

О ФОРМИРОВАНИИ ВТОРИЧНОГО АРЕАЛА АМЕРИКАНСКОЙ БЕЛОЙ БАБОЧКИ (*HYPHANTRIA CUNEA* *DRURY*, ARCTIIDAE, LEPIDOPTERA) В РОССИИ И СОСЕДНИХ СТРАНАХ В XXI ВЕКЕ

*В.В. Ясюкевич*¹⁾*, *С.Н. Титкина*¹⁾, *И.О. Попов*¹⁾,
*Е.А. Давидович*²⁾, *Н.В. Ясюкевич*³⁾

¹⁾ ФГБУ «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН». 107258 Москва, Глебовская ул., 20Б. *v1959@yandex.ru

²⁾ ЦНСХБ Россельхозакадемии. Россия, 107139 Москва, Орликов пер., 3Б.

³⁾ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева. Россия, 127550 Москва, ул. Тимирязевская, 49.

Реферат. Факторами, определяющими ареал американской белой бабочки (АББ) *Hyphantria cunea*, являются теплообеспеченность, особенности фотопериодической реакции и наличие кормовых растений в подходящих биоценозах. В качестве климатических предикторов для моделирования ареала выбрана сумма активных температур 2000°C при пороге развития 10°C. Показано, что за период 1981 – 2010 гг. по сравнению с периодом 1951 – 1980гг. потенциальный (климатический) ареал АББ расширится к северу, по большей части, на 1° по широте, а в северо-западной части ареала – на 2-3°. В будущем, при изменении климата на территории России, соответствующем глобальному потеплению на 1,5°C, существенное расширение ареала в северном направлении может иметь место на западе, на стыке границ России, Белоруссии и стран Балтии, а также в Западной Сибири и Дальнем востоке (до 5° по широте). В соответствии со сценарием RCP4.5 ареал АББ будет повсеместно расширяться в северном и восточном направлении. Может появиться изолированный от основной части ареала участок в районе Алданского нагорья. Непригодными для заселения к концу XXI века останутся высокогорные районы Таджикистана и Киргизии, а также южная часть Сибири от стыка границ России, Казахстана и Китая до 114° в.д. Сокращение ареала не прогнозируется. При реализации сценария RCP8.5 закономерности изменения ареала те же, что и при RCP4.5. Различия в том, что его расширение к северу и востоку в первом случае будет более масштабным. К концу XXI века изолированный участок на Алданском нагорье сольется с основной частью ареала. Появятся

климатически пригодные для заселения участки на Камчатке и в районе Эльгинского плоскогорья. Изменения климата в соответствии со сценариями RCP4.5 и RCP8.5 будут влиять на формирование ареала АББ в начале XXI века одинаково. Различия между последствиями при сценариях RCP4.5 и RCP8.5 начнут сказываться примерно с 2040 годов. Реализация климатического ареала АББ к концу XXI века в полной мере в силу биоценологических ограничений представляется маловероятной.

Ключевые слова. Американская белая бабочка, вторичный ареал, изменение климата, климатические предикторы, модельный ареал, климатический сценарий.

ABOUT FORMATION OF A SECONDARY RANGE OF THE FALL WEBWORM (*HYPHANTRIA CUNEA* DRURY, ARCTIIDAE, LEPIDOPTERA) IN RUSSIA AND ADJACENT COUNTRIES IN XXI CENTURY

V.V. Yasjukevich^{1)*}, *S.N. Titkina*¹⁾, *I.O. Popov*¹⁾, *E.A. Davidovich*²⁾,
*N.V. Yasjukevich*³⁾

¹⁾Institute of Global Climate and Ecology of Roshydromet and RAS, 20B, Glebovskaya str., 107258 Moscow, Russia, *v1959@yandex.ru

²⁾CNSHB of Russian Academy of Agrarian Sciences, 3B, Orlikov per., 107139 Moscow, Russia

³⁾The Russian state agrarian university – MSHA K.A. Timirjazeva's name, 49, Timirjazevskaja str., 127550 Moscow, Russia

Abstract. Availability of heat, special features of photoperiodic reaction and availability of fodder plants in appropriate ecosystems are factors determining a range of the fall webworm (FW), *Hyphantria cunea*. Sum total of active temperatures of 2000°C with development threshold of 10°C was employed as climatic predictor in the range modeling. It is shown that in 1981 – 2010 vs. 1951 – 1980 potential (climatic) range of FW expanded northward mainly by 1° of latitude; while in the northwestern part of the range it expanded by 2-3° of latitude. In future, under climate change in Russia corresponding to the global warming by 1,5°C, the range can have substantial northward expansion in the western part, where state borders of Russia, Belarus and Ukraine meet, and in Western Siberia and Far East (by up to 5° of latitude). The FW range will

demonstrate overall northward and eastward expansions under RCP4.5 scenario. A new part of the range isolated from its major part may appear in the Aldan upland. High uplands of Tajikistan and Kyrgyzstan, and southern part of Siberia, from the point where state borders of Russia, Kazakhstan and China meet to 114 E, will remain unsuitable for FW. Reductions of the range are not projected. RCP8.5 scenario yields the range changes similar to those projected with RCP4.5; however, its northward expansion will be more pronounced in the former case. The isolated part of the range in the Aldan upland will merge with its main part at the end of the 21st century. Areas suitable for infestation with respect to there climatic features will appear in Kamchatka peninsula and in the Elgin upland. RCP4.5 and RCP8.5 scenarios will affect the FW range similarly at the beginning of the 21st century. Differences in the outcomes of the scenarios will become pronounced starting from 2040s. Full realization of FW climatic range by the end of the 21st century appears highly improbable due to ecosystem factors' limitations.

Key words. Fall webworm, secondary range, climate change, climatic predictors, modeled ranges, climatic scenario.

Введение

Первичный ареал американской белой бабочки расположен на Североамериканском континенте от Тихого до Атлантического побережья, а в широтном направлении – от южной границы хвойных лесов Канады (проходящей между 54° и 58° с.ш.) до государственной границы США и Мексики. В 1940г. отмечена в Европе, а в 1945г. – в Японии, где быстро стала наносить существенный вред плодоводству, шелководству, декоративному и полезащитному лесоразведению, и была включена в перечень карантинных объектов (история формирования вторичного ареала рассматривается в специальном разделе).

Целью настоящей статьи являются: обобщение данных по географическому распространению АББ в пределах вторичного ареала, ее биологических особенностях и модельной оценке возможности распространения при наблюдаемом и предполагаемом на протяжении XXI века изменении климата.

Методические вопросы, связанные с использованием климатической базы и моделированием ареалов, подробно рассмотрены в монографии С.М. Семенова и др., 2006.

Результаты и обсуждение

История формирования вторичного ареала

В Европе американская белая бабочка (далее – АББ) (рис. 1) была впервые обнаружена венгерским энтомологом Жигмондом Велезом на острове Чепель, близ Будапешта в 1940г., за что и получила свое европейское название – *Americai f  h  r szovolepke*. К 1948г. она заселила всю территорию Венгрии и в 1947 – 1951 гг. проникла в Чехословакию, Югославию, Румынию, Австрию. Затем была отмечена в Болгарии, Греции, Франции (Чураев, 1962; Инструкция по борьбе с американской белой бабочкой, 1985).

На территории СССР впервые была обнаружена в приграничных с Венгрией районах Закарпатской области Украины в 1952г., где заселила равнинную часть, не преодолев горные районы. Повторно АББ проникла в СССР из Румынии в Молдавию в 1966г., а затем в Одесскую область Украины (Инструкция по борьбе с американской белой бабочкой, 1985).

В последние 10-15 лет площадь, заселенная АББ на Украине, нарастает в Полтавской, Черновицкой, Херсонской, Винницкой, Днепропетровской, Киевской, Ивано-Франковской и Хмельницкой областях. Площади стабильны в Донецкой, Закарпатской, Луганской, Харьковской, Черкасской областях и Крыму. Области, где вредитель расселялся интенсивно, а теперь появилась тенденция к снижению – Запорожская, Кировоградская, Одесская, Николаевская (Инструкция по борьбе с американской белой бабочкой, 1985; Кривошеев, 2009).

Заметим, что, аналогичным образом Карпаты выступили природным барьером на пути распространения на восток и для колорадского жука, масштабное расселение которого по территории СССР пошло позже через Польшу и Прибалтику (Ясюкевич и др., 2007).

Затем очаги размножения выявлялись в середине 1970 гг. в Краснодарском и Ставропольском краях, в 1982г. в Ростовской области, далее АББ обосновалась в Чеченской Республике, Кабардино-Балкарии, Дагестане, Ростовской, Белгородской, Воронежской, Астраханской и Волгоградской областях (Ижевский, 2002; Шамилов, 2008; Гниненко и др., 2011). В Карачаево-Черкесской Республике АББ впервые обнаружена в 1980г. (Быковский, 1998 а,б). В первой половине 1980 гг. заселила Грузию и Азербайджан (Газиев и др., 1999; Ижевский, 2002; Лолодзе и др.,

2003). К концу XX века ареал АББ, по данным «Агроатласа...» (Афонин и др., 2006) представляется следующим образом (рис. 2).

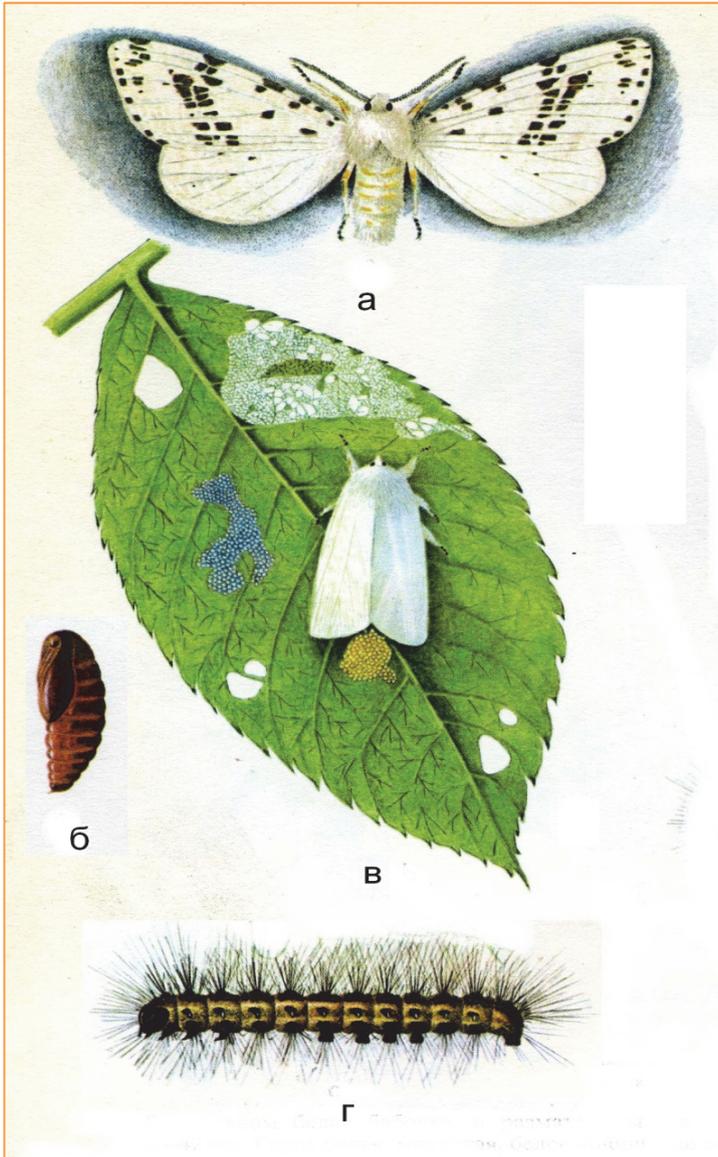


Рис. 1. Американская белая бабочка (*Hyrphantria cunea* Drury): а – самец, б – куколка, в – самка с яйцекладкой, г – гусеница.

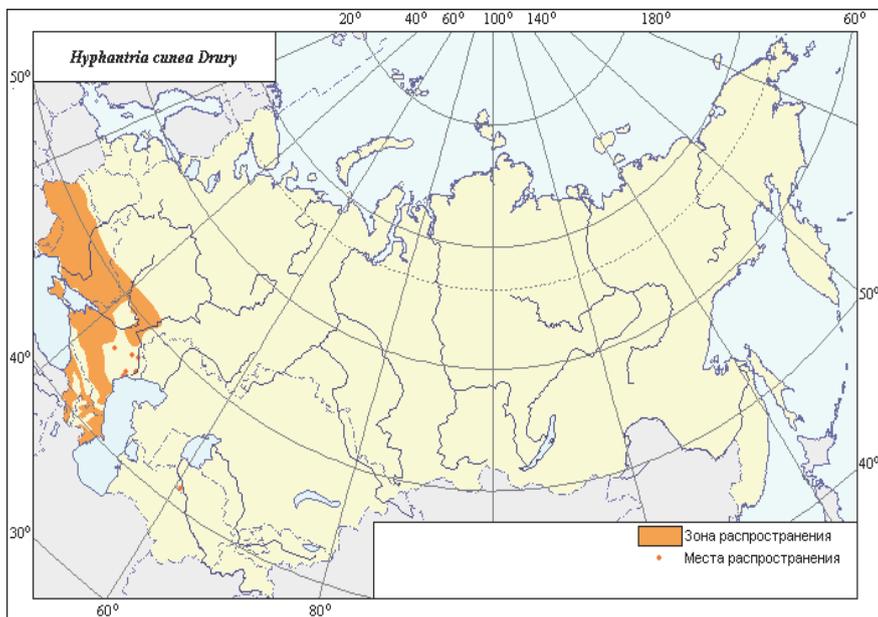


Рис. 2. Ареал американской белой бабочки (Афонин и др., 2006).

На этом рисунке в азиатской части бывшего СССР показана только одна точка. Действительно, в Средней Азии АББ впервые выявлена в 1989г. в Ургенче (Узбекистан). Затем АББ широко распространилась в Узбекистане, Туркмении, Киргизии (Резайи, 2006; Морковина, Милько, 2006; Гниненко, Кавоси, 2011). В Казахстане впервые выявлена в Алма-Атинской области в 2003г. В 2006г. площадь очагов в этой республике составила 1383 га и продолжает увеличиваться. (Исин и др., 2008, Орозумбеков, 2011). Таким образом, эту карту можно считать несколько устаревшей.

Впервые АББ была обнаружена в Иране в 2002г. в провинции Гилян, куда проникла из Азербайджана. В 2005-2007 гг. – в провинциях Мазандаран и Ардебиль; в 2010г. – в провинции Голестан на границе с Туркменией (Резайи, 2006; Гниненко, Кавоси, 2011).

Сведения о нахождении АББ на Дальнем Востоке несколько противоречивы. По одним данным, этот вид уже обосновался в Приморском крае (Кузнецов, 2005; Кузнецов, Стороженко, 2010; Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов..., 2010).

Другие авторы утверждают, что АББ на Дальнем востоке пока не обнаружена (Шапилов, 2011; Гниненко, Шапилов, 2011).

В Японии АББ впервые отмечена в 1945г. в Токио, а к настоящему времени заселила остров Хонсю от 41° до 32° с.ш., а также Корейский полуостров, восточную часть Китая (Gomi, 1999; 2007).

На небольшие расстояния АББ расселяется путем активного перелета имаго. Средняя скорость ее продвижения в восточноевропейских странах первоначально составляла 30-40 км в год, а в 1970 гг. достигала уже 200 км в год. Гусеницы и куколки с различными материалами, тарой и т.д. могут перевозиться на большие расстояния. Именно так АББ была завезена из Америки в Европу и Японию (Чураев, 1962; Инструкция по борьбе с американской белой бабочкой, 1985; Ижевский, 2002; Gomi, 1999; 2007).

После проникновения в новые места обитания вспышки численности американской белой бабочки происходили не позднее, чем через 1-2 года после заселения. Так продолжалось по всей Европе, и, только после 30-40 лет существования на новых территориях вспышки этого фитофага переставали быть непрерывными, и стали приобретать черты, свойственные вспышкам аборигенных видов. Продвижение АББ на восток продолжалось. В Иране, например, в настоящее время происходит тоже, что в середине XX века происходило в Европе – после её проникновения в леса провинций Гилян, Мазандаран и Ардебиль, вспышки охватывают все древостои, в которых имеются пригодные для питания её гусениц породы, и эти очаги имеют хронический характер. Совершенно аналогично происходило и заселение этим фитофагом территории Японии, Кореи и Китая. На территории Китая вспышки массового размножения американской белой бабочки еще продолжают по ациклическому, типичному для раннего периода освоения новых территорий адвентивными видами насекомых сценарию (Гниненко, 2011).

АББ во вторичном ареале быстро включается в круг жертв или хозяев автохтонных хищников и паразитов. Это свидетельствует о наличии в природе мощного потенциального механизма сдерживания численности этого нового адвентивного вредителя. Для примера: у колорадского жука такой механизм отсутствует

(Ижевский и др., 1999). Это позволило профессору С.С. Ижевскому высказать мысль о целесообразности вывода АББ из списка карантинных объектов на территории России (Ижевский, 2002).

Прогноз дальнейшего расширения ареала АББ по разным источникам следующий. По мнению И.А. Чураева (1962), она может продвинуться к северу по линии Ленинград 59°56' – Вологда 59°13' – Пермь 58°01' – Курган 55°28' – Каракалинск 49°24' – Зайсан 47°28' с.ш. Согласно «Инструкции по борьбе с американской белой бабочкой» (1985) ее распространение ограничивается линией Вильнюс 54°41' – Смоленск 54°46' – Нижний Новгород 56°19' – Ижевск 56°49' – Екатеринбург 56°49' – Новосибирск 55°0' – Хабаровск 48°30' с.ш.

Однако, по мнению А.Х. Саулич (1994), северным пределом распространения АББ является 47° с.ш. Это связывается с биологическими особенностями американской популяции, насекомые из которой были завезены в Европу (низкий порог фотопериодической реакции и большое количество тепла, требующегося для развития одного поколения, а также чувствительность к фотопериодическим сигналам гусениц младших и средних возрастов). Дальнейшее расширение ареала возможно при повторном завозе АББ из северных частей первичного ареала, ФПР которых обеспечивает наступление диапаузы при моновольтинном развитии.

В настоящее время динамика очагов массового размножения АББ на территории России выглядит следующим образом (рис. 3). Хорошо заметно, что с 2006г. последовало резкое возрастание площадей насаждений, пораженных АББ (по данным Шамилов, 2001; Гниненко, Шамилов, 2011). Это, конечно, не сравнить с площадями лесов, ежегодно повреждаемых непарным шелкопрядом и монашенкой (Титкина и др., 2013, см. настоящий сборник), но вред, наносимый АББ плодоводству, шелководству, декоративному и полезащитному лесоразведению, как уже говорилось, весьма существенен. Кроме того, проникая в поисках места для окукливания в упаковочные материалы, АББ может наносить ущерб перевозимым товарам. Так, окукливаясь в упаковке облицовочного кирпича, она портит его внешний вид, что приводит к отбраковке 20-50% материала (Фокин, 2008).

Динамика очагов американской белой бабочки в Российской Федерации

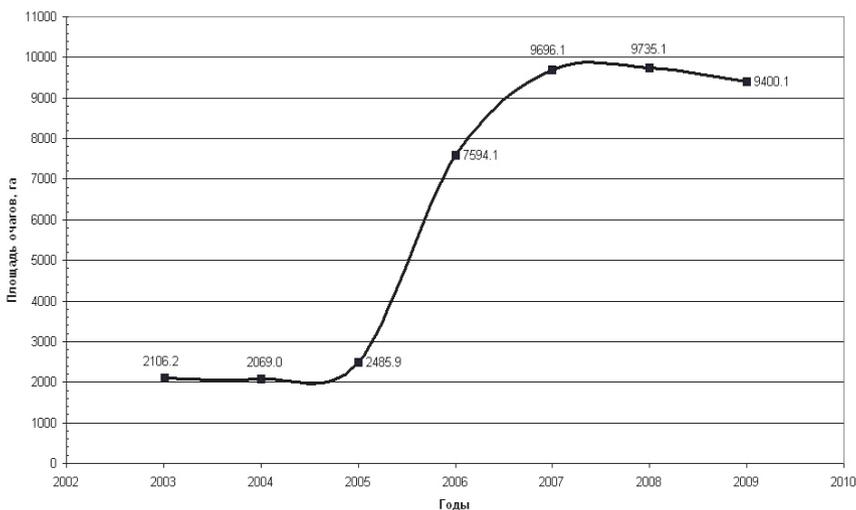


Рис. 3. Динамика очагов АББ на территории Российской Федерации (по данным Шамилов, 2011; Гниненко, Шамилов, 2011).

Экологические особенности американской белой бабочки

В развитии АББ насчитывается 7 личиночных возрастов. Гусеницы 1- 6 возрастов держатся вместе, сплетая паутинные гнезда, порой огромного размера, гусеницы 7 возраста ведут одиночный образ жизни. Зимует куколка в состоянии диапаузы. Бабочки не питаются. Вредит садовым, парковым, городским, полезащитным насаждениям. Чисто лесные ценозы не заселяет (Чураев, 1962).

АББ – многоядный вредитель. В Северной Америке повреждает 120 видов растений, а в странах Европы – 234 вида, из них более 30 видов относятся к плодово-ягодным растениям, около 100 видов – к древесным и кустарниковым породам и около 100 – к травянистым растениям. Подробно список повреждаемых в Европе растений приводится в монографии И.А. Чураева (1962). Не вдаваясь в излишние подробности, здесь укажем, что эти растения можно разделить на три группы:

1. Наиболее предпочитаемые, часто повреждаемые растения – шелковица, клен ясенелистный, яблоня, слива, черешня, груша, вишня, грецкий орех, айва, бузина, ясень.

2. Растения, которые повреждаются реже, но обеспечивают полный цикл развития АББ. В эту группу входят многие лиственные древесные и кустарниковые породы.
3. Растения, которые повреждаются только гусеницами старших возрастов и не обеспечивающие полный цикл развития. Это травянистые и хвойные растения.

Самым предпочитаемым растением из первой группы является шелковица (рис. 4). При питании на этом растении обеспечивается наибольшая выживаемость гусениц, вес бабочек и их плодовитость, наименьшая длительность развития. В эксперименте, при наличии выбора между рядом древесных пород, 67% яйцекладок приходилось на шелковицу, остальное на сливу, яблоню, грушу, грецкий орех и черешню. На акацию, платан, айлант и дуб бабочки яйца не откладывали (Чураев, 1962). Такая особенность АББ делает шелководство в местах ее распространения невозможным. Гусеницы полностью оголяют деревья, а борьба с ними невозможна, так как обработка инсектицидами исключает использование листвы для выкормки тутового шелкопряда.

Указанные выше биологические особенности нашли отражение в тривиальных названиях АББ в разных странах. Так, в США и Канаде ее называют *fall webworm* (осенний паутинный червь), в Германии и Австрии – *Waisser Bärenspinner*, *Weberbär*, *Weberspinner* (белая медведица, медведица-прядильщица, паутинный шелкопряд), в Румынии – *Omyda parosa dudului* (волосатая гусеница шелковицы), в Чехии – *Prästevník americký* (прядильщик американский), в Югославии – *Dudovac* (тутовница), во Франции – *Ecaille fileuse* (медведица-прядильщица).

В пределах первичного ареала число поколений – от одного на юге Канады до 4 в штате Луизиана (Мешкова, Давиденко, 2007). В Японии на широте 41-36° с.ш. развивается в 2 поколениях, а южнее, 36-32° с.ш., – в 3 (Gomi, 1999, 2007). На территории бывшего СССР повсеместно развивается в 2 поколениях (Чураев, 1962; Инструкция по борьбе с американской белой бабочкой, 1985 и др., см. также библиографию к этой статье). Видимо, это связано с тем, что на территорию СССР были завезены бабочки из популяций средних широт США.



Рис. 4. Шелковица черная *Morus nigra*.

Механизм этого следующий: при теплообеспеченности, достаточной для развития двух поколений, первое развивается без диапаузы в условиях длинного дня, а второе, при коротком дне в конце лета – начале осени диапаузирует и в таком состоянии перезимовывает. Севернее, где по условиям теплообеспеченности возможно развитие только одного поколения, оно развивается также в условиях длинного дня и дает начало второму поколению, которое не завершает развития и вымерзает. Однако в работе Ю.Э. Ключковского (2005) отмечается, что на Украине иногда часть куколок первого поколения уходит в диапаузу. Аналогичные данные получила и А.Х. Саулич (1994) в эксперименте, проведенном в Белгородской области. Возможно, что это свидетельствует о начале адаптации АББ к холодному климату (модификация фотопериодической реакции) и создает предпосылки к продвижению ее на север.

Факторами, определяющими формирование ареала АББ, помимо наличия кормовых растений и подходящих ценозов, являются теплообеспеченность и особенности фотопериодической реакции (далее ФПР).

Диапауза АББ индуцируется ФПР длиннодневного типа. Чувствительными к фотопериодическим сигналам являются гусеницы младших и средних возрастов, а пакет стимулирующей фотопериодической информации составляет 15-17 дней (Hidaka, 1977, цитата по Саулич, 1994, 1999). Однако, другие авторы считают фоточувствительными гусениц старших возрастов или I и II (Saringer, 1961; Jasic, Macko, 1961, цитата по Саулич, 1994, 1999). Оценки величины критического фотопериода (КФП) также различны. По экспериментальным данным А.Х. Саулич (Саулич, 1994, 1999), на Кубани (г.Славянск-на-Кубани, 45°15') КФР₉₀ составляет 15 ч. В.А. Быковский (1999) установил, что в Карачаево-Черкессии КФП₇₅ составляет 15 ч., при длине дня 13-14 ч. диапаузируют все особи, а при 16 ч. диапауза не наступает.

У моновольтинной популяции АББ из Онтарио (51°26') КФП – 16,5 ч. (Hidaka, 1977, цитата по Саулич, 1994, 1999). В Японии КФП₅₀ при 25°C от 13 ч. 45 м. до 13 ч. 53 м. для бивольтинных популяций, от 14 ч. 15 м. до 14 ч. 38 м. для тривольтинных (Gomi, 1999, 2007).

Оценки теплообеспеченности, по данным разных авторов, весьма неоднородны. А.Х. Саулич (1994) в своем исследовании исходит из того, что сумма эффективных температур (далее СЭТ)

для развития одного поколения находится в пределах от 800 до 1000°C (порог развития 10°C) (Ito et al., 1968; Deseö et al., 1986, цитата по Саулич, 1994, 1999). Сделан вывод, что в Краснодарском крае (Славянск-на-Кубани) возможно стабильное существование бивольтинной популяции АББ (СЭТ 2200-2300°C). В Белгородской области (Борисовка) по условиям теплообеспеченности возможно развитие одного поколения (СЭТ 1000-1100°C), куколки которого, однако, не диапаузируют, а для развития второго теплообеспеченности недостаточно. Температурные условия Ленинградской области (Старый Петергоф) заведомо не пригодны для существования АББ (СЭТ 550°C) (Саулич, 1994).

По данным В.А. Быковского (1998 а, б), для развития двух поколений АББ достаточно СЭТ 1238,2°C при пороге развития 10°C. В работе Ю.Э. Клечковского (2005) приводятся следующие значения СЭТ для двух поколений 1290°C при пороге 8,5°C, а САТ 2590°C. Однако, в приводимой там же таблице указан порог развития 10°C.

В монографии И.А. Чураева (1962) для развития двух поколений указывается значение СЭТ 1390°C, а в «Инструкции по борьбе с американской белой бабочкой» (1985) – 1420°C. За порог развития в обеих публикациях принято 9°C.

Моделирование ареала АББ

Проанализировав приведенные выше источники, мы приняли решение выбрать следующие климатические предикторы для моделирования АББ: СЭТ для развития двух поколений 2000°C, порог развития 10°C. Ввести биоценотические ограничения, как в работе С.Н. Титкиной и др. (2013), описывающей распространение лесных вредителей непарного шелкопряда и монашенки – наличие или отсутствие леса – не представляется возможным, так как АББ не заселяет лесные массивы, а картой, отражающей городские, парковые, садовые, полезащитные или иные подобные насаждения, служащие местообитанием АББ, мы не располагаем. Таким образом, на приведенных ниже картах показан сплошной модельный ареал, обусловленный фактором достаточной теплообеспеченности для развития АББ в двух поколениях. В действительности, с учетом биоценотических условий обитания АББ, ареал в этих пределах будет мозаичным.

На рисунке 5 представлен модельный ареал АББ, рассчитанный исходя из суммы *эффективных* температур 2000°C при пороге

развития 10°C и его изменение за период 1981-2010 гг. по сравнению с периодом 1951-1980 гг.

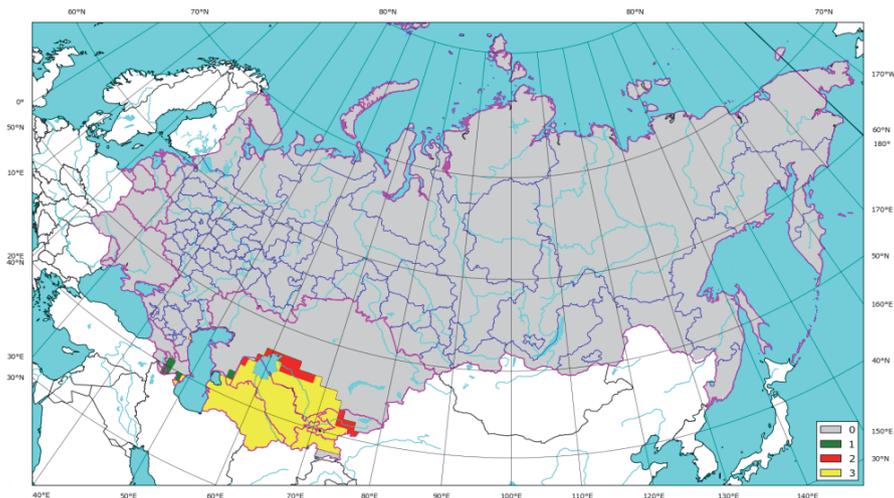


Рис. 5. Модельный ареал АББ, рассчитанный исходя из суммы эффективных температур 2000°C при пороге развития 10°C и его изменение за период 1981-2010 гг. по сравнению с периодом 1951-1980 гг. Обозначения: 0 – территория в ареал не входит; 1 – сокращение ареала; 2 – расширение ареала; 3 – территория входила в ареал в оба периода.

Согласно этому рисунку, АББ существовать на территории Европейской части бывшего СССР, кроме отдельных районов Закавказья, не может, что противоречит многочисленным данным о ее распространении, рассмотренным выше. Возможная причина этого – терминологическая путаница. Вероятно, авторы не делают различий между суммой эффективных и активных температур (подробнее об этих понятиях – см. монографию С.М. Семенова и др., 2006). Они опирались на данные различных агроклиматических справочников, где приводятся именно активные температуры (см., например, Агроклиматический атлас мира (1972), интерактивный «Агроатлас...» (Афонин и др., 2006)). Видимо, наблюдая за развитием АББ, эти авторы отмечали сумму температур, накопленную к тому или иному его этапу. Попытки определить порог развития и сумму температур экспериментально не

предпринимались. Это можно сделать, выращивая насекомых (не только АББ) при нескольких постоянных температурах, а затем получить искомые константы расчетным путем (Чернышев, 1996). На следующем этапе работы мы построили ареал, исходя из суммы **активных** температур 2000°C (рис. 6).

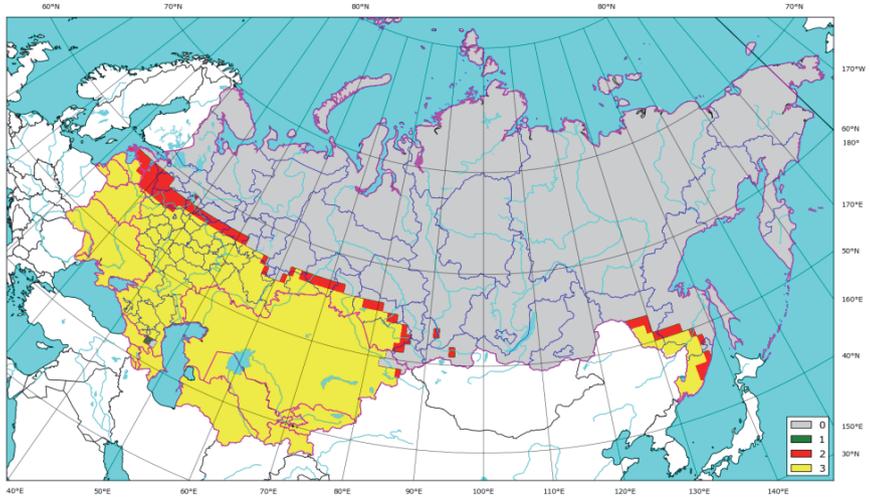


Рис. 6. Модельный ареал АББ, рассчитанный исходя из суммы активных температур 2000°C при пороге развития 10°C и его изменение за период 1981-2010 гг. по сравнению с периодом 1951-1980 гг. Обозначения как на рис. 5.

Представленный на этом рисунке ареал выглядит более реалистичным, соответствующим как фактическим, так и прогностическим (Чураев, 1962; Инструкция по борьбе с американской белой бабочкой, 1985) данным о распространении АББ. За период 1981-2010 гг. по сравнению с 1951-1980 гг. граница потенциального ареала АББ сместится на север, по большей части, на 1° широты, а на территории Тверской, Псковской и Новгородской областей на 2-3°. На Дальнем Востоке для потенциальной акклиматизации АББ пригодны территории Приморского края, Еврейской автономной области, южная часть Хабаровского края и Амурской области.

Оценка возможного распространения АББ в будущем первоначально проводилась на основе климатической модели,

разработанной в ИГКЭ (Семенов и др., 2013, см. настоящий сборник). В этой работе изменения климата на территории России при глобальном уровне потепления $1,5^{\circ}\text{C}$ даются в сравнении с базовым периодом 1981-2000 гг. Это приблизительно соответствует превышению доиндустриального уровня на 2°C (рис. 7).



Рис. 7. Модельный климатообусловленный ареал АББ: изменения при глобальном уровне потепления $1,5^{\circ}\text{C}$ по сравнению с периодом 1981-2000 гг. Обозначения: как на рис. 1, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено.

Как следует из этого рисунка, существенное расширение ареала в северном направлении может иметь место на западе, на стыке границ России, Белоруссии и стран Балтии, а также в Западной Сибири и Дальнем востоке (до 5° по широте).

Следующая часть раздела посвящена оценкам распространения АББ по моделям, рассчитанным Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (ГГО) по параметрам будущего климата, полученным осреднением результатов вычислений по ансамблю из 31 МОЦАО (Моделей Общей Циркуляции Атмосферы



Рис. 8а.



Рис. 8б.

Рис. 8 а, б. Изменение ареала АББ в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему RCP4.5: а) для периода 2011-2030 гг., б) для периода 2028-2047 гг. (переход глобального интеграла через 2°С). Обозначения: как на рис. 1, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено.



Рис. 8в.



Рис. 8г.

Рис. 8 в, г. Изменение ареала АББ в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему RCP4.5: в) для периода 2041-2060 гг., г) для периода 2080-2099 гг. Обозначения: как на рис. 1, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено.

и Океана), которые участвуют в проекте сравнения глобальных климатических моделей CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project – Phase 5) и используют современные сценарии антропогенного воздействия на климатическую систему Земли семейства RCP (Representative Concentration Pathways): сценарий умеренного воздействия RCP4.5 и сценарий экстремального воздействия RCP8.5. Эти сценарии подробно рассмотрены в разделе 3 Второго оценочного доклада..., 2014. Оценки получены для следующих временных периодов в сравнении с базовым периодом 1981-2000 гг. (s1):

- ✓ s2 – 2011-2030 гг.
- ✓ s3 – 2034-2053 гг. для RCP4.5 или 2028-2047 гг. для RCP8.5 (переход глобального интеграла через 2°C)
- ✓ s4 – 2041-2060 гг.
- ✓ s5 – 2080-2099 гг.

На рис. 8 показаны оценки изменения ареала АББ по сценарию умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему RCP4.5 для различных периодов, указанных выше.

Как следует из этого рисунка, ареал АББ будет повсеместно расширяться в северном и восточном направлении, появится изолированный от основной части ареала участок в районе Алданского нагорья. Непригодными для заселения к концу XXI века останутся высокогорные районы Таджикистана и Киргизии, а также южная часть Сибири от стыка границ России, Казахстана и Китая до 114° с.ш. Сокращение ареала не прогнозируется.

На рис. 9 показаны оценки изменения ареала АББ по сценарию экстремального антропогенного воздействия на климатическую систему RCP8.5.

Закономерности изменения ареала те же, что и на рисунке 8. Различия в том, что его расширение к северу и востоку будет более масштабным. К концу века изолированный участок на Алданском нагорье сольется с основной частью ареала, и появятся климатически пригодные для заселения участки на Камчатке и в районе Эльгинского плоскогорья.

Отметим, что на рис. 8 и на рис. 9 позиции а) и б) практически не отличаются. Это означает, что климатическое воздействие в соответствии со сценариями RCP4.5 и RCP8.5 в периоды 2011-2030 гг. и 2028-2047 гг. и 2034-2053 гг. (переход глобального интеграла через 2°C) для RCP4.5 и RCP8.5 соответственно будет влиять на формирование ареала АББ одинаково. Наоборот, позиции в) и г) (периоды 2041-2060 гг. и 2080-2099 гг.) на этих рисунках существенно различны. Таким образом, расхождение по степени климатического воздействия между сценариями RCP4.5 и RCP8.5 начнет сказываться с 40-х годов XXI века.

Реализация климатического потенциала расширения ареала АББ в полной мере представляется нам маловероятной. Этот вид не поселяется в естественных лесных массивах и не может развиваться на хвойных породах. А значительная часть потенциального расширения ареала приходится как раз на хвойные леса. Климатообусловленная смена фитоценозов в силу очевидных причин происходит гораздо медленнее, чем способны распространяться насекомые. Для сравнения укажем, что непарный шелкопряд и шелкопряд-монашенка, а также иксодовые клещи и кровососущие комары (Попов и др., 2013; Титкина и др., 2013, см настоящий сборник) будут осваивать заведомо пригодные для них биотопы, ставшие доступными вследствие изменения климата.

Заключение

Факторами, определяющими формирование ареала АББ, являются теплообеспеченность, особенности фотопериодической реакции и наличие кормовых растений в подходящих ценозах. В качестве климатических предикторов для моделирования ареала выбрана сумма активных температур 2000°C при пороге развития 10°C. Показано, что за период 1981-2010 гг. по сравнению с периодом 1951-1980 гг. граница потенциального ареала АББ сместится на север, по большей части, на 1° широты, а в северо-западной части ареала (Тверская, Псковская и Новгородская области) – на 2-3°. По прогнозу изменения климата на территории России при глобальном уровне потепления 1,5°C существенное расширение ареала в северном направлении может иметь место на западе, на стыке границ России, Белоруссии и стран Балтии, а также в Западной Сибири и Дальнем востоке (до 5° по широте).



Рис. 9а.



Рис. 9б.

Рис. 9 а, б. Изменение ареала АБВ в соответствии со сценарием экстремального антропогенного воздействия на климатическую систему RCP8.5: а) для периода 2011-2030 гг., б) для периода 2034-2053 гг. (переход глобального интеграла через 2°С), Обозначения: как на рис. 1, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено. Обозначения: как на рис. 1, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено.



Рис. 9в.

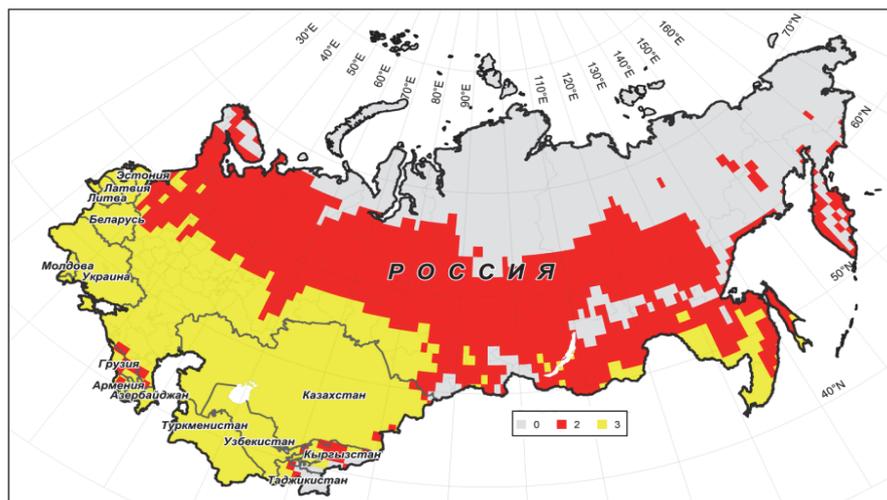


Рис. 9г.

Рис. 9 в, г. Изменение ареала АББ в соответствии со сценарием экстремального антропогенного воздействия на климатическую систему RCP8.5: в) для периода 2041-2060 гг., г) для периода 2080-2099 гг. Обозначения: как на рис. 1, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено. Обозначения: как на рис. 1, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено.

В соответствии со сценарием RCP4.5, ареал АББ будет повсеместно расширяться в северном и восточном направлении, появится изолированный от основной части участок в районе Алданского нагорья. Непригодными для заселения к концу XXI века останутся высокогорные районы Таджикистана и Киргизии, а также южная часть Сибири от стыка границ России, Казахстана и Китая до 114° с.ш. Сокращение ареала не прогнозируется. По сценарию RCP8.5 закономерности изменения ареала те же, что и по сценарию RCP4.5. Различия в том, что его расширение к северу и востоку будет более масштабным. К концу века изолированный участок на Алданском нагорье сольется с основной частью ареала, и появятся климатически пригодные для заселения участки на Камчатке и в районе Эльгинского плоскогорья. Изменения климата в соответствии со сценариями RCP4.5 и RCP8.5 будут влиять на формирование ареала АББ в начале XXI века одинаково. Расхождение по степени климатического воздействия между этими сценариями начнет сказываться с 2040 годов.

Реализация климатического потенциала расширения ареала АББ к концу XXI века в полной мере в силу биоценотических ограничений представляется маловероятной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматический атлас мира. 1972. Под ред. И.А. Гольцберг. –Л.: Гидрометеиздат. 184 С.
2. Афонин А.Н.; Гринн С.Л.; Дзюбенко Н.И.; Фролов А.Н. 2006. Интерактивный Атлас полезных растений, их вредителей и экологических факторов России и сопредельных государств [Интернет-версия 1.0]. Санкт-Петербург, Россия. Санкт-Петербургский Государственный Университет, Факультет Географии. <http://www.agroatlas.ru>.
3. Быковский В.А. 1998а. Особенности развития американской белой бабочки. Агро XXI. № 7. С. 20.
4. Быковский В.А. 1998б. Особенности развития американской белой бабочки. Защита и карантин растений. № 8. С. 35.
5. Быковский В.А. 1999. Особенности развития американской белой бабочки на Северном Кавказе и факторы, регулирующие ее численность. Автореферат на соискание уч. ст. канд. биол. наук. –М.: 29 С.
6. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. –М.: Росгидромет, 2014. (в печати).
7. Газиев М.Б., Мустафаева Т.М., Гянджалиев Г.А. 1999. Американская белая бабочка в Азербайджане. Защита и карантин растений. № 9. С. 33-34.

8. Гниненко Ю.И. 2011. Массовые размножения инвазивных насекомых в лесу. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 196 –С.-Пб.: СПб ГЛТА. С.209-216.
9. Гниненко Ю.И., Шамилов А.С. 2011. Американская белая бабочка *Huphantria cunea* Drury – вредитель леса в России. Защита лесов юга России от вредных насекомых и болезней. Пушкино: ВНИИЛМ. С. 22–24.
10. Гниненко Ю.И., Щуров В.И., Раков А.Г. 2011. Некоторые новые инвазивные виды дендрофильных насекомых в Краснодарском крае. Защита лесов юга России от вредных насекомых и болезней. Пушкино: ВНИИЛМ. С.25-37.
11. Ижевский С.С. 2002. О возможности вывода американской белой бабочки из числа карантинных объектов. Защита и карантин растений. № 12. С. 14-17.
12. Ижевский С.С., Миронова М.К., Хорхордин Е.Г. 1999. Преодоление «пестицидного синдрома», спровоцированного появлением адвентивного насекомого-фитофага. Экология. № 1. С. 36-41.
13. Исин М.М., Шанимов Х.И., Копжасаров Б.К. 2008. Американская белая бабочка в Казахстане. Защита и карантин растений. № 9. С. 39.
14. Инструкция по борьбе с американской белой бабочкой. 1985. –М.: Агропромиздат. 16. С.
15. Клечковский Ю.Э. 2005. Прогнозирование и развитие локальных популяций американской белой бабочки. Актуальные проблемы защиты картофеля, плодовых и овощных культур от болезней, вредителей и сорняков. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика НАН Беларуси Н.А. Дорожкина. Минск. С. 162-167.
16. Кривошеев С.П. 2009. Американская белая бабочка на Украине. Защита и карантин растений. № 5. С. 36-38.
17. Кузнецов В.Н. 2005. Инвазии насекомых в наземные экосистемы Дальнего Востока России. Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. Владивосток: Дальнаука. С. 91-97.
18. Кузнецов В.Н., Стороженко С.Ю. 2010. Инвазии насекомых в наземные экосистемы Дальнего Востока России. Российский Журнал Биологических Инвазий. № 1. С. 12-18.
19. Лоладзе З.П., Парвания М.Ш., Лобжанидзе Т.Д. 2003. Американская белая бабочка в Грузии. Защита и карантин растений. № 1. С. 30
20. Мешкова В.Л., Давиденко Е.В. 2007. Возможности разведения американской белой бабочки (*Huphantria cunea* Drury) для тестирования энтомопатогенных вирусов. Информ. бюл. ВПРС/МОББ. № 38. С. 168-170.
21. Морковина А.Б., Милько Д.А. 2006. В Киргизии обнаружена американская белая бабочка. Защита и карантин растений. № 9. С. 26-27.
22. Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов на землях лесного фонда Российской Федерации за 2009 год. 2010. Пушкино: ФГУ «Российский центр защиты леса». 179 С.
23. Орозумбеков А.А. 2011. Перспективы и проблемы защиты леса в Центральной Азии. Болезни и вредители в лесах России: век XXI. Материалы Всероссийской конференции с международным участием и V ежегодных чтений памяти О.А.Катаева. Екатеринбург, 20-25 сентября 2011 г. Красноярск. С. 21-23.

24. Попов И.О., Титкина С.Н., Семенов С.М., Ясюкевич В.В. 2013. Модельные оценки распространения переносчиков некоторых болезней человека в XXI веке в России и соседних странах. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 25. –М.: ИГКЭ. (В печати).
25. Резайи В. 2006. Некоторые особенности американской белой бабочки в Иране. Защита леса от вредителей и болезней. Пушкино: ВНИИЛМ. С. 196-198.
26. Саулич А.Х. 1994. Значение абиотических факторов при формировании вторичных ареалов адвентивных видов насекомых. Энтомологическое обозрение. Т. 73, № 3. С. 591-605.
27. Саулич А.Х. 1999. Экспериментальный анализ сезонного развития насекомых и возможности их расселения. –С.-Пб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та. 248 С.
28. Саулич А.Х., Волкович Т.А. 2004. Экология фотопериодизма насекомых. –С.-Пб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та 276 С.
29. Семенов С.М., Ясюкевич В.В., Гельвер Е.С. 2006. Выявление климатогенных изменений. –М.: Издательский центр «Метеорология и гидрология». 324 С.
30. Семенов С.М., Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Попов И.О., Титкина С.Н. 2013. Распределение приповерхностной температуры на территории России и соседних стран при заданном уровне глобального потепления. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. –М.: ИГКЭ. Т. 25. (В печати).
31. Титкина С.Н., Попов И.О., Семенов С.М., Ясюкевич В.В.. 2013. Изменение распространения в России и соседних странах непарного шелкопряда и шелкопряда-монашенки (*Lymantria dispar* L. и *Lymantria monacha* L., *Lymantriidae*, *Lepidoptera*) под влиянием наблюдаемого и ожидаемого в XXI веке изменения климата. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 25. –М.: ИГКЭ. (В печати).
32. Фокин А.В. 2008. Американская белая бабочка как вредитель...кирпича. Защита и карантин растений. № 9. С. 41.
33. Чернышев В.Б. 1996. Экология насекомых. –М.: Изд-во МГУ. 304 С.
34. Чураев И.А. 1962. Американская белая бабочка. –М.: Сельхозиздат.103 С.
35. Шамилов А.С. 2008. Американская белая бабочка в Дагестане. Защита и карантин растений. № 8. С. 29.
36. Шамилов А.С. 2011. Американская белая бабочка и система защитных мероприятий в очагах ее массового размножения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. –М.: ФГУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ВНИИЛМ). 22 С.
37. Ясюкевич В.В., Попова Е.Н., Гельвер Е.С., Ривкин Л.Е. 2007. Влияние климатических факторов на формирование ареала колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say). Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. –С.-Пб.: Гидрометеиздат. Т. 21. С. 348-379.
38. Gomi T. 1999. Seasonal adaptation and expansion of distribution in the fall webworm *Hyphantria cunea* in Japan. Biol. invasions of ecosystems by pests and beneficial organisms. Tsukuba P. 88-97.
39. Gomi T. 2007. Seasonal adaptation of the fall webworm *Hyphantria cunea* following its invasion of Japan. Ecological research. V. 22, №6. P. 855-861.