).

Таким образом, обнаружено, что под влиянием потепления климата на Японских о-вах медленно, но закономерно идет эколого-географическая дифференциация популяций американской белой бабочки как по температурным нормам развития, так и по параметрам ФПР. СЭТ для завершения одного поколения

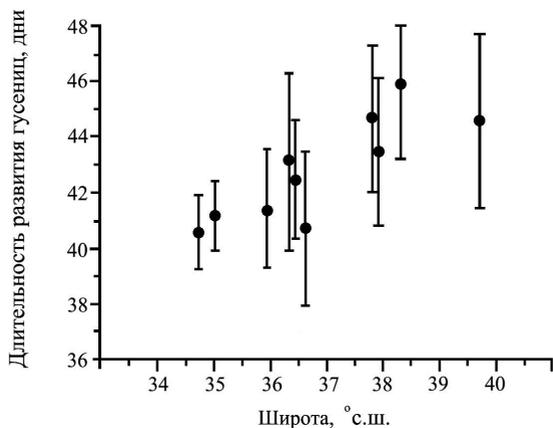


Рис. 4. Географическая изменчивость длительности развития гусениц (среднее \pm SD) американской белой бабочки *Hyphantria cunea* в 20 °C и длине дня 16 ч света в сутки [по: 29]

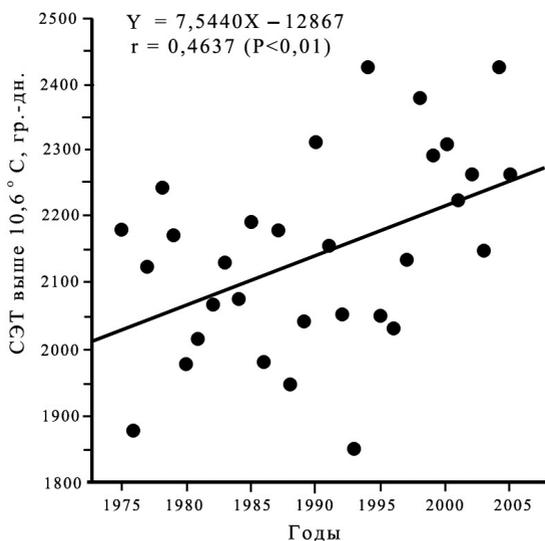


Рис. 5. Годовая сумма эффективных температур (СЭТ) выше нижнего температурного порога развития американской белой бабочки *Hyphantria cunea* (10,6 °C) в Фукуи, Япония [по: 31]

у популяции, перешедшей к тривольтинному циклу, уменьшилась до 725 гр.-дн. Взросшие температурные ресурсы местности и сократившаяся видовая температурная константа в сумме обеспечивают завершение трех поколений даже в еще недавно переходной зоне, где вид мог развиваться как в двух, так и в трех поколениях. Поскольку параметры ФПР также претерпели некоторые изменения (см. рис. 3), то длина дня не препятствует активному развитию куколок второго поколения. В результате этого американская белая бабочка перешла от бивольтинного цикла к тривольтинному и расширила свой ареал на юг Японии [31, 33]. Пока остается неясным, какую роль в этих процессах играют сезонная динамика качества корма и другие факторы, связанные с изменением климата.

Следует иметь в виду, что потепление климата, вероятно, не всегда будет позитивно сказываться на сезонном развитии видов и стимулировать увеличение количества реализуемых генераций. Эксперименты с щитником *Nezara viridula* (Heteroptera, Pentatomidae) на юге умеренной зоны показали, что потепление климата может поставить насекомых в условия, при которых они будут испытывать термальный стресс, что может негативно сказаться на их росте и развитии [34, 35].

Заключение. Современное планетарное изменение климата оказывает влияние на разнообразные реакции насекомых – от физиологии и поведения до смещения ареалов. В статье проанализированы примеры изменения вольтинизма насекомых, предположительно связанные с потеплением климата. Как следует из приведенных данных, в новых условиях, с одной стороны, увеличивается благоприятный для активного развития период, а с другой – возрастает скорость развития всех или отдельных онтогенетических стадий у насекомых, что создает возможность перехода разных видов от моновольтинизма к бивольтинизму или от бивольтинизма к тривольтинному циклу развития с образованием дополнительных неполных поколений в переходных зонах. Экологическое значение такого изменения вольтинизма оценить пока сложно, поскольку при этом нарушается сбалансированная структура биоценоза, что в свою очередь чревато непредсказуемыми и чаще негативными последствиями.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федеральной Программы поддержки ведущих научных школ (проект НШ-3332.2010.4), Благотворительного «Фонда Инессы» и проекта ISEFOR (FP7 2007-2013, КВВЕ 2009-3, grant agreement № 245268).

Библиографический список

1. Houghton, J. Global Warming. The Complete Briefing [Text] / J. Houghton. – 3rd edn. – Cambridge: Cambridge University Press, 2004. – 382 p.
2. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Text]. – Geneva: Switzerland, IPCC, 2007. – 104 p.
3. Рамсторф, Ш. Глобальное изменение климата: диагноз, прогноз, терапия [Текст] / Ш. Рамсторф, Х.Й. Шельнхубер; пер. с нем. Д.К. Трубочанинова.– М.: ОГИ, 2009. – 272 с.

(ориг. издание: *Rahmstorf, S. Der Klimawandel – Diagnose, Prognose, Therapie* [Text] / S. Rahmstorf, H.J. Schellnhuber. – München: Verlag C.H. Beck oHG, 2007. – 144 s.)

4. *Соколов, Л.В.* Климат в жизни растений и животных [Текст] / Л.В. Соколов. – СПб.: ТЕССА, 2010. – 344 с.

5. *Мешкова, В.Л.* Сезонное развитие хвоелистогрызущих насекомых [Текст] / В.Л. Мешкова. – Харьков: Планета-принт, 2009. – 396 с.

6. *Musolin, D.L.* Insects in a warmer world: ecological, physiological and life-history responses of true bugs (Heteroptera) to climate change [Text] / D.L. Musolin // *Global Change Biology*. – 2007. – Vol. 13. – P. 1565–1585.

7. *Parmesan, C.* Detection of range shifts: General methodological issues and case studies using butterflies [Text] / C. Parmesan // *Walter, G.-R.* «Fingerprints» of Climate Change: Adapted Behaviour and Shifting Species Ranges [Text] / G.-R. Walter, C.A. Burga, P.J. Edwards (eds). – N. Y.: Kluwer Academic, Plenum Publishers, 2001. – P. 57–76.

8. *Shoo, L.P.* Detecting climate change induced range shifts: Where and how should we be looking? [Text] / L.P. Shoo, S.E. Williams, J.M. Hero // *Austral Ecology*. – 2006. – Vol. 31. – P. 22–29.

9. *Thomas C.D.* Climate, climate change and range boundaries [Text] / C.D. Thomas // *Diversity and Distributions*. – 2010. – Vol. 16. – P. 488–495.

10. *Musolin, D.L.* Changes in ranges: trends in distribution of true bugs (Heteroptera) under conditions of the current climate warming [Text] / D.L. Musolin, K. Fujisaki // *Russian Entomological Journal*. – 2006. – Vol. 15. – P. 175–179.

11. *Мусолин, Д.Л.* Изменения естественных ареалов насекомых в условиях современного потепления климата [Текст] / Д.Л. Мусолин, А.Х. Саулич // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. – 2011. – Вып. 196. – С. 246–254.

12. *Мусолин, Д.Л.* Реакции насекомых на современное изменение климата: от физиологии и поведения до смещения ареалов [Текст] / Д.Л. Мусолин, А.Х. Саулич // *Энтомологическое обозрение*. – 2012. – Т. 91, вып. 1. – С. 3–35.

13. *Numata, H.* Photoperiodic responses of the linden bug, *Pyrrhocoris apterus*, under conditions of constant temperature and under thermoperiodic conditions [Text] / H. Numata, A. Kh. Saulich, T.A. Volkovich // *Zoological Science*. – 1993. – Vol. 10, no. 3. – P. 521–527.

14. *Musolin, D.L.* Environmental control of voltinism of the stinkbug *Graphosoma lineatum* L. (Heteroptera: Pentatomidae) in the forest-steppe zone [Text] / D.L. Musolin, A.Kh. Saulich // *Entomologia Generalis*. – 2001. – Vol. 25, no. 4. – P. 255–264.

15. *Jönsson, A.M.* Impact of climate change on the population dynamics of *Ips typographus* in southern Sweden [Text] / A.M. Jönsson, S. Harding, L. Barring, H.P. Ravn // *Agricultural Forest Meteorology*. – 2007. – Vol. 146. – P. 70–81.

16. *Jönsson, A.M.* Spatio-temporal impact of climate change on the activity and voltinism of the spruce bark beetle, *Ips typographus* [Text] / A.M. Jönsson, G. Appelberg, S. Harding, L. Barring // *Global Change Biology*. – 2009. – Vol. 15. – P. 486–499.

17. *Lange, H.* To be or twice to be? The life cycle development of the spruce bark beetle under climate change [Text] / H. Lange, B. Økland, P. Krokene // *Minai, A.A.* Unifying themes in complex systems [Text] / A.A. Minai, D. Braha, Y. Bar-Yam (eds). – P. 2. – Berlin: Springer Verlag, 2010. – P. 251–258. (Proc. of the 6th International Conference on Complex Systems).

18. *Волкович, Т.А.* Анализ развития капустной белянки в Белгородской области [Text] / Т.А. Волкович, А.Х. Саулич // *Фенологическая индикация и фенопрогнозирование*: матер. V Всесоюз. совещания. – Алма-Ата, 1984. – С. 99–100.

19. Yamamura, K. A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperate zone [Text] / K. Yamamura, K. Kiritani // Applied Entomology and Zoology, 1998. – Vol. 33. – P. 289–298.
20. Kiritani, K. Predicting impact of global warming on population dynamics and distribution of arthropods in Japan [Text] / K. Kiritani // Population Ecology. – 2006. – Vol. 48. – P. 5–12.
21. Kiritani, K. The impact of global warming and land-use change on the pest status of rice and fruit bugs (Heteroptera) in Japan [Text] / K. Kiritani // Global Change Biology. – 2007. – Vol. 13. – P. 1586–1595.
22. Martín-Vertedor, D., Global warming affects phenology and voltinism of *Lobesia botrana* in Spain [Text] / D. Martín-Vertedor, J.J. Ferrero-García, L.M. Torres-Vila // Agricultural Forest Entomology – 2010. – Vol. 12. – P. 169–176.
23. Altermatt, F. Climatic warming increases voltinism in European butterflies and moths [Text] / F. Altermatt // Proceedings of the Royal Society of London. Ser. B. – 2010. – Vol. 277. – P. 1281–1287.
24. Bradshaw, W.E. Genetic shift in photoperiodic response correlated with global warming [Text] / W.E. Bradshaw, C.M. Holzapfel // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2001. – Vol. 98. – P. 14509–14511.
25. Bradshaw, W.E. Genetic response to rapid climate change: it's seasonal timing that matters [Text] / W.E. Bradshaw, C.M. Holzapfel // Molecular Ecology. – 2008. – Vol. 17. – P. 157–166.
26. Harada, T. Changes in life-history traits of the water strider *Aquarius paludum* in accordance with global warming [Text] / T. Harada, S. Takenaka, S. Maihara, K. Ito, T. Tamura // Physiological Entomology. – 2011. – Vol. 39. – P. 309–316.
27. Hidaka, T. Adaptation and Speciation in the Fall Webworm [Text] / T. Hidaka (ed.). – Tokyo: Kodansha Ltd., 1977. – 179 p.
28. Masaki, S. Life cycle programming [Text] / S. Masaki // Hidaka, T. Adaptation and Speciation in the Fall Webworm / T. Hidaka (ed.). – Tokyo: Kodansha Ltd., 1977. – P. 31–60.
29. Gomi, T. Changes in life-history traits in the fall webworm within half a century after introduction to Japan [Text] / T. Gomi, M. Takeda // Functional Ecology. – 1996. – Vol. 10. – P. 384–389.
30. Gomi, T. A mechanism for the decrease in developmental period of a trivoltine population of *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Arctiidae) [Text] / T. Gomi // Applied Entomology and Zoology. – 1996. – Vol. 31. – P. 217–223.
31. Gomi, T. Shifting of the life cycle and life-history traits of the fall webworm in relation to climate change [Text] / T. Gomi, M. Nagasaka, T. Fukuda, H. Hagihara // Entomologia Experimentalis et Applicata. – 2007. – Vol. 125. – P. 179–184.
32. Gomi, T. Geographic variation in critical photoperiod for diapause induction and its temperature dependence in *Hyphantria cunea* Drury (Lepidoptera: Arctiidae) [Text] / T. Gomi // Oecologia. – 1997. – Vol. 111. – P. 160–165.
33. Yamanaka, T. Adaptation to the new land or effect of global warming? An age-structured model for rapid voltinism change in an alien lepidopteran pest [Text] / T. Yamanaka, S. Tatsuki, M. Shimada // Journal Animal Ecology. – 2008. – Vol. 77. – P. 585–596.
34. Musolin, D.L. Too hot to handle? Phenological and life-history responses to simulated climate change of the southern green stink bug *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae)

[Text] / D.L. Musolin, D. Tougou, K. Fujisaki // *Global Change Biology*. – 2010. – Vol. 16. – P. 73–87.

35. Chiu, M.-C. The effect of experimental warming on a low-latitude aphid, *Myzus varians* [Text] / M.-C. Chiu, Y.-H. Chen, M.-H. Kuo // *Entomologia Experimentalis et Applicata*. – 2012. – Vol. 142. – P. 216–222.

Реакции насекомых на изменение климата очень разнообразны. Можно выделить несколько категорий таких реакций: изменения ареалов, численности, фенологии, вольтинизма, морфологии, физиологии, поведения, особенностей во взаимоотношениях с другими видами и в структуре сообществ. В статье рассмотрены имеющиеся литературные материалы о влиянии потепления климата на вольтинизм насекомых.

Логично предположить, что если потепление климата приводит к более раннему возобновлению сезонного развития весной, ускоренному росту и развитию в течение лета, более позднему прекращению активности осенью и уходу на зимовку, то, некоторые виды с факультативной диапаузой и поливольтинным сезонным циклом могли бы увеличить количество ежегодных поколений. В первую очередь это должно быть справедливо для видов, у которых в прохладные годы реализуется только одно поколение, а в теплые – часть популяции образует дополнительное поколение («неполное второе поколение»). Это возможно, если в обычные годы суммы эффективного тепла хватает для дополнительного поколения только у наиболее ранних и/или быстро развивающихся особей. Такая ситуация в эксперименте была обнаружена у нескольких видов, например, у клопа солдатика *Pyrrhocoris apterus* и щитника *Graphosoma lineatum*. При потеплении климата доля бивольтинной фракции увеличится за счет ускоренного развития личинок и сдвига чувствительного к длине дня периода на более ранние сроки. Это вызовет бездиапаузное развитие подавляющего большинства особей первого поколения и, как следствие, появление более массового или даже полного второго поколения.

Подобная ситуация была смоделирована для короледа-типографа *Ips typographus* в Скандинавии. Сейчас этот вид в Швеции почти всегда развивается в одном поколении, но потепление климата, как показывают расчеты, к концу XXI века приведет к существенным изменениям в фенологии и сезонной динамике типографа – значительно увеличится вероятность второго периода лета (у первой генерации) и вероятность полного развития второй генерации в сезоне. В результате «граница бивольтинизма» у *I. typographus* сдвинется примерно на 600 км к северу, и ожидается, что этот вид в регионе к 2100-му году будет почти всегда давать два поколения.

Анализ влияния изменений климата на физиологические реакции проведен на материалах по изучению сезонного развития комара *Wyeomyia smithii*, водомерки *Aquarius paludum* и американской белой бабочки *Huphantria cunea*.

Сделано заключение, что современное изменение климата вызывает разнообразные реакции насекомых – от физиологии и поведения до смещения ареалов. В новых условиях, с одной стороны, увеличивается благоприятный для активного развития период, а с другой – возрастает скорость развития всех или отдельных онтогенетических стадий у некоторых видов насекомых, что создает возможность перехода от моновольтинизма к бивольтинизму или от бивольтинизма к тривольтинному циклу развития

с образованием дополнительных неполных поколений в переходных зонах. Экологическое значение такого изменения вольтинизма оценить сложно, поскольку при этом нарушается сбалансированная структура биоценоза, что в свою очередь чревато непредсказуемыми последствиями.

* * *

Responses of insects to the current climate change are very diverse. They can be, however, divided into several categories corresponding to the changes in distribution ranges, abundance, phenology, voltinism, morphology, physiology, behavior, community structure and relationships with other species. In this paper we review available literature data on the influence of climate change on insect voltinism.

It seems feasible to expect that if climate warming leads to earlier resumption of active development in spring, accelerated growth and development during summer, later ceasing of activity in autumn and preparation for overwintering, then some insect species with facultative diapause and multivoltine seasonal cycle should be able to increase the annual number of generations. First of all, this should be true for the species, which produce only one generation in cool years, whereas some fraction of their population produces an additional (so called incomplete second) generation in warm years. This becomes possible if in usually warm years the sum of effective temperatures is enough for an additional generation only in the earliest and/or the most quickly-developing individuals. Such situation has been detected in a few insect species, e.g. in the linden bug *Pyrhocoris apterus* and the pentatomid *Graphosoma lineatum*. Under the warming conditions, incidence of a bivoltine fraction is likely to increase due to accelerated nymphal growth and advancement of the period when nymphs and young adults are sensitive to photoperiodic stimuli for diapause induction. This will condition non-diapause development in majority of adults of the first generation and, as a result, appearance of a mass scale second generation.

A similar situation was modeled for European spruce bark beetle *Ips typographus* in Scandinavia. Currently, this species is almost always univoltine in Sweden. However, the modeling shows that climate change will lead to notable changes in phenology and seasonal dynamics of this bark beetle. The species will first greatly increase the probability of a second swarming period in the first generation adults during summer and then the probability of a second generation. As a result, the border of the bivoltinism zone in *I. typographus* in Scandinavia will move northwards by about 600 km by 2100.

An analysis of the effect of climate change on physiological responses is conducted based on the data about seasonal development of the mosquito *Wyeomyia smithii*, water strider *Aquarius paludum* and fall webworm *Hyphantria cunea*.

It is concluded that the current climate change causes different responses in insects: from physiological and behavioral to changes in geographic distribution. Under new conditions, on one hand, the favorable seasonal period for development is getting longer and, on another hand, rates of growth of some or all developmental stages increase. All this affects voltinism and promotes transition from univoltinism to bivoltinism or from bivoltinism to trivoltinism as well as production of additional incomplete generations in transition zones in some insect species. Ecological consequences of such voltinism changes are difficult to predict and evaluate because they will cause changes in previously balanced structure of ecosystems.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| Предисловие | 3 |
| ЭКОЛОГИЯ ДЕНДРОФИЛЬНЫХ НАСЕКОМЫХ-ФИЛЛОФАГОВ | |
| <i>Андреева Е.М., Жердева П.Д., Захарова Е.Ю., Шкурихин А.О.</i> Протандрия и изменчивость некоторых признаков непарного шелкопряда <i>Lymantria dispar</i> (L.) в зависимости от времени вылета имаго в ходе лабораторного эксперимента | 4 |
| <i>Баранчиков Ю.Н., Скузрава М., Скузрави В.</i> Дендрофильные галлицы (Diptera, Cecidomyiidae) юга Красноярского края и Республик Хакасия и Тыва | 16 |
| <i>Ильиных А.В., Поленогова О.В.</i> Вертикальная передача бакуловируса у непарного шелкопряда <i>Lymantria dispar</i> (L.) при низкой смертности насекомых от полиэдроза в родительском поколении | 27 |
| <i>Клобуков Г.И., Стрельская Т.М.</i> Реализация всплеск массового размножения зауральской популяции непарного шелкопряда <i>Lymantria dispar</i> (L.) (Lepidoptera, Lymantriidae) в различных лесорастительных условиях на северной границе ареала | 34 |
| <i>Кобзарь В.Ф., Кобзарь М.И., Данилов Р.Ю.</i> Непарный шелкопряд <i>Lymantria dispar</i> (L.) в Краснодарском крае: мониторинг и прогнозирование изменения плотности популяции | 42 |
| <i>Лямцев Н.И.</i> Очаги массового размножения и вредоносность хвоегрызущих насекомых в сосновых лесах России | 51 |
| <i>Пономарев В.И.</i> Длительность диапаузы у непарного шелкопряда <i>Lymantria dispar</i> (Lepidoptera, Lymantriidae): влияние абиотических и популяционных факторов | 61 |
| <i>Серый Г.А.</i> Видовой состав листогрызущих насекомых в дубравах Волго-Ахтубинской поймы | 73 |
| <i>Уткина И.А.</i> Изучение взаимодействия насекомых-филлофагов с их кормовыми породами на разных этапах биогеоценотических исследований | 80 |
| ЭКОЛОГИЯ СТВОЛОВЫХ НАСЕКОМЫХ | |
| <i>Кривец С.А.</i> Заметки по экологии уссурийского полиграфа <i>Polygraphus proximus</i> Blandford (Coleoptera, Scolytidae) в Западной Сибири | 94 |
| <i>Мешкова В.Л., Давиденко Е.В.</i> Офиостомовые грибы, переносимые короедами-корнежилами в сосновых культурах Левобережной Украины | 106 |
| <i>Пашенова Н.В., Петько В.М., Керчев И.А., Бабичев Н.С.</i> Перенос офиостомовых грибов уссурийским полиграфом <i>Polygraphus proximus</i> Blandf. (Coleoptera, Scolytidae) в Сибири | 114 |
| НАСЕКОМЫЕ В АНТРОПОГЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ | |
| <i>Белицкая М.Н.</i> К вопросу об энтомофауне лесных полос | 121 |
| <i>Богачева И.А.</i> Обзор насекомых-филлофагов зеленых насаждений г. Екатеринбурга: сезонная динамика сообществ и факторы, ее модифицирующие | 129 |

| | |
|---|-----|
| <i>Власов Д.В.</i> Фауна короедов (Coleoptera, Scolytidae) г. Ярославля | 138 |
| <i>Селиховкин А.В., Денисова Н.В., Тимофеева Ю.А.</i> Динамика плотности популяций минирующих микрочешуекрылых в Санкт-Петербурге | 148 |
| <i>Терехов Г.Г., Бирюкова А.М., Пермякова Л.П.</i> Влияние насекомых-конофагов на выход семян в шишках культур ели на Среднем Урале | 160 |

НОВЫЕ ВЫЗОВЫ И ТЕНДЕНЦИИ В ЗАЩИТЕ ЛЕСА

| | |
|---|-----|
| <i>Исаев А.С., Суховольский В.Г., Овчинникова Т.М., Ковалев А.В., Пальникова Е.Н., Тарасова О.В.</i> Экологический риск вспышек массового размножения лесных насекомых, моделирование и принятие решений в задачах лесозащиты | 173 |
| <i>Кириченко Н.И., Томошевич М.А.</i> Разнообразие насекомых-филлофагов и патогенных грибов на древесных растениях-интродуцентах в Сибири | 185 |
| <i>Крылов А.М., Малахова Е.Г., Владимирова Н.А.</i> Выявление и оценка площадей катастрофических ветровалов 2009–2010 гг. по данным космической съемки | 197 |
| <i>Мусолин Д.Л., Саулич А.Х.</i> Вольтинизм насекомых в условиях современного изменения климата | 208 |
| <i>Орозумбеков А.А.</i> Защита леса в Центральной Азии: состояние и перспективы | 222 |
| <i>Толкач О.В.</i> Трансформация травянистого покрова лесостепных березняков вследствие зоогенной дефолиации | 231 |
| <i>Ширяева Н.В., Скрипник И.А., Никифоров Д.Н.</i> Санитарное состояние лесных насаждений и мероприятия по их оздоровлению в зоне строительства объектов Олимпиады 2014 г. | 241 |

ПРОБЛЕМЫ ЛЕСНОЙ ФИТОПАТОЛОГИИ

| | |
|---|-----|
| <i>Гродницкая И.Д.</i> Инфекционные заболевания семян хвойных в лесопитомниках Красноярского края и Хакасии и меры борьбы с ними | 253 |
| <i>Никитина С.М., Шатунова М.П., Тараканов В.В., Кальченко Л.И.</i> Рост-вые реакции сосны обыкновенной на токсические метаболиты гриба <i>Fusarium toniliforme</i> | 264 |
| <i>Сенашова В.А.</i> Болезни хвои, вызванные фитопатогенными грибами, в Средней Сибири | 275 |
| <i>Фрейберг И.А., Стеценко С.К.</i> Пестициды как одна из причин полегания семян сосны | 285 |
| <i>Черпаков В.В.</i> Бактериальные болезни лесных пород в патологии леса | 292 |

CONTENTS

| | |
|---|-----|
| Preface | 3 |
| ECOLOGY OF DENDROPHILOUS PHYLLOPHAGOUS INSECTS | |
| <i>Andreeva E.M., Zherdeva P.D., Zakharova E.Y., Shkurikhin A.O.</i> Protandry and variability of some traits of gypsy moth <i>Lymantria dispar</i> (L.) depending on time of imago hatching during the laboratory experiment | 4 |
| <i>Baranchikov Yu.N., Skuhrava M., Skuhravi V.</i> Dendrophilous gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) from the South of Krasnoyarsk Kray and Republics of Khakasiya and Tyva | 16 |
| <i>Ilyinykh A.V., Polenogova O.V.</i> Vertical transmission of baculovirus among gypsy moth <i>Lymantria dispar</i> (L.) under conditions of low mortality from polyhedrosis in the parental generation | 27 |
| <i>Klobukov G.I., Strelskaya T.M.</i> Realization of outbreaks of Trans-Urals gypsy moth <i>Lymantria dispar</i> (L.) population on the northern border of its distribution in different forest-stand conditions | 34 |
| <i>Kobzar V.F., Kobzar M.I., Danilov R.Yu.</i> Gypsy moth <i>Lymantria dispar</i> (L.) in Krasnodar Region: monitoring and forecasting of population density dynamics | 42 |
| <i>Lyamtsev N.I.</i> Outbreaks of needle-eating insects and their harmfulness in pine forests of Russia | 51 |
| <i>Ponomarev V.I.</i> Diapause duration in gypsy moth <i>Lymantria dispar</i> (Lepidoptera, Lymantriidae): influence of abiotic and population factors | 61 |
| <i>Seryi G.A.</i> Species composition of leaf-eating insects in oak groves of Volga-Akhtuba flood plain | 73 |
| <i>Utkina I.A.</i> Research on interactions between phyllophagous insects and their host trees at various stages of biogeocenotic studies | 80 |
| ECOLOGY OF XYLOPHAGOUS INSECTS | |
| <i>Krivets S.A.</i> Notes on the ecology of the fir bark beetle <i>Polygraphus proximus</i> Blandf. (Coleoptera, Scolytidae) in West Siberia | 94 |
| <i>Meshkova V.L., Davydenko K.V.</i> Ophiostomatoid fungi vectored by bark beetles <i>Hylastes</i> spp. in pine plantations of the Left-bank Ukraine | 106 |
| <i>Pashenova N.V., Pet'ko V.M., Kerchev I.A., Babichev N.S.</i> Transfer of ophiostomatoid fungi by <i>Polygraphus proximus</i> Blandf. (Coleoptera, Scolytidae) in Siberia | 114 |
| INSECTS IN ANTHROPOGENIC TREE STANDS | |
| <i>Belitskaya M.N.</i> On the insect fauna of shelter belts | 121 |
| <i>Bogacheva I.A.</i> Phyllophagous insects in urban greenery of Yekaterinburg City: seasonal dynamics of insect communities and some modifying factors | 129 |

| | |
|---|-----|
| <i>Vlasov D.V.</i> Bark beetle (Coleoptera, Scolytidae) fauna of Yaroslavl' City | 138 |
| <i>Selikhovkin A.V., Denisova N.V., Timofeeva Yu.A.</i> Population dynamics of mining Microlepidoptera in Saint Petersburg | 148 |
| <i>Terechov G.G., Biryukova A.M., Permiakova L.P.</i> Influence of seed-eating insects on seed production of European and Siberian spruces in Middle Ural Mountains | 160 |

NEW CHALLENGES AND TENDENCIES IN FOREST PROTECTION

| | |
|---|-----|
| <i>Isaev A.S., Soukhovolsky V.G., Ovchinnikova T.M., Kovalev A.V., Palnikova E.N., Tarasova O.V.</i> Ecological risk of forest insect outbreaks, modeling and decision-making in the tasks of forest protection | 173 |
| <i>Kirichenko N.I., Tomoshevich M.A.</i> Diversity of phyllophagous insects and micromycetes on alien woody plants in Siberia | 185 |
| <i>Krylov A.M., Malahova E.G., Vladimirova N.A.</i> Identification and assessment of forest areas damaged by windfalls in 2009–2010 by means of remote sensing | 197 |
| <i>Musolin D.L., Saulich A. Kh.</i> Voltinism of insects under conditions of the current climate change | 208 |
| <i>Orozumbekov A.A.</i> Forest protection in Central Asia: the current state and perspectives | 222 |
| <i>Tolkach O.V.</i> Grass cover transformation of birch forest of Steppe-Forest Zone due to zoogenic defoliation | 231 |
| <i>Shiryaeva N.V., Skripnick I.A., Nikiforov D.N.</i> Sanitary condition of forest stands and suggestions for its improvement in the construction zone of the Olympic Games 2014 | 241 |

PROBLEMS OF FOREST PATHOLOGY

| | |
|---|-----|
| <i>Grodnitskaya I.D.</i> Infectious diseases of conifer seedlings in forest nurseries of Krasnoyarsk Krai and Khakasia and methods of their control | 253 |
| <i>Nikitina S.M., Shatunova M.P., Tarakanov V.V., Kalchenko L.I.</i> Scots pine growth responses to toxic metabolites of fungus <i>Fusarium moniliforme</i> | 264 |
| <i>Senashova V.A.</i> Needle diseases caused by pathogenic fungi in the Middle Siberia | 275 |
| <i>Freiberg I.A., Stetsenko S.K.</i> Pesticides as one of the causes of the pine seedling lodging. | 285 |
| <i>Cherpakov V.V.</i> Bacterial diseases of wood species in forest pathology | 292 |

Научное издание

ИЗВЕСТИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ
АКАДЕМИИ

Выпуск 200

Издаются с 1886 года

Редакторы выпуска *Д. Л. Мусолин, Ю. Н. Баранчиков и В. И. Пономарев*

Компьютерная верстка *Е. А. Корнукова*

Подписано в печать с оригинал-макета 04.09.12.

Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.

Уч.-изд. л. 19,4. Печ. л. 19,4. Тираж 500 экз. Заказ № 267. С 214.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический
университет имени С.М. Кирова

Издательско-полиграфический отдел СПбГЛТУ
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 3