

К вопросу о таксономическом статусе и фитосанитарном значении пшеничного клопа *Blissus leucopterus* (Say, 1832)

*ГРЕБЕННИКОВ К.А.¹, КУЛАКОВА Ю.Ю.²

ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений»
(ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. о. Раменский,
Московская обл., Россия, 140150

¹ e-mail: kgrebennikov@gmail.com

² e-mail: kulakova_juliana@vniikr.ru

АННОТАЦИЯ

В статье приведен критический анализ таксономии, распространения и биологических особенностей опасного вредителя зерновых культур, включенного в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза – пшеничного клопа *Blissus leucopterus* (Say, 1832), и близких к нему таксонов («комплекса *Blissus leucopterus*»). Показана неоднозначность видовой принадлежности популяций, акклиматизировавшихся на западе Европейского континента (первоначально идентифицированных Национальной организацией по карантину и защите растений Португалии как *Blissus insularis* Barber, 1918). Рассмотрены возможные пути проникновения пшеничного клопа и близких таксонов на Европейский континент и дальнейшего их распространения. Методами математического моделирования на основе машинного обучения (алгоритм максимальной энтропии) были получены модели экологической ниши и потенциального ареала трех таксонов, понимаемых большинством современных авторов как *Blissus leucopterus leucopterus* (Say, 1832), *Blissus leucopterus hirtus* Montandon, 1893 и *Blissus insularis* Barber, 1918. Была показана высокая вероятность акклиматизации на территории Российской Федерации *B. l. leucopterus* (в первую очередь в Южном и на юге Приволжского федерального округа) и *B. l. hirtus* (Южный, юг Центрального, Приволжского и Уральского федеральных округов) и средняя – *B. insularis* (Краснодарский край). Показана необходимость дальнейшего изучения вероятности негативного экономического воздействия пшеничного клопа и близких таксонов с целью обоснования дополнительных фитосанитарных мер для предотвращения их заноса и распространения.

Ключевые слова: карантин растений, анализ фитосанитарного риска, вредные организмы, таксономия, потенциальный ареал, экологическая ниша, математическое моделирование.

The taxonomic status and phytosanitary significance of *Blissus* *leucopterus* (Say, 1832)

*KONSTANTIN A. GREBENNIKOV¹,
YULIANA YU. KULAKOVA²

FGBU “All-Russian Plant Quarantine Center”
(FGBU “VNIICR”), Bykovo, Ramenskoye,
Moscow Oblast, Russia, 140150

¹ e-mail: kgrebennikov@gmail.com

² e-mail: kulakova_juliana@vniikr.ru

ABSTRACT

The article provides critical analysis of the taxonomy, distribution and biology of the serious pest of grain crops included in the Common List of Quarantine Pests of the Eurasian Economic Union – chinch bug *Blissus leucopterus* (Say, 1832) and related taxa (*Blissus leucopterus* complex). The ambiguity of the species identity of populations adapted in the west of the European continent is shown (initially identified by the National Plant Protection Organization of Portugal as *Blissus insularis* Barber, 1918). Possible pathways of the chinch bug and related taxa into the European continent and their further spread are considered. Using mathematical modeling methods based on machine learning (maximum entropy algorithm), models of the ecological niche and potential range of three taxa, generally accepted by most modern authors as *Blissus leucopterus leucopterus* (Say, 1832), *Blissus leucopterus hirtus* Montandon, 1893 and *Blissus insularis* Barber, 1918 are given. A high probability of adaptation on the territory of the Russian Federation was demonstrated for *B. l. leucopterus* (primarily in the Southern and southern Volga Federal Districts) and *B. l. hirtus* (Southern, south of the Central, Volga and Ural Federal Districts), and medium – *B. insularis* (Krasnodar Krai). The need for further study of the potential negative economic impact of the chinch bug and related taxa is shown in order to justify additional phytosanitary measures to prevent their introduction and spread.

Key words: plant quarantine, pest risk analysis, pests, taxonomy, potential habitat, ecological niche, mathematical modeling.

ВВЕДЕНИЕ



пшеничный клоп *Blissus leucopterus* (Say, 1832) – широко распространенный в Северной Америке опасный вредитель широкого спектра зерновых культур, а также газонных, луговых и пастбищных трав семейства злаковых (Poaceae).

Проведенный ФГБУ «ВНИИКР» (Жимерикин, Смирнов, 2014) анализ фитосанитарного риска показал высокую степень фитосанитарного риска данного вида для Российской Федерации. В связи с этим с 2017 г. пшеничный клоп включен Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза как отсутствующий карантинный вид.

По официальным данным (Lima et al., 2021), с 2019, а фактически (iNaturalist, 2024) не позднее чем с 2018 г., наблюдается активное распространение биологически сходного и таксономически близкого вредителя на Пиренейском полуострове. Национальной организацией по карантину и защите растений Португалии этот вредитель рассматривается как *Blissus insularis* Barber, 1918 (Lima et al., 2021; Bragard et al., 2023). Однако в связи со сложностью разделения *Blissus leucopterus* (Say, 1832) близких к нему таксонов (Leonard, 1966) видовая принадлежность европейских популяций может потребовать уточнения, что показано ниже.

Таким образом, уточненные данные о распространении организма требуют пересмотра оценок связанных с ним фитосанитарных рисков. Кроме того, за время, прошедшее с момента выполнения предшествующего анализа фитосанитарного риска (Жимерикин, Смирнов, 2014), авторами (Гребенников, Кулакова, 2022) были разработаны более совершенные методы оценки рисков, связанных с проникновением и распространением вредителей (насекомых и клещей). В частности, было предложено использование методов математического моделирования экологической ниши и потенциального ареала видов на основе машинного обучения (алгоритм максимальной энтропии). В настоящее время для всех таксонов, входящих в «комплекс *Blissus leucopterus*» (*Blissus leucopterus leucopterus* (Say, 1832), *Blissus leucopterus hirtus* Montandon, 1893 и *Blissus insularis* Barber, 1918) отсутствует научно обоснованный прогноз их распространения на территории Российской Федерации.

Целью исследования авторов было решение показанных выше практических проблем, связанных с возможным проникновением и распространением на территории Российской Федерации одного из наиболее опасных вредителей зерновых культур, которые являются одной из основ сельского хозяйства России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа основана на анализе имеющихся источников (указанных в основном разделе статьи) и применении методов, разработанных авторами ранее (Гребенников, Кулакова, 2022).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Прежде всего, следует отметить неоднозначность самого номенклатурного названия

INTRODUCTION

Blissus leucopterus (Say, 1832), widely spread in North America, is a pest of a wide range of grain crops, as well as lawn, meadow and pasture grasses of the Poaceae family.

The pest risk analysis conducted by FGBU “VNIICR” (Zhimerikin, Smirnov, 2014) showed a high pest risk of this species for the Russian Federation. In this regard, since 2017, the chinch bug has been included in the Common List of Quarantine Pests of the Eurasian Economic Union as an absent quarantine species.

According to official data (Lima et al., 2021), since 2019, and more precisely (iNaturalist, 2024) no later than since 2018, there has been active spread of the biologically similar and taxonomically related pest on the Iberian Peninsula. The NPPO of Portugal considers this pest as *Blissus insularis* Barber, 1918 (Lima et al., 2021; Bragard et al., 2023). However, due to the complexity of the distinction between *Blissus leucopterus* (Say, 1832) and related taxa (Leonard, 1966), the species of European populations may require clarification, as shown below.

Thus, the updated data on the spread of the pest require a revision of the assessments of the pest risks associated with it. In addition, since the previous pest risk analysis (Zhimerikin, Smirnov, 2014), the authors (Grebennikov, Kulakova, 2022) have developed more advanced methods for assessing the risks associated with the introduction and spread of pests (insects and mites). In particular, methods of mathematical modeling of the ecological niche and potential range of species based on machine learning (maximum entropy algorithm) were proposed to be used. Currently, all the taxa included in the *Blissus leucopterus* complex (*Blissus leucopterus leucopterus* (Say, 1832), *Blissus leucopterus hirtus* Montandon, 1893 and *Blissus insularis* Barber, 1918) lack scientifically justified prediction of their spread on the territory of the Russian Federation.

The aim of the research was to solve the practical problems shown above, related to the possible introduction and spread on the territory of the Russian Federation of one of the most dangerous pests of grain crops, which are one of the foundations of Russian agriculture.

MATERIALS AND METHODS

The work is based on the analysis of available sources (indicated in the main section of the article) and the application of methods previously developed by the authors (Grebennikov, Kulakova, 2022).

RESULTS AND DISCUSSION

First of all, it should be noted that the nomenclatural name of the taxa under consideration is ambiguous. The application scope of the generic epithet *Blissus* Burmeister, 1835 remains controversial in modern taxonomy. On the one hand, the first described (and typical

рассматриваемых таксонов. Область применения родового эпитета *Blissus* Burmeister, 1835 в современной систематике остается спорной. С одной стороны, первым описанным (и типовым по монотипии) видом рода является широко распространенный в тропической Азии и Африке *Blissus hirtulus* Burmeister, 1835. В силу этого, родовое название, в соответствии с принципом приоритета более раннего названия, должно относиться к небольшой группе, распространенной в Старом Свете. Данной точки зрения придерживаются все европейские специалисты по полужесткокрылым, и она отражена и обоснована в том числе в каталоге клопов Палеарктики (Aukema et al., 2001).

При этом название *Blissus* с конца XIX века применялось также американскими энтомологами к совершенно иной группе видов (не родственной *Blissus* sensu Burmeister, 1835), включающей таксон, описанный в 1832 г. из Вирджинии Сэем, как *Lygaeus leucopterus* Say, 1832. В целях устранения этого противоречия в 1961 году в Международную комиссию по зоологической номенклатуре (МКЗН) было направлено предложение (Slater, China, 1961) установить новым типовым видом рода *Blissus* вид *Lygaeus leucopterus* Say, 1832, а виды, относящиеся к *Blissus* sensu Burmeister, 1835, включить в *Geoblissus* Hidaka, 1959 (с типовым видом *Geoblissus rotundatus* Hidaka, 1959, который в настоящее время рассматривается как младший синоним *Blissus hirtulus* Burmeister, 1835). Обоснованием этого предложения являлось формальное значительное преобладание литературных источников, в которых название *Blissus* применяется к американской группе видов (являющейся массовой и хозяйственно важной) (Torre-Bueno, 1946; Henry, Froeschner, 1988). В 1964 г. МКЗН приняла решение отклонить предложение американских авторов и сохранить приоритет *B. hirtulus* как типового вида рода *Blissus*. Все виды, описанные из Нового Света, включая *Lygaeus leucopterus* Say, 1832, было рекомендовано рассматривать в составе рода *Neoblissus* Bergroth, 1903.

Однако Джеймс Слейтер и его коллеги из США посчитали решение МКЗН неправомерным (Slater, 1979) и продолжили в своих работах использование родового эпитета в соответствии со своим предложением. Данное противоречие остается не урегулированным до настоящего времени, и в последних каталогах клопов Старого (Aukema et al., 2001) и Нового (Henry, Froeschner, 1988) Света родовой эпитет *Blissus* по-прежнему применяется к двум довольно отдаленным группам внутри подсемейства *Blissinae*. Ситуация усложняется тем, что часть американских специалистов признает самостоятельность рода *Neoblissus*, но относит к нему только небольшое число мелких бескрылых видов, специализированных к обитанию в гнездах муравьев рода *Solenopsis* Westwood, 1840.

Таким образом, используемые как в Едином перечне карантинных объектов Евразийского экономического союза, так и здесь названия пшеничного клопа и близких таксонов являются некорректными с точки зрения международной зоологической номенклатуры и естественной таксономии семейства. Но в то же время какие-либо иные номенклатурные комбинации для них (например, *Neoblissus leucopterus*) также никем не опубликованы должным

by monotypy) species of the genus is widespread in tropical Asia and Africa *Blissus hirtulus* Burmeister, 1835. For this reason, the generic name, in accordance with the principle of priority of the earlier name, must refer to a small group common in the Old World. This point of view is shared by all European specialists in Hemiptera, and it is reflected and substantiated, among other things, in the catalogue of Palearctic bugs (Aukema et al., 2001).

Moreover, the name *Blissus* has also been applied by American entomologists since the late 19th century to a completely different species group (not related with *Blissus* sensu Burmeister, 1835), including a taxon described in 1832 from Virginia by Say as *Lygaeus leucopterus* Say, 1832. In order to resolve this contradiction, in 1961 a proposal was submitted to the International Commission on Zoological Nomenclature (ICZN) (Slater, China, 1961) to establish the species *Lygaeus leucopterus* Say, 1832 of the genus *Blissus* as a new type species, while the species belonging to *Blissus* sensu Burmeister, 1835 to be included in *Geoblissus* Hidaka, 1959 (with the type species being *Geoblissus rotundatus* Hidaka, 1959, which is nowadays considered as a smaller synonym for *Blissus hirtulus* Burmeister, 1835). The justification of this proposal was a formal significant predominance of literary sources in which the title *Blissus* was applied to the American species group (being massive and economically important) (Torre-Bueno, 1946; Henry, Froeschner, 1988). In 1964, the ICZN decided to reject the proposal of the American authors and maintain priority for *B. hirtulus* as a type species of the genus *Blissus*. All the species described from the New World, including *Lygaeus leucopterus* Say, 1832, were recommended to be considered as belonging to the genus *Neoblissus* Bergroth, 1903.

However, James Slater and his colleagues from the USA considered the ICZN decision to be unjustified (Slater, 1979) and continued to use the generic epithet in their works in accordance with their proposal. This contradiction remains unresolved to this day, and in the latest catalogues of Old (Aukema et al., 2001) and New (Henry, Froeschner, 1988) World bugs, the generic epithet *Blissus* continues to be applied to two rather distant groups within the subfamily Blissinae. The situation is complicated by the fact that some American experts recognize the independence of the genus *Neoblissus*, but classify it only as a small number of small wingless species specialized for living in the ant nests of the genus *Solenopsis* Westwood, 1840.

Thus, the names of the chinch bug and related taxa used both in the Common List of Quarantine Pests of the Eurasian Economic Union and here are incorrect from the point of view of international zoological nomenclature and natural taxonomy of the family. But at the same time, any other nomenclature combinations for them (for example, *Neoblissus leucopterus*) have also not been published properly by anyone and cannot be used in accordance with the same rules of the International Code of Zoological Nomenclature. Thus, until

образом и не могут использоваться в соответствии с теми же правилами международного кодекса зоологической номенклатуры. Таким образом, до решения этого формального противоречия не представляется возможным дать какие-либо рекомендации по установлению более корректного названия для пшеничного клопа в нормативных документах.

Таксономия комплекса, включающего в себя *Blissus leucopterus* (Say, 1832) и сходные с ним формы, также остается недостаточно выясненной. Единственная ревизия комплекса выполнена более 50 лет назад (Leonard, 1966). Самостоятельность трех рассматриваемых здесь таксонов была обоснована в ней преимущественно результатами экспериментов по скрещиванию видов. Самим автором отмечена крайняя степень морфологического сходства: «Comparative studies of morphology of adults of the *leucopterus* complex have shown that only subspecies of *arenarius* can be easily separated by this means. ... Morphological differences found in *hirtus*, *leucopterus*, and *insularis* are more tenuous. As populations, these forms can be separated, but with single specimens or short series, identification is frequently very difficult. This is due to the large amount of variation in individuals, and morphological similarity» («Сравнительные исследования морфологии взрослых особей комплекса *leucopterus* показали, что только подвид *arenarius* может быть отделен этим способом. <...> Морфологические различия, обнаруженные у *hirtus*, *leucopterus* и *insularis*, более слабые. Как популяции эти формы можно разделить, но при наличии единичных экземпляров или коротких серий идентификация часто бывает очень трудной. Это связано с большим количеством вариаций у отдельных особей и морфологическим сходством»). *Blissus arenarius* Barber, 1918 не рассматривается здесь в связи с его несомненной таксономической самостоятельностью. Прочие три номинальных таксона (но не комплекс в целом) не могут с уверенностью рассматриваться как ясные таксономические единицы, которые можно было бы достоверно идентифицировать известными методами (в том числе молекулярно-генетическими, которые в настоящее время не разработаны) на основе одной особи.

В связи с этим данные о распространении пшеничного клопа и близких таксонов также нуждаются в критической оценке. Ревизия комплекса (Leonard, 1966) охватывала лишь территорию США и Канады, распространение и само наличие рассматриваемых таксонов за пределами этих стран довольно спорно. Например, в результате пересмотра указаний *B. insularis* для Карибского региона Леонардом (Leonard, 1968a) были описаны 3 новых для науки вида, при этом *B. insularis* выявлен не был. Современные ревизии рода, охватывающие Центральную и Южную Америку, в настоящее время отсутствуют. Таким образом, к достоверно известному естественному ареалу комплекса можно с уверенностью отнести только восточные регионы США и Канады. Более широкое распространение, приводимое во многих источниках (EPPO Global Database, 2024; GBIF, 2024), не имеет под собой научного обоснования и основано на указаниях XIX и начала XX века, когда таксон *Blissus leucopterus* имел чрезвычайно широкое понимание.

this formal contradiction is resolved, it is not possible to give any recommendations on establishing a more correct name for the chinch bug in regulatory documents.

The taxonomy of the complex including *Blissus leucopterus* (Say, 1832) and similar forms also remains poorly determined. The only revision of the complex was made over 50 years ago (Leonard, 1966). The independence of the three taxa considered here was substantiated in it mainly by the results of experiments on crossing species. The author himself noted the extreme degree of morphological similarity: “Comparative studies of the *leucopterus* complex adult morphology have shown that only subspecies of *arenarius* can be easily separated by this means. ... Morphological differences found in *hirtus*, *leucopterus*, and *insularis* are more tenuous. As populations, these forms can be separated, but with single specimens or short series, identification is frequently very difficult. This is due to the large amount of variation in individuals, and morphological similarity”. *Blissus arenarius* Barber, 1918 is not considered here due to its undoubted taxonomic independence. The other three nominal taxa (but not the complex as a whole) cannot be considered with certainty as clear taxonomic units that could be reliably identified by known methods (including molecular genetic ones, which have not been developed at present) on the basis of a single individual.

In this regard, data on the distribution of the chinch bug and related taxa also require critical assessment. The revision of the complex (Leonard, 1966) covered only the territory of the USA and Canada, the distribution and the very presence of the considered taxa outside these countries is quite disputable. For example, Leonard's (1968a) revision of the *B. insularis* records for the Caribbean region described three species new to science, though *B. insularis* was not detected. There are no up-to-date revisions of the genus that include Central and South America. Thus, only the eastern regions of the United States and Canada can be confidently attributed to the reliably known natural range of the complex. The wider distribution given in many sources (EPPO Global Database, 2024; GBIF, 2024) has no scientific foundation and is based on records from the 19th and early 20th centuries, when the taxon *Blissus leucopterus* had an extremely broad understanding.

In 2019, one of the species of the complex was detected in Europe (Portugal) and is now widespread in the western Iberian Peninsula (Lima et al., 2021; Bragard et al., 2023). These findings were identified as *Blissus insularis* and are currently being considered by EPPO (EPPO Global Database, 2024) under this name. However, this point of view cannot be considered definitively proven. Identification by morphological methods was based only on the Florida species key (Slater, Baranowski, 1990) without taking into account the wide variability described by Leonard (Leonard, 1966;

В 2019 году один из видов комплекса был выявлен в Европе (Португалия) и в настоящее время широко распространился на западе Пиренейского полуострова (Lima et al., 2021; Bragard et al., 2023). Эти находки были идентифицированы как *Blissus insularis* и в настоящее время рассматриваются ЕОКЗР (EPPO Global Database, 2024) именно под этим названием. Однако эту точку зрения нельзя считать окончательно доказанной. Идентификация морфологическими методами была основана лишь на ключах для определения видов штата Флорида (Slater, Baranowski, 1990) без учета широкой изменчивости, описанной Леонардом (Leonard, 1966; Leonard, 1968b). Попытка идентификации молекулярно-генетическими методами не дала результата: «The results of the molecular studies confirmed they belong to the genus *Blissus*, but did not allow the identification at the species level» («Результаты молекулярных исследований подтвердили их принадлежность к роду *Blissus*, но не позволили идентифицировать их на видовом уровне»). Более того, в соответствующем разделе статьи (Molecular studies) указано, что последовательность гена цитохром-с-оксидазы субъединицы I у португальских популяций оказалась более сходной с *hirtus* и *leucopterus*, и в наименьшей степени – с *insularis*. Сравнение европейских экземпляров с материалом из Северной Америки авторами не было проведено. Исходя из этого, идентичность европейских популяций требует дополнительного прояснения в отношении того, относятся они к *insularis* или *leucopterus* в концепции Леонарда. До окончательного выяснения этого вопроса с учетом имеющихся противоречий при оценке фитосанитарных рисков для Российской Федерации мы считаем целесообразным учитывать возможность неверной идентификации европейских особей и предполагать, что они могут относиться к *B. leucopterus* в узком понимании этого таксона. Несомненным фактом может считаться лишь успешная акклиматизация данного вида на Европейском континенте. Сравнение официальных данных (Bragard et al., 2023) с независимыми наблюдениями (iNaturalist, 2024) показывает дальнейшее быстрое распространение вредителя, к концу 2024 г. достигшим территории не только Португалии, но и Испании (Севилья).

Помимо естественного расселения летающих имаго, пути распространения видов комплекса крайне слабо изучены. Тем не менее факт успешной акклиматизации на европейском континенте доказывает их существование. Исходя из биологических особенностей (Leonard, 1966), единственным видом перемещаемой продукции, в которой возможно сохранение пшеничного клопа в жизнеспособном состоянии, являются живые растения семейства злаковых (Poaceae). Предположение о продукции зерна и транспортных средствах как путях заноса пшеничного клопа на новые территории (Жимерикин, Смирнов, 2014) представляется крайне сомнительным. Диапаузирующие клопы агрегируются на корнях дикорастущих злаков, покидая культуры преимущественно до созревания и уборки урожая (Leonard, 1966), и попадание их в продукцию может носить лишь редкий и случайный характер. Кроме того, неизвестны какие-либо достоверные выявления живых имаго

Leonard, 1968b). An attempt at identification using molecular genetic methods was unsuccessful: “The results of the molecular studies confirmed they belong to the genus *Blissus*, but did not allow the identification at the species level”. Moreover, in the relevant section of the article (“Molecular studies”) it is indicated that the sequence of the cytochrome c oxidase gene subunit I in the Portuguese populations was found to be more similar to *hirtus* and *leucopterus*, and to the least extent to *insularis*. The authors did not compare the European specimens with the material from North America. Based on this, the identity of the European populations requires additional clarification regarding whether they belong to *insularis* or *leucopterus* in Leonard’s concept. Until this issue is finally clarified, given the existing contradictions in assessing pest risks for the Russian Federation, we consider it appropriate to take into account the possibility of incorrect identification of European individuals and assume that they may belong to *B. leucopterus* in the narrow sense of this taxon. Only the successful adaptation of this species on the European continent can be considered an undoubted fact. Comparison of official data (Bragard et al., 2023) with independent observations (iNaturalist, 2024) shows a further rapid spread of the pest, reaching not only Portugal but also Spain (Seville) by the end of 2024.

Apart from the natural spreading of flying adults, the pathways of the species of the complex are extremely poorly studied. However, the fact of successful adaptation on the European continent proves their existence. Based on biological characteristics (Leonard, 1966), the only type of transported product in which the chinch bug can remain viable are live plants of the Poaceae family. The assumption about grain production and transport vehicles as pathways of the chinch bug to new territories (Zhimerikin, Smirnov, 2014) seems extremely doubtful. Diapausing bugs aggregate on the roots of wild cereals, leaving crops mainly before ripening and harvesting (Leonard, 1966), and their entry into products can only be rare and accidental. In addition, there are no known reliable detections of live adults either in grain products or in the vehicles transporting it.

The authors assessed the chinch bug and related taxa spread probability using methods of mathematical modeling of the ecological niche and potential range of species based on machine learning.

The basis for the set of species registration points for constructing a model of the potential range of the chinch bug and related taxa was the data of the global biodiversity system GBIF, 2024, as well as data on species detections from some publications (Leonard, 1966, 1968, 1968a; Ahmad et al., 1980; Lamp, Holtzer, 1980; Slater, Baranowski, 1990; Spice et al., 1994). After excluding obviously erroneous indications and checking the accuracy of the rest (if possible), a set of 406 registration points was obtained for *B. l. leucopterus*, 69 *B. l. hirtus* and 68 *B. insularis*. Unfortunately, in

ни в продукции зерна, ни в перевозящих его транспортных средствах.

Авторами была проведена оценка вероятности распространения пшеничного клопа и близких таксонов методами математического моделирования экологической ниши и потенциального ареала видов на основе машинного обучения.

Основой набора точек регистрации вида для построения модели потенциального ареала пшеничного клопа и близких таксонов были данные глобальной системы по биоразнообразию GBIF-2024, а также данные о находках видов из некоторых публикаций (Leonard, 1966, 1968, 1968a; Ahmad et al., 1980; Lamp, Holtzer, 1980; Slater, Baranowski, 1990; Spice et al., 1994). После исключения заведомо ошибочных указаний и проверки достоверности остальных (при наличии такой возможности) был получен набор из 406 точек регистрации *B. l. leucopterus*, 69 *B. l. hirtus* и 68 *B. insularis*. К сожалению, во многих источниках *Blissus leucopterus* понимается в его более широком и старом объеме, а внешние отличия форм комплекса весьма незначительны, что затрудняет проверку идентификации даже при наличии доступных изображений образцов.

В целях устранения пространственной автокорреляции были сформированы наборы точек регистрации с пространственным разрежением до 5, 10 и 20 км (минимальное расстояние между точками). Изменение общего индекса Морана I (Global Moran's I) при пространственном разрежении точек регистрации *B. l. leucopterus* по 30 параметрам окружающей среды. Было показано, что разрежение более чем на 5 км практически не влияет на пространственную автокорреляцию данных, в связи с чем разрежение на 5 км можно считать оптимальным – обеспечивающим наибольший объем исходных данных для построения модели при показателе автокорреляции, близком к минимально достижимому.

Исходя из этого, для последующих экспериментов были отобраны наборы точек регистрации, содержащие 130 достоверных мест находок *B. l. leucopterus*, 38 – *B. l. hirtus* и 59 – *B. insularis*.

Для установления возможных наборов предикторов, определяющих абиотические факторы среды в местах обитания вида, были взяты 30 биоклиматических переменных BIOCLIM (Booth et al., 2014) и ENVIREM (Title, Bemmels, 2018). Указанные растровые слои с разрешением 5 угловых минут были обработаны в геоинформационной среде QGIS для получения единого пространственного охвата.

Далее в среде R была получена корреляционная матрица значений предикторов в пределах ареала пшеничного клопа и близких таксонов. В целях устранения коллинеарности на ее основе были подготовлены 4 набора предикторов, коэффициент корреляции Пирсона внутри каждого из которых между двумя любыми предикторами не выходит за пределы интервала от -0,7 до 0,7. Перечисленные наборы составлены исходя из различных гипотез о влиянии на распространение вида минимальных годовых температур, средних температур наиболее холодного квартала, сумм положительных температур, общего количества осадков, сезонности их распределения и общей засушливости климата для последующего выбора

many sources *Blissus leucopterus* is considered in its broader and older scope, and the external differences in the forms of the complex are very minor, which makes it difficult to verify the identification even with available images of specimens.

In order to eliminate spatial autocorrelation, sets of registration points were formed with spatial sparseness of up to 5, 10 and 20 km (minimum distance between points). Change in the global Moran's I index with spatial sparseness of *B. l. leucopterus* registration points for 30 environmental parameters. It was shown that sparseness of more than 5 km has virtually no effect on the spatial data autocorrelation, and therefore sparseness of 5 km can be considered optimal - providing the largest volume of initial data for building a model with an autocorrelation index close to the minimum achievable.

Based on this, sets of registration points containing 130 reliable detection locations of *B. l. leucopterus* were selected for subsequent experiments, 38 – *B. l. hirtus*, and 59 – *B. insularis*.

To establish possible predictor sets that determine abiotic environmental factors in the species habitats, 30 bioclimatic variables from BIOCLIM (Booth et al., 2014) and ENVIREM (Title, Bemmels, 2018) were used. The specified raster layers with a resolution of 5 arc minutes were processed in the QGIS geoinformation environment to obtain a unified spatial coverage.

Next, a correlation matrix of predictor values within the range of the chinch bug and related taxa was obtained with R software. In order to eliminate collinearity, 4 predictor sets were prepared on its basis, the Pearson correlation coefficient within each of which between any two predictors does not exceed the interval from -0.7 to 0.7. The listed sets are compiled based on various hypotheses about the influence of minimum annual temperatures, average temperatures of the coldest quarter, sums of positive temperatures, total precipitation, seasonality of their distribution and general aridity of the climate on the species distribution for the subsequent selection of the most reliable hypothesis by machine learning.

Thus, a set of registration points of the chinch bug and related taxa and four sets of predictors for subsequent modeling of the ecological niche and potential range of the species were obtained. In the R environment, based on previously prepared initial data, 2108 variants of the ecological niche model for each of the three species of the *Blissus leucopterus* complex (a total of 6324 model variants) were prepared using the kuenm package (Cobos et al., 2019) (MaxEnt algorithm). Models with the best statistical indicators were determined by calibration.

The maximum values of the adaptation probability indicators for the Russian Federation were 0.52 for *B. l. leucopterus*, 0.63 for *B. l. hirtus* and 0.24 for *B. insularis*. In accordance with the methodology previously developed by the authors (Grebennikov, Kulakova,

наиболее достоверной гипотезы путем машинного обучения.

Таким образом были получены набор точек регистрации пшеничного клопа и близких таксонов и четыре набора предикторов для последующего моделирования экологической ниши и потенциального ареала вида. В среде R на основе ранее подготовленных исходных данных с помощью средств пакета kuenm (Cobos et al., 2019) (алгоритм MaxEnt) были подготовлены 2108 вариантов модели экологической ниши для каждого из трех видов комплекса *Blissus leucopterus* (всего 6324 вариантов моделей). Путем калибровки были определены модели с наилучшими статистическими показателями.

Максимальные значения показателей вероятности акклиматизации для Российской Федерации составили 0,52 для *B. l. leucopterus*, 0,63 для *B. l. hirtus* и 0,24 для *B. insularis*. В соответствии с методикой, разработанной ранее авторами (Гребенников, Кулакова, 2022), итоговая оценка вероятности акклиматизации пшеничного клопа и близких таксонов на территории Российской Федерации показывает высокий риск их акклиматизации, с высоким риском для *B. l. leucopterus* и *B. l. hirtus* и средним риском для *B. insularis*. Зонами с наибольшей вероятностью акклиматизации на основе построенных моделей могут считаться Южный и юг Приволжского федерального округа для *B. l. leucopterus*, Южный, юг Центрального, Приволжского и Уральского федеральных округов для *B. l. hirtus* и Краснодарский край для *B. insularis*.

Окончательный вывод о соответствии пшеничного клопа и близких к нему таксонов критериям карантинного объекта может быть сделан на основе дополнительной оценки потенциального негативного воздействия на территории Российской Федерации (в первую очередь экономического). Решение данной задачи является целью следующего этапа работы авторов. По ее выполнению будет проведен анализ фитосанитарного риска в соответствии с действующей нормативно-правовой базой и даны рекомендации по снижению рисков, связанных с данной группой организмов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Была показана таксономическая сложность «комплекса *Blissus leucopterus*» (включая *Blissus leucopterus leucopterus* (Say, 1832), *Blissus leucopterus hirtus* Montandon, 1893 и *Blissus insularis* Barber, 1918), не позволяющая рассматривать каждый из таксонов как ясную таксономическую единицу, которую можно было бы уверенно идентифицировать известными методами на основе одной особи. Показана высокая вероятность акклиматизации видов комплекса на территории Российской Федерации. В ходе последующей работы авторами будет оценен возможный экономический ущерб в случае проникновения и распространения этих видов, проведен анализ фитосанитарного риска в соответствии с действующей нормативно-правовой базой и предложены дополнительные фитосанитарные меры для предотвращения их заноса и распространения пшеничного клопа (*Blissus leucopterus* (Say, 1832)) в его широком понимании.

2022), the final assessment of the adaptation probability of the chinch bug and related taxa in the territory of the Russian Federation shows a high risk of their adaptation, with a high risk for *B. l. leucopterus* and *B. l. hirtus* and a medium risk for *B. insularis*. The zones with the highest adaptation probability based on the constructed models can be considered the Southern and southern Volga Federal District for *B. l. leucopterus*, the Southern, southern Central, Volga and Ural Federal Districts for *B. l. hirtus* and Krasnodar Krai for *B. insularis*.

The final conclusion on the compliance of the chinch bug and related taxa with the criteria of a quarantine pest can be made on the basis of an additional assessment of the potential negative impact on the territory of the Russian Federation (primarily economic). The solution to this problem is the next stage aim of the authors' work. Upon its implementation, pest risk analysis will be carried out in accordance with the current regulatory framework and recommendations will be given to reduce the risks associated with this group of organisms.

CONCLUSION

The taxonomic difficulty of the *Blissus leucopterus* complex was shown (including *Blissus leucopterus leucopterus* (Say, 1832), *Blissus leucopterus hirtus* Montandon, 1893 and *Blissus insularis* Barber, 1918), which does not allow considering each of the taxa as a clear taxonomic unit that could be confidently identified by known methods based on a single individual. A high adaptation probability of species of the complex on the territory of the Russian Federation is shown. In the course of subsequent work, the authors will assess the possible economic damage in the event of introduction and spread of these species, conduct pest risk analysis in accordance with the current regulatory framework, and propose additional phytosanitary measures to prevent the introduction and spread of the chinch bug (*Blissus leucopterus* (Say, 1832)) in its broad sense.

Acknowledgements

The work was carried out within the framework of the state assignment for the execution of state works (No. EGISU NIOKTR 124030400026-0).

REFERENCES

1. Grebennikov K.A., Kulakova Yu.Yu. 2022. Development of methods for mathematical modeling of the probability of introduction, spread and negative impact of quarantine insect species for the purpose of scientific and methodological support for the implementation of pest risk analysis for the territory of the Russian Federation (interim report) (manuscript) [Razrabotka metodov matematicheskogo modelirovaniya veroyatnosti proniknoveniya, rasprostraneniya i negativnogo vozdeystviya karantinnykh vidov nasekomykh v tselyakh nauchno-metodicheskogo obespecheniya]

Благодарность.

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение государственных работ (№ ЕГИСУ НИОКТР 124030400026-0).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гребенников К.А., Кулакова Ю.Ю. 2022. Разработка методов математического моделирования вероятности проникновения, распространения и негативного воздействия карантинных видов насекомых в целях научно-методического обеспечения выполнения анализа фитосанитарного риска для территории Российской Федерации (промежуточный отчет) (рукопись). Инв. № 16-2022 ПО ВНИИКР. Быково, ФГБУ «ВНИИКР». 139 с. № ЕГИСУ НИОКТР 122041300171-6.
2. Жимерикин В.Н., Смирнов Ю.В., 2014. Анализ фитосанитарного риска пшеничного клопа *Blissus leucopterus* Say для территории Российской Федерации. 24-2014 АФР ВНИИКР. Москва. 40 с.
3. Ahmad T.R., K. P. Pruess K.P., Kindler S.D., 1980. Non-Crop Grasses as Hosts for the Chinch Bug, *Blissus leucopterus leucopterus* (Say) (Hemiptera: Lygaeidae). // Journal of the Kansas Entomological Society, Vol. 57, No. 1. P. 17–20.
4. Aukema B., Rieger C. (Editors). Catalogue of the Heteroptera of the Palaearctic Region, vol. 4: Pentatomomorpha 1. 2001. 346 p.
5. Bragard C., Baptista P., Chatzivassiliou E., Di Serio F., Gonthier P., Miret J.A.P., Justesen A.F., Magnusson Ch.S., Milonas P., A Navas-Cortes J., Parnell S., Potting R., Reignault Ph.L., Stefani E., Thulke H., Van der Werf W., Civera A.V., Yuen J., Zappala L., Gregoire J.-C., Malumphy Ch., Kertesz V., Maiorano A., MacLeod A. 2023. Pest categorisation of *Blissus insularis*. // EFSA Journal, Volume 21, Issue 7. P. 1–25. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.8121>
6. Booth T.H., Nix H.A., Busby J.R., Hutchinson M.F. 2014. BIOCLIM: the first species distribution modelling package, its early applications and relevance to most current MAXENT studies. // Diversity and Distributions, 20(1). P. 1–9.
7. Henry T.J., Froeschner R.C. (Eds), 1988. Catalog of the Heteroptera, or True Bugs, of Canada and the Continental United States. EJ Brill, Leiden, 958 pp.
8. EPPO Global Database, 2024. URL: <https://gd.eppo.int/> (accessed 23.10.2024)
9. GBIF, 2024. URL: [GBIF.org](https://www.gbif.org) (accessed 23.10.2024)
10. iNaturalist, 2024. URL: <https://www.inaturalist.org> (accessed 23.10.2024)
11. Cobos M.E., Peterson A.T., Barve N., Osorio-Olvera L., 2019. kuenm: an R package for detailed development of ecological niche models using Maxent. // PeerJn 7, e6281. P. 1–15. DOI: 10.7717/peerj.6281
12. Lamp W.O., Holtzer T.O., 1980. Distribution of Overwintering Chinch Bugs, *Blissus leucopterus leucopterus* (Hemiptera: Lygaeidae). // Journal of the Kansas Entomological Society, Vol. 53, No. 2. P. 320–324.
13. Leonard D.E., 1966. Biosystematics of the “leucopterus complex” of the genus *Blissus* (Heteroptera: Lygaeidae). // Connecticut Agricultural Experiment Station Bulletin, 677. P. 1–47.
14. Leonard D.E., 1968a. Three new species of *Blissus* from the Antilles (Heteroptera: Lygaeidae). // Proceedings of the Entomological Society of Washington, 70. P. 150–153.

выполнения анализа фитосанитарного риска для территории Российской Федерации. Инв. № 16-2022 ПО ВНИИКР. Быково, ФГБУ «ВНИИКР». 139 p. No. EGISU NIOKTR 122041300171-6. (In Russ.)

2. Zhimerikin V.N., Smirnov Yu.V. Pest risk analysis of chinch bug *Blissus leucopterus* Say for the territory of the Russian Federation [Analiz fitosanitarnogo riska pshenichnogo klopа *Blissus leucopterus* Say dlya territorii Rossiyskoy Federatsii]. 24-2014 AFR VNI IKR. Moscow. 2014; 40 p. (In Russ.)

3. Ahmad T.R., K. P. Pruess K.P., Kindler S.D., 1980. Non-Crop Grasses as Hosts for the Chinch Bug, *Blissus leucopterus leucopterus* (Say) (Hemiptera: Lygaeidae). // Journal of the Kansas Entomological Society, Vol. 57, No. 1. P. 17–20.

4. Aukema B., Rieger C. (Editors). Catalogue of the Heteroptera of the Palaearctic Region, vol. 4: Pentatomomorpha 1. 2001. 346 p.

5. Bragard C., Baptista P., Chatzivassiliou E., Di Serio F., Gonthier P., Miret J.A.P., Justesen A.F., Magnusson Ch.S., Milonas P., A Navas-Cortes J., Parnell S., Potting R., Reignault Ph.L., Stefani E., Thulke H., Van der Werf W., Civera A.V., Yuen J., Zappala L., Gregoire J.-C., Malumphy Ch., Kertesz V., Maiorano A., MacLeod A. 2023. Pest categorisation of *Blissus insularis*. // EFSA Journal, Volume 21, Issue 7. P. 1–25. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.8121>

6. Booth T.H., Nix H.A., Busby J.R., Hutchinson M.F. 2014. BIOCLIM: the first species distribution modelling package, its early applications and relevance to most current MAXENT studies. // Diversity and Distributions, 20(1). P. 1–9.

7. Henry T.J., Froeschner R.C. (Eds), 1988. Catalog of the Heteroptera, or True Bugs, of Canada and the Continental United States. EJ Brill, Leiden, 958 pp.

8. EPPO Global Database, 2024. URL: <https://gd.eppo.int/> (accessed 23.10.2024)

9. GBIF, 2024. URL: [GBIF.org](https://www.gbif.org) (accessed 23.10.2024)

10. iNaturalist, 2024. URL: <https://www.inaturalist.org> (accessed 23.10.2024)

11. Cobos M.E., Peterson A.T., Barve N., Osorio-Olvera L., 2019. kuenm: an R package for detailed development of ecological niche models using Maxent. // PeerJn 7, e6281. P. 1–15. DOI: 10.7717/peerj.6281

12. Lamp W.O., Holtzer T.O., 1980. Distribution of Overwintering Chinch Bugs, *Blissus leucopterus leucopterus* (Hemiptera: Lygaeidae). // Journal of the Kansas Entomological Society, Vol. 53, No. 2. P. 320–324.

13. Leonard D.E., 1966. Biosystematics of the “leucopterus complex” of the genus *Blissus* (Heteroptera: Lygaeidae). // Connecticut Agricultural Experiment Station Bulletin, 677. P. 1–47.

14. Leonard D.E., 1968a. Three new species of *Blissus* from the Antilles (Heteroptera: Lygaeidae). // Proceedings of the Entomological Society of Washington, 70. P. 150–153.

15. Leonard D.E., 1968b. A revision of the genus *Blissus* (Heteroptera: Lygaeidae) in eastern North

15. Leonard D.E., 1968b. A revision of the genus *Blissus* (Heteroptera: Lygaeidae) in eastern North America. // Annals of the Entomological Society of America, 61. P. 239–250.

16. Lima A., Valada T., Caetano M.F. et al. 2021. First record of the lawn chinch bug *Blissus insularis* Barber (Hemiptera: Blissidae) in Europe. // Phytoparasitica 49. P. 539–545. <https://doi.org/10.1007/s12600-021-00903-1>

17. Say T. 1832. Descriptions of new species of Heteropterous Hemiptera of North America. // Annual Report of New-York State Agricultural Society New Harmony Indiana. P. 310–368.

18. Slater J.A., 1979. The systematics, phylogeny, and zoogeography of the Blissinae of the world (Hemiptera, Lygaeidae). // Bulletin of the American Museum of Natural History, 165 (1). P. 1–180.

19. Slater J.A., China W.E., 1961. *Blissus* Burmeister, 1835 (Insecta, Hemiptera): Proposed designation of a type species under the plenary powers. Z.N.(S.) 1471. // Bulletin of Zoological Nomenclature, 18. P. 346–348.

20. Slater, J.A. and R.M. Baranowski. 1990. The Lygaeidae of Florida (Hemiptera: Lygaeidae). Arthropods of Florida and Neighboring Land Areas. Vol. 14. Florida Dept. of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, Gainesville. xv + 211 pp.

21. Spice B.P., Wilde G.E., Mize T.W., Wright R.J., Danielson S.D. 1994. Bibliography of chinch bug, *Blissus leucopterus leucopterus* (Say) (Heteroptera: Lygaeidae) since 1888 // J. Journal of the Kansas entomological society, v. 67, N 1. P. 116–125.

22. Title P.O., Bemmels J.B. 2018. ENVIREM: an expanded set of bioclimatic and topographic variables increases flexibility and improves performance of ecological niche modeling. // Ecography, 41. P. 291–307.

23. Torre-Bueno J.R., 1946. A synopsis of the Hemiptera-Heteroptera of America north of Mexico. Part III. Family XI - Lygaeidae. // Entomologica Americana (New Series), 26. P. 1–141.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гребенников Константин Алексеевич, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии и генетики насекомых и клещей ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; e-mail: kgrebennikov@gmail.com

Кулакова Юлиана Юрьевна, ведущий научный сотрудник-начальник научно-методического отдела инвазивных видов растений ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; e-mail: kulakova_juliana@vniikr.ru

America. // Annals of the Entomological Society of America, 61. P. 239–250.

16. Lima A., Valada T., Caetano M.F. et al. 2021. First record of the lawn chinch bug *Blissus insularis* Barber (Hemiptera: Blissidae) in Europe. // Phytoparasitica 49. P. 539–545. <https://doi.org/10.1007/s12600-021-00903-1>

17. Say T. 1832. Descriptions of new species of Heteropterous Hemiptera of North America. // Annual Report of New-York State Agricultural Society New Harmony Indiana. P. 310–368.

18. Slater J.A., 1979. The systematics, phylogeny, and zoogeography of the Blissinae of the world (Hemiptera, Lygaeidae). // Bulletin of the American Museum of Natural History, 165 (1). P. 1–180.

19. Slater J.A., China W.E., 1961. *Blissus* Burmeister, 1835 (Insecta, Hemiptera): Proposed designation of a type species under the plenary powers. Z.N.(S.) 1471. // Bulletin of Zoological Nomenclature, 18. P. 346–348.

20. Slater, J.A. and R.M. Baranowski. 1990. The Lygaeidae of Florida (Hemiptera: Lygaeidae). Arthropods of Florida and Neighboring Land Areas. Vol. 14. Florida Dept. of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, Gainesville. xv + 211 pp.

21. Spice B.P., Wilde G.E., Mize T.W., Wright R.J., Danielson S.D. 1994. Bibliography of chinch bug, *Blissus leucopterus leucopterus* (Say) (Heteroptera: Lygaeidae) since 1888 // J. Journal of the Kansas entomological society, v. 67, N 1. P. 116–125.

22. Title P.O., Bemmels J.B. 2018. ENVIREM: an expanded set of bioclimatic and topographic variables increases flexibility and improves performance of ecological niche modeling. // Ecography, 41. P. 291–307.

23. Torre-Bueno J.R., 1946. A synopsis of the Hemiptera-Heteroptera of America north of Mexico. Part III. Family XI - Lygaeidae. // Entomologica Americana (New Series), 26. P. 1–141.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Konstantin Grebennikov, PhD in Biology, Leading Researcher, Insects and Mites Ecology and Genetics Laboratory, FGBU “VNIKР”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; e-mail: kgrebennikov@gmail.com.

Yuliana Kulakova, PhD in Biology, Leading Researcher, Head of Research and Methodology Department of Invasive Plant Species, FGBU “VNIKР”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; e-mail: kulakova_juliana@vniikr.ru.