

Климатические предикторы для модельного описания климатических ареалов некоторых биологических видов и их изменений в условиях будущего климата

В.В. Ясюкевич¹⁾, А.Ю. Богданович^{1,2)}*

¹⁾ Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля,
РФ, 107258, г. Москва, ул. Глебовская, д. 20Б

²⁾ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет,
Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1

* адрес для переписки: v1959@yandex.ru

Реферат. В результате анализа литературных источников были получены и сведены в таблицу данные о климатических предикторах для 28 целевых объектов биологической природы. В основном это насекомые или клещи, имеющие значение для продовольственной безопасности или же являющиеся источником угрозы для здоровья человека. В качестве демонстрации эффективности использования климатических предикторов приведено описание климатического ареала одного из распространенных вредителей сельскохозяйственных культур – хлопковой совки (*Helicoverpa armigera* Hubner, *Lehidoptera*, *Noctuidae*).

Ключевые слова. Климат, биологические виды, ареалы, климатические предикторы, моделирование ареалов хлопковой совки.

Climate predictors for the model description of the climatic ranges of some biological species and their changes in the conditions of the future climate

V.V. Yasjukevich¹⁾, A.Yu. Bogdanovich^{1,2)}*

¹⁾ Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology,
20B, Glebovskaya str., 107258, Moscow, Russian Federation

²⁾ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography,
1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russian Federation

* Correspondence address: v1959@yandex.ru

Abstract. As a result of the analysis of the literature sources, data on climate predictors of 28 target objects of biological nature were obtained and tabulated. These are mainly insects or ticks that are important for food security or are a source of threat to human health. As a demonstration of the effectiveness of the use of climate predictors, the description of the climatic range of one of the most common

pests of agricultural crops – the cotton scoop (*Helicoverpa armigera* Hubner, *Lehidoptera*, *Noctuidae*) is given.

Keywords. Climate, biological species, habitats, climate predictors, modeling of cotton scooper habitats.

Введение

Одним из важных аспектов оценки последствий изменения климата для природных и хозяйственных систем, здоровья населения является математическое моделирование климатических ареалов биологических видов с использованием климатических предикторов. Под климатическим ареалом понимается область географического пространства, климатические условия которой допускают устойчивое существование вида. Фактический ареал, конечно, может быть более узким, поскольку у видов есть и иные требования к среде, например, экологические.

Этот термин – климатический ареал – может также применяться и к другим целевым объектам, имеющим биологическую природу. Так, например, можно говорить о климатическом нозоареале, подразумевая под этим часть географического пространства, климат которой позволяет циркулировать возбудителю определенной трансмиссивной болезни, например, малярии.

Климатические ареалы можно эффективно описывать с помощью климатических предикторов. Под этим термином понимаются климатические факторы, определяющие формирование ареала целевого объекта. Количественно такие факторы описываются прикладными климатическими индексами или же просто метеорологическими величинами, а климатический ареал – совокупностью требований к значениям таких переменных. Если известны предикторы, обеспечивающие развитие одного поколения и известно также, что объект развивается в нескольких поколениях в год, то климатический ареал можно подразделить на зоны по количеству поколений.

Климатические ареалы многих важных целевых объектов, широко распространенных на территории Российской Федерации, недостаточно изучены. Организовать их детальный мониторинг сложно ввиду недостатка ресурсов. Поэтому в настоящее время использование климатических предикторов – единственный эффективный метод модельного описания климатических ареалов, а также оценки их изменений в условиях изменяющегося климата.

Цели данной статьи – систематизация и обобщение имеющейся в специальной литературе информации о климатических предикторах некоторых целевых объектов биологической природы, негативно влияющих на лесное и сельское хозяйство, на здоровье людей и обеспечение продовольствием.

В качестве демонстрации эффективности использования климатических предикторов приведено описание климатического ареала одного из распространенных вредителей сельскохозяйственных культур – хлопковой совки (*Helicoverpa armigera* Hubner, *Lehidoptera*, *Noctuidae*).

Материалы и методы

Чаще всего в качестве климатических предикторов используются следующие:

- среднегодовая температура, °C;
- средняя температура января, как самого холодного месяца года, °C;
- средняя температура июля, как самого теплого месяца года, °C;
- сумма осадков (мм) за год или определенный сезон;
- сумма активных или эффективных температур (°C·сут) при определенном температурном пороге (°C);
- число суток со среднесуточной температурой (°C) выше определенного порогового значения.

Для вычисления значений этих климатических предикторов в качестве исходной информации используются данные мониторинга климата или данные моделирования климата.

В качестве примера данных мониторинга климата можно привести базу данных среднесуточных значений температуры в приповерхностном слое атмосферы и суточной сумме осадков на сети метеорологических станций международного обмена, расположенных на территории России и соседних стран. Эта база данных поддерживается Всероссийским научно-исследовательским институтом гидрометеорологической информации – Мировым центром данных (ВНИИГМИ-МЦД Росгидромета) и размещена в сети Интернет (<http://www.meteo.ru>). Другой пример – база данных Отдела по исследованию климата (Climatic Research Unit, CRU) Университета Восточной Англии, Великобритания (Harris et al., 2020). Этот массив о среднемесячных значениях температуры и месячных суммах осадков – глобальный. Он организован по регулярной пространственной сетке $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ (<https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/>).

Другой подход опирается на метод математического моделирования. Оценки климата для прошлого, настоящего и будущего получаются в ходе расчетов с помощью математически моделей климатической системы Земли. Таких моделей построено много десятков в разных странах мира. В России глобальная климатическая модель создана в Институте вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН. Региональная климатическая модель построена в Главной геофизической обсерватории им. А.М. Воейкова. Климатическая модель промежуточной сложности создана в Институте физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН.

Климатические предикторы для математического моделирования климатических ареалов и последующего электронного картографирования могут определяться двумя путями.

Климатические предикторы и их параметры (пороговые значения) могут непосредственно браться из специальной научной литературы. Конечно, это возможно лишь в отношении тех видов, с которыми связан значительный хозяйственный ущерб или угроза здоровью населения – в этих случаях на полевое и лабораторное изучение таких видов часто выделялись значительные ресурсы, и опубликованная информация о них часто вполне достаточная.

Если такая информация отсутствует, то климатические предикторы выбираются, исходя из результатов фундаментальных исследований биологии целевого объекта, а конкретные значения порогов для них оцениваются по фактическому ареалу (Попов, 2016). Конечно, это возможно лишь тогда, когда есть основания предполагать, что фактический и климатический в значительной мере ареалы совпадают. При этом важно соблюдать соответствие датировок климатических данных и датировок данных наблюдений, на основании которых построен фактический ареал (Попова, Попов, 2019).

При построении климатического ареала для каждой точки географического пространства рассматривается ситуация в каждом году. В результате вычисления значений климатических предикторов выясняется, входят ли значения выбранных климатических предикторов в диапазоны, соответствующие климатическому ареалу: да – 1, нет – 0. Для рассматриваемой точки и периода времени I лет (например, десятилетия) это генерирует совокупность нулей и единиц общим числом $N = I \cdot L$. Число выпавших единиц k позволяет построить вероятностную оценку – оценку уверенности в том, что частота выпадения единицы p превосходит некоторую пороговую частоту p_0 с определенной степенью уверенности (likelihood). Считается, что рассматриваемая точка принадлежит климатическому ареалу именно с такой степенью уверенности. Эти методические моменты подробно описаны в работах (Semenov et al., 2019; Семенов и др., 2020; Богданович и др., 2021). Значение p_0 определяется группой экспертов.

При использовании метода климатических предикторов для сравнительного анализа распространения в географическом пространстве какого-либо объекта или процесса биологической природы (например, при сравнении климатических ареалов биологического вида) для разных периодов времени (например, для двух десятилетий), если это возможно, целесообразно использовать либо данные наблюдений, либо данные моделирования климата. Это элиминирует ошибку метода, а также технические сложности при визуализации результатов сравнения при картографировании. Кроме того, при результатах моделирования климата для данного периода времени часто имеется не одна реализация (как в результатах метеорологических наблюдений), а целая их совокупность. Это повышает определенность положения границ климатического ареала в географическом пространстве.

Результаты и обсуждение

В результате анализа литературных источников были получены и сведены в таблицу данные о климатических предикторах 28 целевых объектах биологической природы. В основном это насекомые или клещи, имеющие значение для продовольственной безопасности или же являющиеся источником угрозы для здоровья человека. Эта сводка является основным результатом работы.

Картосхемы ареалов видов, предикторы которых сведены в таблицу, не все построены. Ссылки на работы, в которых приводятся ранее построенные, приведены в заключении.

Таблица. Климатические предикторы для описания климатических ареалов
Table. Climate predictors for describing climatic areas

Вид	Годовая СЭТ, °С·сут	Годовая САТ, °С·сут	Темпера- турный порог для СЭТ и САТ, °С	Годовая сумма осадков, мм	Среднемесяч- ные значения температуры, °С	Число суток в году со средне- суточной температу- рой выше пороговой, °С	Источник	Дополнительные сведения
<i>Ixodes ricinus</i> Linnaeus, 1758 Европейский лесной клещ	–	> 1550	10	> 491	январь, > – 14,1	–	Таежный клещ..., 1985; Попов, 2016	Ареал ограничен лесной зоной
<i>Ixodes persulcatus</i> Schulze, 1930 Таежный клещ	–	> 1340	10	> 339	январь, < –5,0	–	Таежный клещ..., 1985; Попов, 2016	Ареал ограничен лесной зоной
<i>Calliptamus italicus</i> Linnaeus, 1758 Итальянский прус	–	> 2250	10	< 400 (за период май– сентябрь)	–	–	Попова, Попов, 2009	–
<i>Rodius maculiventris</i> Say, 1832 Хищный клоп	> 400	–	11	–	январь > 15–16	–	Саулич, Мусолин, 2011	–
<i>Leptotarsa descemlineata</i> Say, 1824 Колорадский картофельный жук	> 360	–	11,5	–	Июль, < +27 ; среднегодовая > 0	–	Злотников, 1967; Колорадский картофельный жук..., 1981	СЭТ для 1 поколения. Вид способен давать 1–3 поколения в зависимости от теплообеспеченности.
<i>Homonia axyridis</i> Pallas, 1773 Божья коровка-арлекин	> 231,3 > 267,3	–	10 11,2	–	–	–	Staverlökk, Saethre, 2007	Популяция из Франции Вид акклиматизирован из Восточной Азии
<i>Nyctantia culea</i> Drury, 1773 Американская белая бабочка	–	> 2000	10	–	–	–	Саулич, 1994	Для 2х поколений. Предиктор определяет сплошной ареал. Реально ареал мозаичный, так как объект не заселяет естественные лесные массивы (только парки, сады, лесополосы).
<i>Cydia pomonella</i> Linnaeus, 1758 Яблонная плодожорка	> 500	–	10	–	–	–	Овсянникова, Гричанов, 2002	Для 1го поколения. Вид способен давать 1–3 поколения в зависимости от теплообеспеченности.
<i>Laspeyresia pygiva</i> Danilevsky, 1947 Грушевая плодожорка	> 400	–	10	–	–	–	–	В южных районах 2 поколения

Продолжение таблицы

Вид	Годовая СЭТ, °С·сут	Годовая СЭТ, °С·сут	Темпера- турный порог для СЭТ и САТ, °С	Годовая сумма осадков, мм	Среднеме- сячные значения температу- ры, °С	Число суток в году со средне- суточной температу- рой выше пороговой, °С	Источник	Дополнительные сведения
<i>Ostrinia nubilalis</i> Hübner, 1796 Кукурузный (стеблевой) мотылек	> 710	—	9	—	—	—	Кожанчиков, 1938	—
<i>Lupantria dispar</i> Linnaeus, 1758 Непарный шелкопряд	> 500	—	10.4	—	—	—	Vanhanen et al., 2007	Повреждает многие лиственные и хвойные породы. Ареал ограничен лесами и лесными насаждениями.
<i>Lupantria molacha</i> Linnaeus, 1758 Шелкопряд-монашенка	> 480	—	10	—	—	—	Vanhanen et al., 2007	Повреждает только хвойные породы. Ареал ограничен хвойными лесами.
<i>Scydalima perspectalis</i> Walker, 1859 Самшитовая огневка	> 560	—	8	—	—	—	Нестеренкова и др., 2017	Для 1-го поколения. На юге России вид способен давать до 3х поколений.
<i>Helicoverpa armigera</i> Hubner, 1808 Хлопковая совка	> 550	—	11	—	—	—	Чумаков, Кузнецова, 2008; http://www.agroatlas.ru/ru/content/pests/Helicoverpa_armigera/index.html	Для 1-го поколения. В Европейской части России ви способен давать 1–3 поколения, а в Центральной Азии – 3–4 поколения.
<i>Ceratitis capitata</i> Wiedemann, 1824 Средиземноморская плодовая муха	—	> 3000 > 3800	10 10	—	—	—	Магомедов, Атанов, 2012	Холодостойкая раса. Тропическая раса.
<i>Aedes aegypti</i> Linnaeus, 1762 Желтолихорадочный комар	—	—	—	> 450	январь > 0	—	Ганушкина, Дремова, 2011	—
<i>Aedes albopictus</i> Skuse, 1894 Тигровый комар	—	—	—	> 450	январь > -3...-1	—	Ганушкина, Дремова, 2011	Разброс по температуре – характеристики разных популяций.
Комплекс видов <i>Anopheles maculipennis</i> Малярийные комары	—	—	—	—	—	≥ 85 суток при температурно м пороге 10	Беклемишев, 1970	Фактически предиктор описывает северную границу распространения <i>An. beklemishevi</i> Stegnii and Kabanova, 1976 и <i>An. messeae</i> Falleroni, 1926. Распространение на восток <i>An. messeae</i> ограничивается междуречьем рек Зеи и Буреи (около 125° в.д.). Это наиболее далеко заходящий на восток вид комплекса, а <i>An. beklemishevi</i> доходит примерно до 90° в.д.
Малярийные комары, зимующие в активном состоянии и периодически питающихся кровью (<i>An. superpictus</i> Grassi, 1899, <i>An. sacharovi</i> Favre, 1903, <i>An. atroparvus</i> Van Thiel, 1927)	—	—	—	—	январь > -7	—	Беклемишев, 1970	—

Продолжение таблицы

Вид	Годовая СЭТ, °С·сут	Годовая САТ, °С·сут	Температурный порог для СЭТ и САТ, °С	Годовая сумма осадков, мм	Среднесуточные значения температуры, °С	Число суток в году со средней суточной температурой выше пороговой, °С	Источник	Дополнительные сведения
<i>An. pulcherrimus</i> Theobald, 1902 Малярийный комар	–	–	–	< 750	–	≥ 110 суток при температурном пороге 20	Беклемишев, 1970	–
<i>Dirofilaria immitis</i> Leidy, 1856 , <i>D. repens</i> Railliet & Henry 1911 Круглые червь, возбудитель гельминтоза	130	–	> 14	–	–	–	Kartashev et al., 2014; Simón et al., 2014	За период 30 дней.
<i>Plasmodium vivax</i> (Grassi & Feletti, 1890) Возбудитель трехдневной малярии	105	–	14.5	–	–	–	Детинова, 1962	Необходимая теплообеспеченность для прохождения части жизненного цикла в комаре.
<i>Plasmodium falciparum</i> Welch, 1897 Возбудитель тропической малярии	111	–	16	–	–	–	Детинова, 1962	Необходимая теплообеспеченность для прохождения части жизненного цикла в комаре.
Вирус Лихорадки Западного Нила	–	> 2200	10	–	–	–	Platonov et al., 2008	Время года. Возможность возникновения эндемических очагов.
–	–	> 2800	10	–	июль ≥ 16	≥ 135 суток при температурном пороге 10	Адищева и др., 2016	Для континентального климата
–	2000	–	10	–	–	–	–	–
Вирус Крымской геморрагической лихорадки	–	> 3000	10	–	–	–	Смирнова, 2006	Для морского климата Потенциальный нозоареал.

Предикторы задают границы модельных ареалов, в том числе и северную границу если, например, СЭТ больше (не меньше) 500° при пороге 10° , то это и есть северная граница (ареал может расширяться только в южном направлении). Аналогично с январскими изотермами).

Как следует из таблицы, климатические предикторы видоспецифичны. Более того, в некоторых случаях (*Ceratitis capitata* – Средиземноморская плодовая муха, *Harmonia axyridis* – Божья коровка-арлекин, *Aedes albopictus* – Азиатский тигровый комар) значения предикторов для различных рас и популяций также неодинаковы.

Из таблицы также видно, что среди предикторов преобладают значения суммы активных или эффективных температур.

В качестве демонстрационного примера эффективности использования климатических предикторов приведено описание климатического ареала одного из распространенных вредителей сельскохозяйственных культур – хлопковой совки (*Helicoverpa armigera* Hubner, *Lehidoptera*, *Noctuidae*). Подробнее о методике балльной (вероятностной) оценки см. (Семенов и др., 2020).

Моделирование климатического ареала хлопковой совки

Хлопковая совка широко распространена по всему свету: преимущественно в тропических и субтропических областях, а также в Средней и Южной Европе, в умеренных областях Азии, Африки, Австралии, Океании. Высокая численность отмечалась также в Албании, Алжире, Болгарии, Египте, Испании, Португалии, Германии, Греции, Израиле, Иране, Украине, Молдавии, на Северном Кавказе, в Закавказье, Казахстане, Средней Азии, южной России. В России ареал хлопковой совки охватывает лесостепную и степную зоны, достигая южной границы тайги.

Хлопковая совка – многоядный вредитель. В наибольшей степени вредит хлопчатнику, томатам, кукурузе, нуту, люцерне, табаку, подсолнечнику. Может повреждать сою, горох, тыкву, кабачки, клещевину, кенаф, джут. Может развиваться и на сорняках – паслёне, дурмане, белене, лебеде, канатнике и щирице. Всего же в России и сопредельных странах список кормовых растений насчитывает более 120 видов.

Хлопковая совка – полициклический вид. В России развивается в 1-3 поколениях (в зависимости от географической широты), в Азербайджане и Средней Азии – 3-4 поколения, на юге Таджикистана до 5 поколений. Зимует куколка в почве. Сумма эффективных температур для развития 1 поколения 550°C при пороге 11°C (Чумаков, Кузнецова, 2008). Таким образом, изотерма СЭТ 550°C при пороге 11°C и является северной границей потенциального ареала вредителя.

Ниже приводится модельный климатический ареал хлопковой совки для периода 1990-1999 гг.

Сравнивая модельный ареал с приводимым в интерактивном «Агроатласе...» (Афонин и др., 2008; Чумаков, Кузнецова, 2008) (рис. 2), можно отметить большое сходство этих карт. Разница заключается в методическом

подходе. Мы оценивали вероятность (уверенность) вхождения точки в ареал, а авторы «Агроатласа...» – по зонам вредоносности.

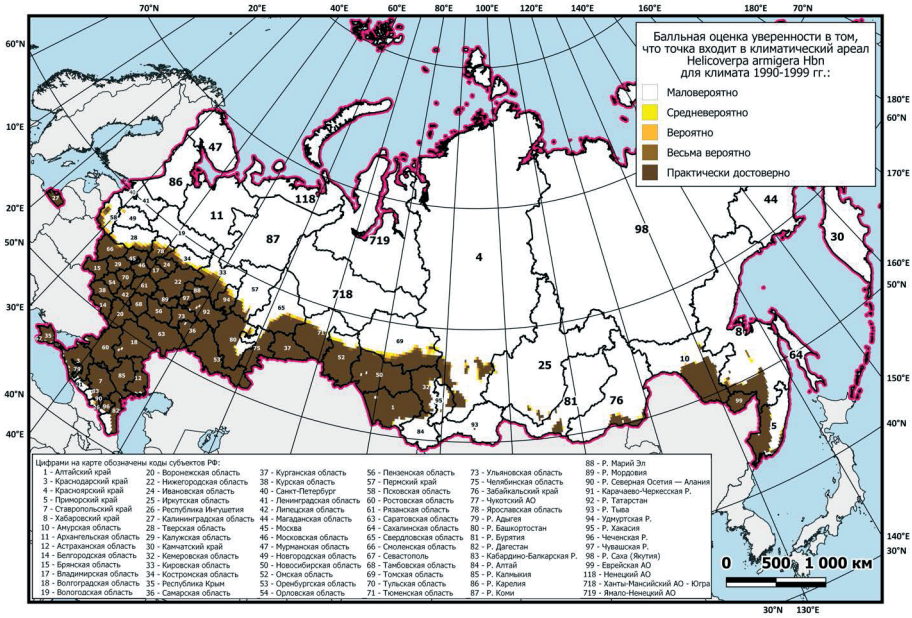


Рисунок 1. Балльная оценка уверенности в том, что точка входит в климатический ареал *Helicoverpa armigera* для климата 1990-1999 гг.

Figure 1. Confidence score for the point being included in the climatic range of *Helicoverpa armigera* for the climate of 1990-1999

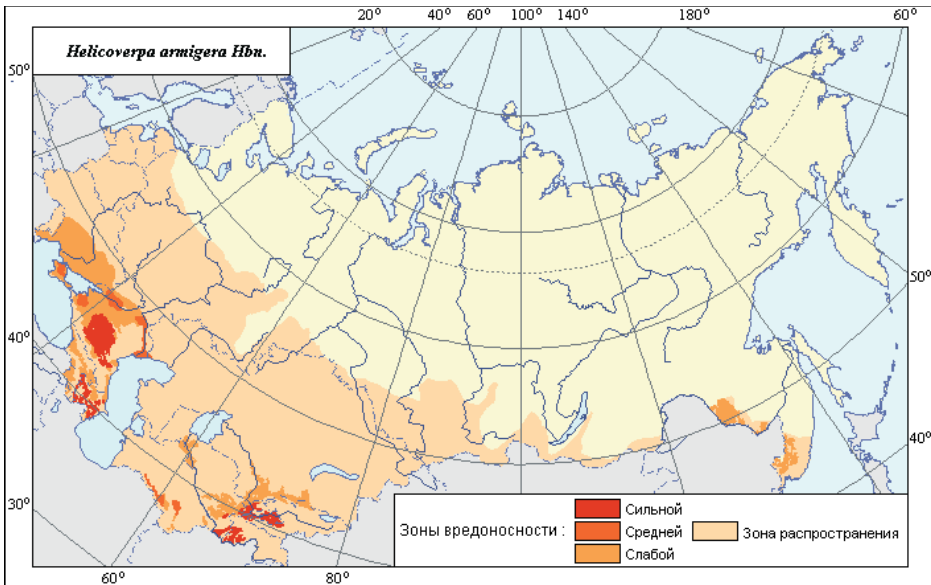


Рисунок 2. Ареал хлопковой совки, приводимой в «Агроатласе...» (Афонин и др., 2008; Чумаков, Кузнецова, 2008)

Figure 2. The area of the cotton shovel, given in "Agroatlas..." (Afonin et al., 2008; Chumakov, Kuznetsova, 2008)

На рис. 1 легко видеть, что большая часть модельного ареала отличается высокой стабильностью (оценка «практически достоверно»). Некоторая нестабильность отмечается в узкой полосе по северной границе ареала.

На рис. 3. Показано изменение балльной оценки уверенности в том, что точка входит в климатический ареал *Helicoverpa armigera* для климата 2030-2039 гг. по сравнению с климатом 1990-1999 гг. На Европейской территории России и части Западной Сибири модельный ареал пересечет 60° с. ш., чего не отмечалось на рис. 1 и 2.

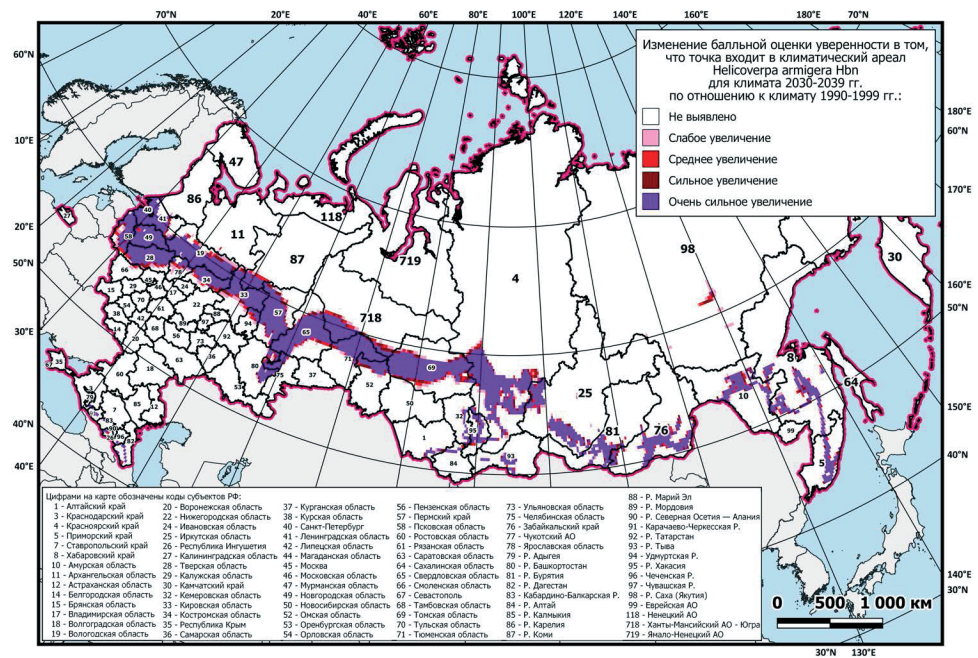


Рисунок 3. Изменение балльной оценки уверенности в том, что точка входит в климатический ареал *Helicoverpa armigera* для климата 2030-2039 гг. по сравнению с климатом 1990-1999 гг.

Figure 3. Change in the confidence score for the point being included in the climate range of *Helicoverpa armigera* for the climate of 2030-2039 compared to the climate of 1990-1999

На рис. 4 аналогичным образом показано изменение балльной оценки уверенности в том, что точка входит в климатический ареал *Helicoverpa armigera*, но уже для климата 2050-2059 гг. по сравнению с климатом 1990-1999 гг. Возможно потенциальное заселение хлопковой совкой южной части Республики Коми, Архангельской области, Республики Карелия, южной части Ханты-Мансийского АО, большей части Томской области, юга Сибирского и Дальневосточного ФО, появится обширная область на пересечении 60° с. ш. и 130° в. д. на территории Республики Саха (Якутия).

Однако, реализация климатических предпосылок расширения ареала хлопковой совки севернее 60° с. ш. представляется сомнительной, так как повреждаемые ею хозяйственно важные растения выращиваются в подавляющем случае южнее.

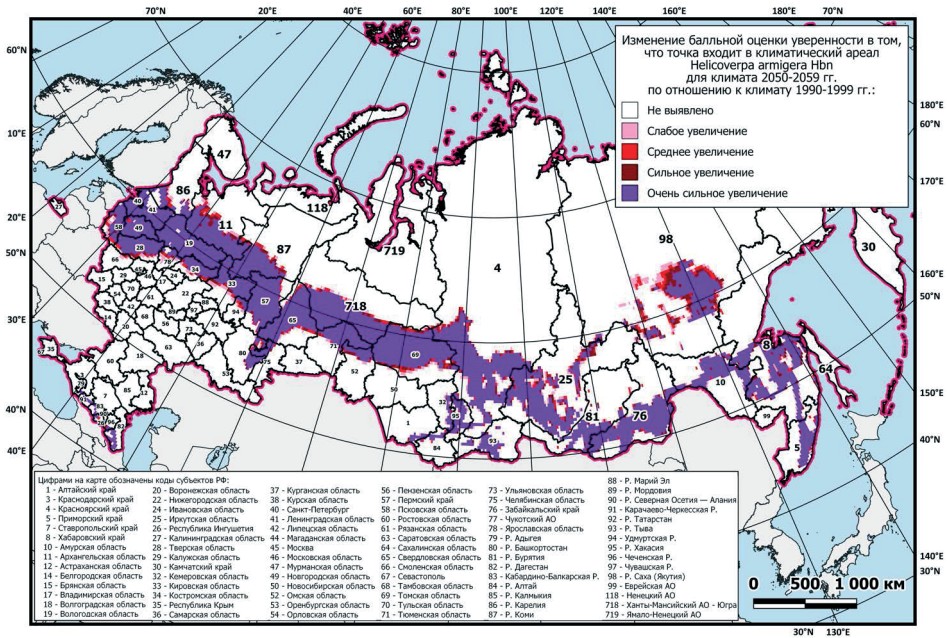


Рисунок 4. Изменение балльной оценки уверенности в том, что точка входит в климатический ареал *Helicoverpa armigera* для климата 2050-2059 гг. по сравнению с климатом 1990-1999 гг.

Figure 4. Change in the confidence score for the point being included in the climate range of *Helicoverpa armigera* for the climate of 2050-2059 compared to the climate of 1990-1999

Закключение

Часть из приведенных предикторов была использована в нашей многолетней практике для моделирования климатических ареалов малярии (Ясюкевич, Гельвер, 2003; Ясюкевич, 2004), колорадского жука (Ясюкевич и др., 2007; Ясюкевич и др., 2011), малярийных комаров (Ясюкевич и др., 2013а), американской белой бабочки (Ясюкевич и др., 2013б), адвентивных видов комаров *Aedes aegypti* и *Ae. albopictus* – переносчиков вирусных лихорадок (Ясюкевич и др., 2017), иксодовых клещей (Ясюкевич и др., 2018), непарного шелкопряда и шелкопряда-монашенки (*Lymantria dispar* и *Lymantria monacha* (Ясюкевич и др., 2019), Лихорадки западного Нила (Ясюкевич и др., 2019), Крымской геморрагической лихорадки (Ясюкевич и др., 2020).

В этих работах показано, что в условиях как наблюдаемого, так и ожидаемого в XXI веке изменения климата в соответствии со сценариями RCP4.5 и RCP8.5 (Второй оценочный доклад..., 2014.) будет происходить расширение ареалов целевых объектов на территории России и соседних стран преимущественно в северном и восточном направлениях.

Сводка предикторов, приведенная в данной работе, и пример применения модифицированной методики построения карт-схем климатических ареалов дают возможность более детально оценки их климатогенных изменений с учетом неопределенности границ их положения в географическом пространстве.

Список литературы

Адищева О.С., Малхазова С.М., Орлов Д.С. (2016) Распространение лихорадки Западного Нила в России. – *Вестн. Моск. Ун-та, сер. 5, География*, № 4, с. 48-54.

Афонин А.Н., Грин С.Л., Дзюбенко Н.И., Фролов А.Н. (ред.). (2008) *Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения*. Электронный ресурс. URL: <http://www.agroatlas.ru>.

Беклемишев В.Н. (1970) *Биоэкологические основы сравнительной паразитологии*. – М., Наука, 502 с.

Богданович А.Ю., Павлова В.Н., Ранькова Э.Я., Семенов С.М. 2021. Влияние изменений засушливости в России в XXI веке на пригодность территорий для возделывания зерновых культур. – *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 7, № 1, с. 20-35.

Васильев В.П., Лившиц И.З. (1984) *Вредители плодовых культур*. – М., Колос, 399 с.

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. (2014) – М., Росгидромет, 1008 с.

Ганушкина Л.А., Дремова В.П. (2011) Комары *Aedes aegypti* и *Aedes albopictus* – переносчики арбовирусных инфекций, биология, экология, распространение, отличительные признаки видов. – *Медицинская паразитология и паразитарные болезни*, № 4, с. 24-28.

Детинова Т.С. (1962) *Методы установления возрастного состава двукрылых насекомых, имеющих медицинское значение*. – Женева, ВОЗ, 220 с.

Злотников М.Д. (1967) Возможный ареал распространения и сроки развития колорадского жука в Европейской части СССР. – *Труды Всесоюз. н.-и. ин-та защиты растений*, вып. 27, с. 68-74.

Кожанчиков И.В. (1938) Географическое распространение и физиологические признаки *Pupa nubilalis* Hbn. – *Зоол. журнал*, т. 17, вып. 2, с. 246-259.

Колорадский картофельный жук Leptinotarsa decemlineata Say. (1981) / Под ред. Р.С. Ушатинской. – М., Наука, 337 с.

Магомедов У.Ш., Атанов Н.М. (2012) Средиземноморская плодовая муха *Ceratitis capitata* (Wied.). Возможности акклиматизации. – *Карантин растений. Наука и практика*, № 2(2), с. 40-53.

Нестеренкова А.Э., Пономарев В.Л., Карпун Н.Н. (2017) Особенности развития самшитовой огневки *Cydalima perspectalis* Walker в лабораторной культуре. – *Лесной вестник / Forestry Bulletin*, т. 21, № 3, с. 61-69, doi: 10.18698/2542-1468-2017-3-61-69.

Овсянникова Е.И., Гричанов И.Я. (2002). Развитие яблонной плодовой жорки в условиях потепления климата в европейской части России. – *Вестник защиты растений*, № 3, с. 20-28.

Попов И.О. (2016) *Климатически обусловленные изменения аутоэкологических ареалов иксодовых клещей ixodes ricinus и ixodes persulcatus на территории России и стран ближнего зарубежья*. – Диссертация ... кандидата биологических наук. – М., ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 112 с.

Попова Е.Н., Попов И.О. (2009) Вредные саранчовые на юге России и климатические факторы, влияющие на их размножение и распространение. – В кн.: *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*, т. XXII, – М., ИГКЭ, с. 124-146.

Попова Е.Н., Попов И.О. (2019) Моделирование потенциальных климатических ареалов биологических видов и их климатогенных изменений, – *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 1, с. 58-75.

Попова Е.Н., Ясюкевич В.В., Попов И.О. (2019) Применение картографического метода для оценки различий прикладных климатических индексов САТ и СЭТ. – *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*, т. 30, № 3-4, с. 11-27.

Саулич А.Х., Мусолин Д.Л. (2011) Биология и экология хищного клопа *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera, Pentatomidae) и возможности его использования против колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae). – *Учебно-метод. пособие к курсу «Сезонные циклы насекомых» для студентов магистратуры на кафедре энтомологии*. – СПб., СПб. Университет, 84 с.

Саулич А.Х. (1994) Значение абиотических факторов при формировании вторичных ареалов адвентивных видов насекомых. – *Энтомологическое обозрение*, т. 73, № 3, с. 591-605.

Семенов С.М., Попов И.О., Ясюкевич В.В. (2020) Статистическая модель для оценки формирования климатогенных угроз по данным мониторинга климата – *Метеорология и гидрология*, № 5, с. 59-65.

Смирнова С.Е. (2006) Мировой ареал вируса крымской-конго геморрагической лихорадки. – *Бюллетень сибирской медицины*, Приложение 1, с. 79-87.

Таежный клещ *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae). (1985) /Под ред. Н.А. Филипповой. – *Морфология, систематика, экология, медицинское значение*. – Л., Наука, 416 с.

Чумаков М.А., Кузнецова Т.Л. (2008) *Helicoverpa armigera* Hbn. – Хлопковая совка. / Афонин А.Н., Грин С.Л., Дзюбенко Н.И., Фролов А.Н. (ред.). – *Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения*. Электронный ресурс. URL: http://www.agroatlas.ru/ru/content/pests/Helicoverpa_armigera/index.html (дата обращения 23.09.2020).

Ясюкевич В.В. (2004) Прогноз распространения малярии на территории России в первой четверти XXI века. – *Медицинская паразитология и паразитарные болезни*, № 2, с. 31-33.

Ясюкевич В.В., Гельвер Е.С. (2003) Потенциальный ареал малярии на территории России, определяемый фактором температуры: современные изменения. – В кн.: *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*. – С.-Пб., Гидрометеиздат, т. 19, с. 217-236.

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.

Ясюкевич В.В., Давидович Е.А., Титкина С.Н., Ясюкевич Н.В. (2011) Наблюдаемые во второй половине XX – начале XXI вв. изменения климата и возможные изменения потенциального ареала колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say). – *Прикладная энтомология*, т. 2, № 3(5), с. 30-39.

Ясюкевич В.В., Титкина С.Н., Семенов С.М., Давидович Е.А., Ясюкевич Н.В. (2013а) Изменения климата во второй половине XX – начале XXI веков и связанные с ними изменения климатообусловленных ареалов основных переносчиков малярии на территории России и сопредельных стран. – *Прикладная энтомология*, т. 4, № 1(9), с. 24-30.

Ясюкевич В.В., Титкина С.Н., Попов И.О., Давидович Е.А., Ясюкевич Н.В. (2013б) О формировании вторичного ареала американской белой бабочки (*Hyphantria cunea* Drury, Arctiidae, Lepidoptera) в России и соседних странах в XXI веке. – *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*. – М., ИГКЭ, т. 25, с. 454-478.

Ясюкевич В.В., Попов И.О., Титкина С.Н., Ясюкевич Н.В. (2017) Адвентивные виды *Aedes* на территории России – оценка риска новой биологической угрозы здоровью населения России. – *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*, т. 28, № 3, с. 51-71.

Ясюкевич В.В., Попов И.О., Титкина С.Н., Ясюкевич Н.В. (2018) Уязвимость субъектов Российской Федерации в отношении распространения основных переносчиков иксодовых клещевых боррелиозов и клещевого энцефалита в условиях предполагаемого изменения климата. – *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*, т. 29, № 4, с. 8-28.

Ясюкевич В.В., Титкина С.Н., Попов И.О., Ясюкевич Н.В. (2019) Оценки региональной уязвимости лесного хозяйства субъектов Российской Федерации под влиянием ожидаемого в XXI веке изменения климата в отношении непарного шелкопряда и шелкопряда-монашенки (*Lymantria dispar* L. и *Lymantria monacha* L., Erebiidae, Lepidoptera). – *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*, т. 30, № 1-2, с. 15-32.

Ясюкевич В.В., Попов И.О., Ясюкевич Н.В. (2019) Моделирование изменений нозоареала и зоны повышенного эпидемического риска лихорадки Запад-

ного Нила на территории России в условиях ожидаемого изменения климата. – *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*, т. 30, № 3-4, с. 28-37.

Ясюкевич В.В., Попов И.О. (2020) Расширение климатического нозоареала Крымской геморрагической лихорадки на территории России и соседних стран в условиях предполагаемого изменения климата. – *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 3, с. 120-134.

Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P.D., Lister, D. (2020) Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset, *Scientific Data*, vol. 7, no. 1, p. 109, available at: <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3>.

Kartashev, V., Afonin, A., González-Miguel, J., Simón, L., Morchón, R., Simón, F., Sepúlveda, R. (2014) Regional warming and emerging vector-borne zoonotic dirofilariosis in the Russian Federation, Ukraine, and other post-soviet states from 1981 to 2011 and projection by 2030, *BioMed Research International*, Article ID 858936.

Platonov, A.E., Fedorova, M.V., Karan, L.S., Shopenskaya, T.A., Platonova, O.V., Zhuravlev, V.I. (2008) Epidemiology of West Nile infection in Volgograd, Russia, in relation to climate change and mosquito (Diptera: Culicidae) bionomics, *Parasitology research*, (Suppl. 1), vol. 103, pp. 45-53, doi 10.1007/s00436-008-1050-0.

Semenov, S.M., Insarov, G.E., Méndez, C.L. (2019) Characterization of uncertainties in assessments of the Intergovernmental Panel on Climate Change, *Fundamental and Applied Climatology*, vol. 2, pp. 103-119, doi: 10.21513/2410-8758-2019-2- 103-119.

Simón, L., Afonin, A., López-Díez, L.I., González-Miguel, J., Morchón, R., Simón, F., Carretón, E., Montoya-Alonso, J.A., Kartashev, V. (2014) Geo-environmental model for the prediction of potential transmission risk of dirofilaria in an area with dry climate and extensive irrigated crops: the case of Spain, *Veterinary Parasitology*, vol. 200 (3-4), pp. 257-264.

Staverløkk, A., Saethre, M.-G. (2007) Stowaways in imported horticultural plants: alien and invasive species – assessing their bioclimatic potential in Norway, *Bioforsk report*, vol. 2, no. 66, 71 p.

Vanhanen, H., Veteli, T.O., Päivinen, S., Kellomäki, S., Niemelä, P. (2007) Climate change and range shifts in two insect defoliators: gypsy moth and nun moth – a model study, *Silva Fennica*, vol. 41, no. 4, pp. 621-638.

References

Adishcheva, O.S., Malhazova, S.M., Orlov, D.S. (2016) Rasprostranenie lihoradki Zapadnogo Nila v Rossii [The spread of West Nile fever in Russia], *Vestn. Mosk. Un-ta., Ser. 5, Geografiya*, vol. 4, pp. 48-54.

Afonin, A.N., Grin, S.L., Dzyubenko, N.I., Frolov, A.N. (red.) (2008) *Agroekologicheskij atlas Rossii i sopredel'nyh stran: ekonomicheski znachimye rasteniya, ih vrediteli, bolezni i sornye rasteniya* [Agroecological Atlas of Russia and neighboring countries: economically significant plants, their pests, diseases and weeds], available at: <http://www.agroatlas.ru>.

Beklemishev, V.N. (1970) *Biocenologicheskie osnovy sravnitel'noj parazitologii* [Biocenological foundations of comparative parasitology], Nauka, Moscow, Russia, 502 p.

Bogdanovich, A.Yu., Pavlova, V.N., Ran'kova, E.Ya., Semenov, S.M. (2021) Vliyanie izmenenij zasushlivosti v Rossii v XXI veke na prigodnost' territorij dlya vozdel'yvaniya zernovyh kul'tury [Influence of changes in aridity in Russia in the XXI century on the suitability of territories for the cultivation of grain crops], *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya*, vol. 1, (in print).

Vasil'ev, V.P., Livshic, I.Z. (1984) *Vrediteli plodovyh kul'tur* [Pests of fruit crops], Kolos, Moscow, Russia, 399 p.

Vtoroy otsenochnyy doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii [The second assessment report of Roshydromet on climate changes and their consequences on the territory of the Russian Federation]. (2014) Rosgidromet, Moscow, Russia, 1008 p.

Ganushkina, L.A., Dremova, V.P. (2011) Komary *Aedes aegypti* i *Aedes albopictus* – perenoschiki arbovirusnyh infekcij, biologiya, ekologiya, rasprostranenie, otlichitel'nye priznaki vidov [*Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* mosquitoes – vectors of arbovirus infections, biology, ecology, distribution, distinctive features of the species], *Medicinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni*, no. 4, pp. 24-28.

Detinova, T.S. (1962) *Metody ustanovleniya voznrastnogo sostava dvukrylyh nasekomyh, imeyushchih medicinskoe znachenie* [Methods for determining the age composition of dipteran insects of medical significance], WHO, Zeneva, 220 p.

Zlotnikov, M.D. (1967) Vozmozhnyj areal rasprostraneniya i sroki razvitiya koloradskogo zhuka v Evropejskoj chasti SSSR [Possible distribution range and development time of the Colorado potato beetle in the European part of the USSR], *Trudy Vsesoyuzn. n.-i. in-ta zashchity rastenij* *Proceedings of the All-Union Institute of Plant Protection*, issue 27, pp. 68-74.

Kozhanchikov, I.V. (1938) Geograficheskoe rasprostranenie i fiziologicheskie priznaki *Pyrausta nubilalis* Hbn [Geographical distribution and physiological characteristics of *Pyrausta nubilalis* Hbn], *Zool. Zhurn.*, vol. 17, no. 2, pp. 246-259.

Koloradskij kartofel'nyj zhuk Leptinotarsa decemlineata Say [Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say]. (1981) In: R. S. Ushatinskij (ed.), Nauka, Moscow, Russia, 337 p.

Magomedov, U.Sh., Atanov, N.M. (2012) Sredizemnomorskaya plodovaya muha *Ceratitis capitata* (Wied.). Vozmozhnosti akklimatizacii [Mediterranean fruit

fly *Ceratitis capitata* (Wied.). Acclimatization opportunities], *Karantin rastenij. Nauka i praktika*, no. 2 (2), pp. 40-53.

Nesterenkova, A.E., Ponomarev, V.L., Karpun, N.N. (2017) Osobennosti razvitiya samshitovoj ognivki *Cydalima perspectalis* Walker v laboratornoj kul'ture [Features of the development of the boxwood firefly *Cydalima perspectalis* Walker in laboratory culture], *Forestry Bulletin*, vol. 21, no. 3, pp. 61-69, doi: 10.18698/2542-1468-2017-3-61-69.

Ovsyannikova, E.I., Grichanov, I.Ya. (2002) Razvitie yablonnoj plodozhorki v usloviyah potepleniya klimata v Evropejskoj Chasti Rossii [Development of the apple moth in the conditions of climate warming in the European Part of Russia Bulletin of Plant Protection.], *Vestnik zashchity rastenij*, no. 3, pp. 20-28.

Popov, I.O. (2016) *Klimaticheski obuslovlennye izmeneniya autekologicheskikh arealov iksodovykh kleshchej Ixodes ricinus i Ixodes persulcatus na territorii Rossii i stran blizhnego zarubezh'ya* [Climate-driven changes autecological habitat of the ixodid ticks *Ixodes ricinus* and *Ixodes persulcatus* on the territory of Russia and neighboring countries], Extended abstract of Doctor's thesis, K.A. Timiryazev FGBOU VO RGAU – MSKHA, Moscow, Russia, 112 p.

Popova, E.N., Popov, I.O. (2009) Vrednye saranchovyie na yuge Rossii i klimaticheskie faktory, vliyayushchie na ih razmnozhenie i rasprostranenie [Harmful locusts in the south of Russia and climatic factors affecting their reproduction and distribution], *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem* [Problems of ecological monitoring and modeling of ecosystems], vol. 22, IGCE, Moscow, Russia, pp. 124-146.

Popova, E.N., Popov, I.O. (2019) Modelirovanie potencial'nykh klimaticheskikh arealov biologicheskikh vidov i ih klimatogennykh izmenenij [Modeling potential climatic ranges of biological species and their climatogenic changes], *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya*, vol. 1, pp. 58-75.

Popova, E.N., Yasyukevich, V.V., Popov, I.O. (2019) Primenenie kartograficheskogo metoda dlya ocenki razlichij prikladnykh klimaticheskikh indeksov SAT i SET [Application of the cartographic method for estimating the differences between the applied climate indices SAT and SET], *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*, vol. 30, no. 3-4, pp. 11-27.

Saulich, A.H., Musolin, D.L. (2011) *Biologiya i ekologiya hishchnogo klopa Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera, Pentatomidae) i vozmozhnosti ego ispol'zovaniya protiv koloradskogo zhuka *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) [Biology and ecology of the predatory bug *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera, Pentatomidae) and the possibility of its use against the Colorado beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae)], Uchebno-metod. posobie k kursu «Sezonnye cikly nasekomykh» dlya studentov magistratury na kafedre entomologii [Teaching aid for the course "Seasonal insect cycles" for graduate students at the Department of Entomology], St. Petersburg University, St. Petersburg, Russia, 84 p.

Saulich, A.H. 1994. Znachenie abioticheskikh faktorov pri formirovanii vtorichnykh arealov adventivnykh vidov nasekomykh [The importance of abiotic factors in the formation of secondary habitats of adventitious insect species], *Entomologicheskoe obozrenie*, vol. 73, no. 3, pp. 591-605.

Semenov, S.M., Popov, I.O., Yasyukevich, V.V. (2020) Statisticheskaya model' dlya ocenki formirovaniya klimatogennykh ugroz po dannym monitoringa klimata [Statistical model for assessing the formation of climate-related threats based on climate monitoring data], *Meteorologiya i gidrologiya*, no. 5, pp. 59-65.

Smirnova, S.E. (2006) Mirovoj areal virusa krymskoj-kongo gemorragicheskoy lihoradki [World area of the Crimean-Congo hemorrhagic fever virus], *Byulleten' sibirskoj mediciny, Prilozhenie 1*, pp. 79-87.

Taezhnyj kleshch *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae). Morfologiya, sistematika, ehkologiya, medicinskoe znachenie [Taiga tick *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae), Morphology, systematics, ecology, medical importance]. (1985) In N.A. Filippovoj (ed.), Nauka, Leningrad, Russia, 416 p.

Chumakov, M.A., Kuznecova, T.L. (2008) *Helicoverpa armigera* Hbn. – Hlopkovaya sovka [*Helicoverpa armigera* Hbn. – Cotton scoop], in: Afonin A.N.; Grin S.L.; Dzyubenko N.I.; Frolov A.N. (ed.), *Agroekologicheskij atlas Rossii i sopredel'nykh stran: ekonomicheski znachimye rasteniya, ih vrediteli, bolezni i sornye rasteniya* [Agroecological Atlas of Russia and neighboring countries: economically significant plants, their pests, diseases and weeds], available at: http://www.agroatlas.ru/ru/content/pests/Helicoverpa_armigera/index.html (accessed 23.09.2020)

Yasyukevich, V.V. (2004) Prognoz rasprostraneniya malyarii na territorii Rossii v pervoj chetverti XXI veka [Forecast of the spread of malaria in Russia in the first quarter of the XXI century], *Medicinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni*, no. 2, pp. 31-33.

Yasyukevich, V.V., Gel'ver, E.S. (2003) Potencial'nyj areal malyarii na territorii Rossii, opredelyaemyj faktorom temperatury: sovremennye izmeneniya [The potential range of malaria in Russia, determined by the temperature factor: modern changes.], *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*, Gidrometeoizdat, St. Petersburg, Russia, vol. 19, pp. 217-236.

Yasyukevich, V.V., Popova, E.N., Gel'ver, E.S., Rivkin, L.E. (2007) Vliyanie klimaticheskikh faktorov na formirovanie areala koloradskogo zhuka (*Leptinotarsa decemlineata* Say) [Influence of climatic factors on the formation of the range of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say)], *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*, vol. 21, pp. 348-379.

Yasyukevich, V.V., Davidovich, E.A., Titkina, S.N., Yasyukevich, N.V. (2011) Nablyudaemye vo vtoroj polovine XX – nachale XXI vv. izmeneniya klimata i vozmozhnye izmeneniya potencial'nogo areala koloradskogo zhuka (*Leptinotarsa decemlineata* Say) [Climate changes observed in the second half of the XX – early XXI centuries and possible changes in the potential range of the Colorado potato

beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say)], *Prikladnaya entomologiya*, vol. 2, no. 3 (5), pp. 30-39.

Yasyukevich, V.V., Titkina, S.N., Semenov, S.M., Davidovich, E.A., Yasyukevich, N.V. (2013a) *Izmeneniya klimata vo vtoroj polovine XX – nachale XXI vekov i svyazannye s nimi izmeneniya klimatoobuslovlennykh arealov osnovnykh perenoschikov malyarii na territorii Rossii i sopredel'nykh stran* [Climate changes in the second half of the XX – early XXI centuries and related changes in the climate-related areas of the main vectors of malaria in Russia and neighboring countries.], *Prikladnaya entomologiya*, vol. 4, no. 1 (9), pp. 24-30.

Yasyukevich, V.V., Titkina, S.N., Popov, I.O., Davidovich, E.A., Yasyukevich, N.V. (2013b) *O formirovanii vtorichnogo areala amerikanskoj beloј babochki (Hyphantria cunea Drury, Arctiidae, Lepidoptera) v Rossii i sosednih stranah v XXI veke*. [On the formation of the secondary range of the American white butterfly (*Hyphantria cunea* Drury, Arctiidae, Lepidoptera) in Russia and neighboring countries in the XXI century], *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*, IGCE, Moscow, Russia, vol. 25, pp. 454-478.

Yasyukevich, V.V., Popov, I.O., Titkina, S.N., Yasyukevich, N.V. (2017) *Adventivnye vidy Aedes na territorii Rossii – ocenka riska novoj biologicheskoy ugrozy zdorov'yu naseleniya Rossii* [Adventive *Aedes* species on the territory of Russia-risk assessment of a new biological threat to the health of the Russian population], *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*, vol. 28, no. 3, pp. 51-71.

Yasyukevich, V.V., Popov, I.O., Titkina, S.N., Yasyukevich, N.V. (2018) *Uyazvimost' sub"ektov Rossijskoj Federacii v otnoshenii rasprostraneniya osnovnykh perenoschikov iksodovykh kleshchevykh borreliozov i kleshchevogo encefalita v usloviyah predpolagaemogo izmeneniya klimata* [Vulnerability of the subjects of the Russian Federation to the spread of the main vectors of ixodic tick-borne borreliosis and tick-borne encephalitis in the context of expected climate change], *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*, vol. 29, no. 4, pp. 8-28.

Yasyukevich, V.V., Titkina, S.N., Popov, I.O., Yasyukevich, N.V. (2019) *Ocenki regional'noj uyazvimosti lesnogo hozyajstva sub"ektov Rossijskoj Federacii pod vliyaniem ozhidaemogo v XXI veke izmeneniya klimata v otnoshenii neparnogo shelkopryada i shelkopryada-monashenki (Lymantria dispar L. i Lymantria monacha L., Erebidae, Lepidoptera)* [Assessment of the regional vulnerability of forestry in the Russian Federation under the influence of climate change expected in the XXI century in relation to the unpaired silkworm and the nun silkworm (*Lymantria dispar* L. and *Lymantria monacha* L., Erebidae, Lepidoptera)], *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*, vol. 30, no. 1-2, pp. 15-32.

Yasyukevich, V.V., Popov, I.O., Yasyukevich, N.V. (2019) *Modelirovanie izmenenij nozoareala i zony povyshennogo epidemicheskogo riska lihoradki Zapadnogo Nila na territorii Rossii v usloviyah ozhidaemogo izmeneniya klimata*

[Modeling of changes in the nozoareal and the zone of increased epidemic risk of West Nile fever in Russia under the conditions of expected climate change], *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*, vol. 30, no. 3-4, pp. 28-37.

Yasyukevich, V.V., Popov, I.O. (2020). Rasshirenie klimaticheskogo nozoareala Krymskoj gemorragicheskoy lihoradki na territorii Rossii i sosednih stran v usloviyah predpolagaemogo izmeneniya klimata [Expansion of the climatic nozoareal of Crimean hemorrhagic fever in Russia and neighboring countries in the context of the expected climate change], *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya*, vol. 3, pp. 120-134.

Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P.D., Lister, D. (2020) Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset, *Scientific Data*, vol. 7, no. 1, p. 109, available at: <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3>.

Kartashev, V., Afonin, A., Gonzalez-Miguel, J., Simn, L., Morchn, R., Simn, F., Seplveda, R. (2014) Regional warming and emerging vector-borne zoonotic dirofilariosis in the Russian Federation, Ukraine, and other post-soviet states from 1981 to 2011 and projection by 2030, *BioMed Research International*, Article ID 858936.

Platonov, A.E., Fedorova, M.V., Karan, L.S., Shopenskaya, T.A., Platonova, O.V., Zhuravlev, V.I. (2008) Epidemiology of West Nile infection in Volgograd, Russia, in relation to climate change and mosquito (Diptera: Culicidae) bionomics, *Parasitology research*, (Suppl. 1), vol. 103, pp. 45-53, doi 10.1007/s00436-008-1050-0.

Semenov, S.M., Insarov, G.E., Mndez, C.L. (2019) Characterization of uncertainties in assessments of the Intergovernmental Panel on Climate Change, *Fundamental and Applied Climatology*, vol. 2, pp. 103-119, doi: 10.21513/2410-8758-2019-2- 103-119.

Simn, L., Afonin, A., Lpez-Dez, L.I., Gonzalez-Miguel, J., Morchn, R., Simn, F., Carretn, E., Montoya-Alonso, J.A., Kartashev, V. (2014) Geo-environmental model for the prediction of potential transmission risk of dirofilaria in an area with dry climate and extensive irrigated crops: the case of Spain, *Veterinary Parasitology*, vol. 200 (3-4), pp. 257-264.

Staverløkk, A., Saethre, M.-G. (2007) Stowaways in imported horticultural plants: alien and invasive species – assessing their bioclimatic potential in Norway, *Bioforsk report*, vol. 2, no. 66, 71 p.

Vanhanen, H., Veteli, T.O., Pivinen, S., Kellomki, S., Niemel, P. (2007) Climate change and range shifts in two insect defoliators: gypsy moth and nun moth – a model study, *Silva Fennica*, vol. 41, no. 4, pp. 621-638.

Статья поступила в редакцию (Received): 07.04.2021;

Статья доработана после рецензирования (Revised): 21.04.2021;

Принята к публикации (Accepted): 06.05.2021.

Для цитирования / For citation:

Ясюкевич В.В, Богданович А.Ю (2021) Климатические предикторы для модельного описания климатических ареалов некоторых биологических видов и их изменений в условиях будущего климата. – *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 7, № 1, с. 117-137. doi:10.21513/2410-8758-2021-1-117-137.

Yasjukevich V.V., Bogdanovich A.Yu. (2021) Climate predictors for the model description of the climatic ranges of some biological species and their changes in the conditions of the future climate. – *Fundamental and Applied Climatology*, vol. 7, no. 1, pp. 117-137. doi:10.21513/2410-8758-2021-1-117-137.