



Клоп дубовая
кружевница

18

Важность микропризнаков семян *Securigera varia* (L.) Lassen и *Coronilla scorpioides* (L.) W.D.J. Koch при идентификации

40

Гравер обыкновенный
в Карелии

62

ФИТОСАНИТАРИЯ. КАРАНТИН РАСТЕНИЙ

PLANT HEALTH AND QUARANTINE

Свидетельство
о регистрации СМИ ПИ
№ ФС 77-76606
ISSN: 2782-327X

Русско-английский научный журнал

Май № 2 (14) 2023

СТАТЬЯ НОМЕРА:

Интродукция кожеедов (Coleoptera:
Dermestidae) на территорию России 4

Диагностика стеблевой
нематоды картофеля 34

Ambrosia artemisiifolia L.
в Пензенской области 51



TM4000 15kV 8.4mm x250 Mix L

200µm

Редакционная коллегия

Editorial board

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Е.И. НАЗИН, директор ФГБУ «ВНИИКР»

ШЕФ-РЕДАКТОР:

В.В. ОЛЕШКЕВИЧ, кандидат филологических наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

Ю.А. ШВАБАУСКЕНЕ – заместитель Руководителя Россельхознадзора

Н.Н. СОЛОВЬЕВА – начальник Управления фитосанитарного надзора при экспортно-импортных операциях и международного сотрудничества Россельхознадзора, кандидат биологических наук

А.С. ШАМИЛОВ – эксперт ФАО по сельскому хозяйству, заместитель начальника группы по разработке стандартов Секретариата МККЗР, кандидат биологических наук

А.В. КОЧЕТОВ – директор ФГБНУ «ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН», член-корреспондент РАН, профессор РАН, доктор биологических наук

М.Т. УПАДЫШЕВ – заведующий отделом биотехнологии и защиты растений ФГБНУ «ВСТИСП», член-корреспондент РАН, профессор РАН, доктор сельскохозяйственных наук

М.В. ПРИДАННИКОВ – заместитель директора Центра паразитологии при ИПЭЭ РАН им. А.Н. Северцова, кандидат биологических наук

Н.В. АЛЕЙНИКОВА – заместитель директора по научно-организационной работе ФГБНУ «Магарач» РАН, доктор сельскохозяйственных наук

А.В. ХЮТТИ – заведующий сектором «Грибных, вирусных, микоплазменных и нематодных болезней картофеля и овощных культур» ФГБНУ «ВНИИЗР», кандидат биологических наук

И.Т. БАЛАШОВА – главный научный сотрудник лаборатории новых технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», доктор биологических наук

Ф.С. ДЖАЛИЛОВ – заведующий лабораторией защиты растений МСХА им. К.А. Тимирязева, профессор, доктор биологических наук

А.Д. ОРЛИНСКИЙ – международный фитосанитарный консультант, доктор биологических наук

А.И. УСКОВ – заведующий отделом биотехнологии и иммунодиагностики ФГБНУ ВНИИХХ им. А.Г. Лорха, доктор сельскохозяйственных наук

М.М. АБАСОВ – начальник коммерческого отдела ФГБУ «ВНИИКР», доктор биологических наук

А.А. СОЛОВЬЕВ – заместитель директора ФГБУ «ВНИИКР», доктор биологических наук, профессор РАН

К.П. КОРНЕВ – заместитель директора ФГБУ «ВНИИКР», кандидат биологических наук

Ю.А. ШНЕЙДЕР – начальник научно-методического и экспериментального центра ФГБУ «ВНИИКР», кандидат биологических наук

С.Г. ЗИНОВЬЕВА – специалист по связям с общественностью редакционно-издательского отдела ФГБУ «ВНИИКР»

РЕДАКЦИЯ

В.В. ЧЕРЕПАНОВА – редактор-корректор

Г.Н. БОНДАРЕНКО – начальник ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР», кандидат биологических наук

Е.М. ВОЛКОВА – заведующая лабораторией сорных растений ФГБУ «ВНИИКР», кандидат биологических наук

А.В. ШУНДЕЕВ – начальник отдела биометода ФГБУ «ВНИИКР»

Е.В. КАРИМОВА – начальник научно-методического отдела вирусологии и бактериологии ФГБУ «ВНИИКР», кандидат биологических наук

О.А. КУЛИНИЧ – начальник отдела лесного карантина ФГБУ «ВНИИКР», доктор биологических наук

М.Б. КОПИНА – начальник научно-методического отдела микологии и гельминтологии ФГБУ «ВНИИКР», кандидат сельскохозяйственных наук

С.А. КУРБАТОВ – начальник научно-методического отдела энтомологии ФГБУ «ВНИИКР», кандидат биологических наук

С.В. СУДАРИКОВА – старший научный сотрудник лаборатории гельминтологии ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР»

В.С. КУЧЕРЯВЫХ – переводчик, кандидат филологических наук

CHIEF EDITOR:

E.I. NAZIN, Director of FGBU “VNIIKR”

MANAGING EDITOR:

V.V. OLESHKEVICH, PhD in Philology

EDITORIAL BOARD

YU.A. SHVABAUSKENE – Deputy Head of Rosselkhoznadzor

N.N. SOLOVYOVA – Head of the Department of Phytosanitary Surveillance for Export-Import Operations and International Cooperation of Rosselkhoznadzor, PhD in Biology

A.S. SHAMILOV – FAO Agricultural Officer, Deputy Head of the Standards Setting Unit of IPPC Secretariat, PhD in Biology

A.V. KOCHETOV – Director of FGBNU “Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics SB RAS”, Corresponding Member of the RAS, Professor of the RAS, Doctor of Advanced Studies in Biological Sciences

M.T. UPADYSHEV – Head of the Biotechnology and Plant Protection Department of FGBNU “All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery”, Corresponding Member of the RAS, Professor of the RAS, Doctor of Advanced Studies in Agricultural Sciences

M.V. PRIDANNIKOV – Deputy Director of the Center of Parasitology of A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, RAS, PhD in Biology

N.V. ALEINIKOVA – Deputy Director for Scientific and Organizational Work of the FGBNU “Magarach” of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Advanced Studies in Agricultural Sciences

A.V. KHIUTTI – Head of the Group for Potato and Vegetable Crop Fungal, Viral, Mycoplasma and Nematode Diseases of FGBNU “VNIIZR”, PhD in Biology

I.T. BALASHOVA – Chief Researcher of the Laboratory of New Technologies of FGBNU “Federal Scientific Center of Vegetable Growing”, Doctor of Advanced Studies in Biological Sciences

F.S. DZHALILOV – Head of the Plant Protection Laboratory of the RSAU – MAA n. a. K.A. Timiryazev, Professor, Doctor of Advanced Studies in Biological Sciences

A.D. ORLINSKI – International phytosanitary consultant, Doctor of Advanced Studies in Biological Sciences

A.I. USKOV – Head of the Biotechnology and Immunodiagnosics Department of FGBNU “Lorch Potato Research Institute”, Doctor of Advanced Studies in Agricultural Sciences

M.M. ABASOV – Head of the Commercial Department of FGBU “VNIIKR”, Doctor of Advanced Studies in Biological Sciences

A.A. SOLOVYOV – Deputy Director of FGBU “VNIIKR”, Doctor of Advanced Studies in Biology, Professor of the Russian Academy of Sciences

K.P. KORNEV – Deputy Director of FGBU “VNIIKR”, PhD in Biology

YU.A. SHNEYDER – Head of Research and Methodology and Experimental Center, FGBU “VNIIKR”, PhD in Biology

S.G. ZINOVYEVA – PR specialist, Editorial and Publishing Department, FGBU “VNIIKR”

EDITORSHIP

V.V. CHEREPANOVA – Copy Editor

G.N. BONDARENKO – Head of the Testing Laboratory Center of FGBU “VNIIKR”, PhD in Biology

E.M. VOLKOVA – Head of the Laboratory of Weed Plants of FGBU “VNIIKR”, PhD in Biology

A.V. SHUNDEEV – Head of Biometod Department, FGBU “VNIIKR”

E.V. KARIMOVA – Head of the Scientific and Methodological Department of Virology and Bacteriology of the FGBU “VNIIKR”, PhD in Biology

O.A. KULINICH – Head of the Forest Quarantine Department of FGBU “VNIIKR”, Doctor of Advanced Studies in Biological Sciences

M.B. KOPINA – Head of the Research and Methodology Department for Mycology and Helminthology, PhD in Agriculture

S.A. KURBATOV – Head of the Entomological Research and Methodology Department of FGBU “VNIIKR”, PhD in Biology

S.V. SUDARIKOVA – Senior Researcher of the Helminthology Laboratory of the Testing Laboratory Center of FGBU “VNIIKR”

V.S. KUCHERYAVYKH – Translator, PhD in Philology

Содержание | Content

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНВАЗИЙ

История интродукции некоторых видов чужеродных кожеедов (Coleoptera: Dermestidae) на территорию Российской Федерации

Н.И. ЕРШОВА, М.В. УШКОВА

INVASION STUDIES

The history of the introduction of some alien beetle species (Coleoptera: Dermestidae) in the territory of the Russian Federation

N.I. ERSHOVA, M.V. USHKOVA

4

Клоп дубовая кружевница *Corythucha arcuata* (Say) (Hemiptera: Tingidae): распространение на территории России и возможные меры контроля

О.А. КУЛИНИЧ, Д.И. РЯСКИН, Ю.И. ГНИНЕНКО, А.А. АКОПЬЯНЦ, Е.Н. АРБУЗОВА, У.А. ЧЕРНОВА, В.П. НАЛЕПИН

Oak lace bug *Corythucha arcuata* (Say) (Hemiptera: Tingidae): distribution in Russia and possible control measures

O.A. KULINICH, D.I. RYASKIN, YU.I. GNINENKO, A.A. AKOPYANTS, E.N. ARBUZOVA, U.A. CHERNOVA, V.P. NALEPIN

18

ДИАГНОСТИКА

Диагностика стеблевой нематоды картофеля *Ditylenchus destructor* в фитосанитарной практике

С.В. СУДАРИКОВА, Е.А. ХУДЯКОВА, Л.А. ЛИМАНЦЕВА

Diagnosis of potato rot nematode *Ditylenchus destructor* in phytosanitary practice

S.V. SUDARIKOVA, E.A. KHUDYAKOVA, L.A. LIMANTSEVA

34

ИДЕНТИФИКАЦИЯ

Использование особенностей микроморфологии поверхности семян сорных растений *Securigera varia* (L.) Lassen и *Coronilla scorpioides* (L.) W.D.J. Koch для их идентификации в фитосанитарной практике

Е.В. РАЗУМОВА, Ю.В. ОРЛОВА, Ю.Ю. КУЛАКОВА

IDENTIFICATION

Using the micromorphology characters of the surface of weed seeds *Securigera varia* (L.) Lassen and *Coronilla scorpioides* (L.) W.D.J. Koch for their identification in phytosanitary practice

E.V. RAZUMOVA, YU.V. ORLOVA, YU.YU. KULAKOVA

40

МОНИТОРИНГ

Обнаружение *Ambrosia artemisiifolia* L. в Пензенской области: история вопроса и оценка возможной натурализации вида в регионе

Е.А. СУХОЛОЗОВА, Е.А. СУХОЛОЗОВ

MONITORING

Detection of *Ambrosia artemisiifolia* L. in Penza Oblast: background and assessment of the possible adaptation of the species in the region

E.A. SUKHOLOZOVA, E.A. SUKHOLOZOV

51

Особенности биологии гравера обыкновенного *Pityogenes chalcographus* в Карелии

С.Н. ЛЯБЗИНА, Д.П. ЗЛОБИН

Features of *Pityogenes chalcographus* biology in Karelia

S.N. LYABZINA, D.P. ZLOBIN

62

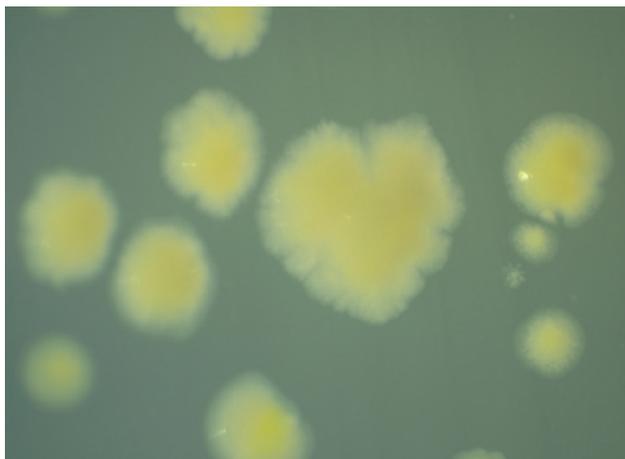
Журнал «Фитосанитария. Карантин растений» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-76606 от 15 августа 2019 года
Фото на обложке: Базальная сторона трихомы *Solanum elaeagnifolium* Cav. (автор фото: Е.А. Володина, победитель фотоконкурса «Как прекрасен микромир, посмотри!»)
Дизайн и верстка: Мария Бондарь
Учредитель: ФГБУ «ВНИИКР», 140150, Московская область, г. Раменское, р. п. Быково, ул. Пограничная, д. 32

Издатель: ООО «Вейнард»
Телефон редакции: 8 (495) 925-06-34
Электронная почта: veinardltd@gmail.com
Индексы издания для подписки в каталогах:
АО «Агентство «Роспечать» – 81075
ООО «Агентство Книга-Сервис» – 33095
Отпечатано в типографии
ООО «ГРАН ПРИ», 152900, Ярославская область, г. Рыбинск, ул. Луговая, 7
Тираж 3000 экз.
Подписано в печать: 16.05.2023
Дата выхода в свет: 31.05.2023

The Journal "Plant Health and Quarantine" is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor), Registration Certificate No. FS 77-76606, August 15, 2019
Photo on the cover: Trichome basal side of *Solanum elaeagnifolium* Cav. (author of the photo: E.A. Volodina, winner of the photo contest "How beautiful the microcosm is, look!")
Design & Composition: Mariya Bondar
Establisher: FGBU VNIICR, 140150, Moskovskaya oblast, Ramenskoye, r. p. Bykovo, Pogranichnaya ulitsa, 32

Publisher: ООО "Veynard"
Editorial Board Office:
Tel: +7 (495) 925-06-34
E-mail: veinardltd@gmail.com
Subscription indexes:
АО Агентство "Rospechat" – 81075
ООО Агентство "Kniga-Servis" – 33095
Printing house:
GRAND PRI,
7 Lugovaya St., Rybinsk,
Yaroslavl Oblast, 152900
Circulation: 3000 copies
Approved for print: 16/05/2023
Issue date: 31/05/2023

«Как прекрасен микромир, посмотри!»



«Сердечный привет»

(колонии бактерии *Agrotusces* sp., выделенной из растений ярового ячменя).

Автор фото: О.Ю. Словарева, отдел МСИ ФГБУ «ВНИИКР»



«Ничего себе!»

(агроном ИЛ Иркутского филиала ФГБУ «ВНИИКР» за работой).

Автор фото: Р.А. Пастрик, ИЛ Иркутского филиала ФГБУ «ВНИИКР»



«Добытчик»

(*Monochamus urussovi* (Fisch.) в привычной среде обитания).

Авторы фото: А.А. Максимова, С.М. Норбоева, М.Б. Очиржапов, ИЛ Бурятского филиала ФГБУ «ВНИИКР»



«Гимнастика»

(гусеница непарного шелкопряда *Lymantria dispar* (L.) на лиственнице в Ольхонском районе Иркутской области).

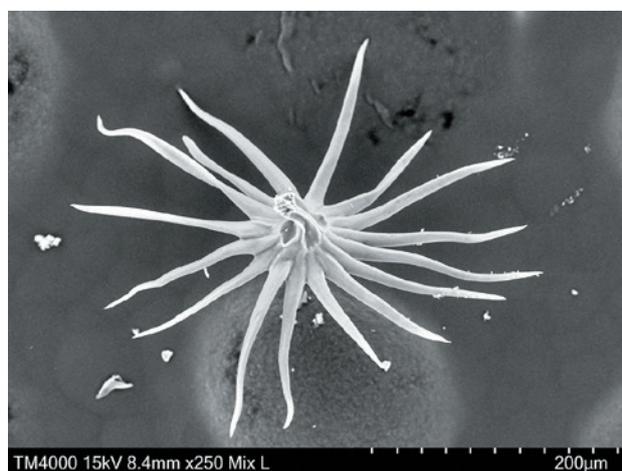
Автор фото: В.Ф. Кобзарь, НМО Иркутского филиала ФГБУ «ВНИИКР»



«По краю»

(гусеница стрелчатки ольховой *Acrionicta alni* (L.)).

Автор фото: А.С. Качко, ИЛ Иркутского филиала ФГБУ «ВНИИКР»



«Хинкаль»

(базальная сторона трихомы *Solanum elaeagnifolium* Cav.).

Автор фото: Е.А. Володина, НМО инвазивных видов растений ФГБУ «ВНИИКР»

История интродукции некоторых видов чужеродных кожеедов (Coleoptera: Dermestidae) на территорию Российской Федерации

* ЕРШОВА Н.И.¹, УШКОВА М.В.²

^{1,2} ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия, 140150

¹ e-mail: ershova_nataliya@vniikr.ru

² ORCID 0000-0003-0102-1332, e-mail: ushkovamariavladislavovna@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена описанию истории расселения некоторых синантропных видов кожеедов на территории России и его зависимости от экоклиматических и других факторов. Целью нашего исследования было проведение инвентаризации на региональном уровне на территории России фаунистического состава успешных инвазий синантропных видов Dermestidae путем анализа литературных источников за последние 150 лет. Было выявлено 19 видов: *Anthrenus picturatus picturatus* Solsky, 1876, *Attagenus gobicola* Frivaldszky, 1892, *Attagenus smirnovi* Zhantiev, 1973, *Attagenus unicolor simulans* Solsky, 1876, *Attagenus unicolor unicolor* (Brahm, 1791), *Dermestes ater* DeGeer, 1774, *Dermestes frischii* Kugelann, 1792, *Dermestes haemorrhoidalis* Küster, 1852, *Dermestes maculatus* DeGeer, 1774, *Megatoma tianschanica* Sokolov, 1972, *Reesa vespulae* (Milliron, 1939), *Thylo-drias contractus* Motschulsky, 1839, *Trogoderma angustum* (Solier in Gay, 1849), *Trogoderma glabrum* (Herbst, 1783), *Trogoderma quinquefasciatum* Jacquelin du Val, 1859, *Trogoderma teukton* Beal, 1956, *Trogoderma variabile* Ballion, 1878, *Trogoderma versicolor* (Creutzer, 1799) *Trogoderma inclusum* LeConte, 1854, а также 4 случая элиминации чужеродных видов в отдельных регионах.

Количество чужеродных видов синантропных кожеедов увеличилось с пяти видов в 1870 г. до 19 видов в 2020 г. При этом среди вредителей запасов растительного происхождения число видов возросло с двух до семи, а кератофагов – с трех до 12. Небольшое ускорение динамики вселения чужеродных видов отмечено на рубеже XIX и XX веков, а заметное ускорение произошло после 60-х гг. XX века. Изменения динамики вселения чужеродных видов тесно связаны с увеличением доли городского населения и изменением экоклиматических условий в помещениях. Обсуждается существенное значение «биотического дождя» на начальном этапе формирования популяций и для поддержания стабильного существования синантропных популяций. Описаны 4 случая элиминации синантропных популяций видов

The history of the introduction of some alien beetle species (Coleoptera: Dermestidae) in the territory of the Russian Federation

* NATALIYA I. ERSHOVA¹, MARIA V. USHKOVA²

^{1,2} FGBU "All-Russian Plant Quarantine Center" (FGBU "VNIIKR"), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150

¹ e-mail: ershova_nataliya@vniikr.ru

² ORCID 0000-0003-0102-1332, e-mail: ushkovamariavladislavovna@gmail.com

ABSTRACT

The article is devoted to the description of the history of the distribution of some synanthropic Dermestidae species in of Russia and its dependence on ecoclimatic and other factors. The purpose of our study was to conduct an inventory at the regional level on the territory of Russia of the faunistic composition of successful invasions of synanthropic Dermestidae species by analyzing literary sources over the past 150 years. There have been detected 19 species: *Anthrenus picturatus picturatus* Solsky, 1876, *Attagenus gobicola* Frivaldszky, 1892, *Attagenus smirnovi* Zhantiev, 1973, *Attagenus unicolor simulans* Solsky, 1876, *Attagenus unicolor unicolor* (Brahm, 1791), *Dermestes ater* DeGeer, 1774, *Dermestes frischii* Kugelann, 1792, *Dermestes haemorrhoidalis* Küster, 1852, *Dermestes maculatus* DeGeer, 1774, *Megatoma tianschanica* Sokolov, 1972, *Reesa vespulae* (Milliron, 1939), *Thylo-drias contractus* Motschulsky, 1839, *Trogoderma angustum* (Solier in Gay, 1849), *Trogoderma glabrum* (Herbst, 1783), *Trogoderma quinquefasciatum* Jacquelin du Val, 1859, *Trogoderma teukton* Beal, 1956, *Trogoderma variabile* Ballion, 1878, *Trogoderma versicolor* (Creutzer, 1799) *Trogoderma inclusum* LeConte, 1854, as well as 4 cases of elimination of alien species in certain regions.

The number of alien synanthropic Dermestidae species increased from five species in 1870 to 19 species in 2020. At the same time, among pests of plant origin, the number of species increased from two to seven, and keratophages – from three to 12. A slight acceleration in the dynamics of the introduction of alien species was noted at the turn of the 19th and 20th centuries, and a noticeable acceleration occurred after the 1960s. Changes in the dynamics of the introduction of alien species are closely related to the increase in the proportion of the urban population and changes in the eco-climatic conditions in the premises. The essential importance of "biotic rain" at the initial stage of population formation and for maintaining the stable existence of synanthropic populations is discussed. There are described 4 cases of

Trogoderma versicolor, *Trogoderma quinquefasciatum*, *Attagenus augustatus*, *Dermestes ater*.

Ключевые слова. Синантроп, ареал, расселение, элиминация, вредители хранящейся растительной продукции, кератофаги, вредители музеев, экоклиматические условия.



ВВЕДЕНИЕ

Исследование инвазий жесткокрылых в последние годы интенсивно развивается из-за причиняемого ими экономического и экологического ущерба. Жуки-кожееды (Coleoptera: Dermestidae) – одно из важнейших в экономическом отношении семейств жесткокрылых. Многие кожееды являются опасными вредителями складских запасов материалов животного и растительного происхождения, шелководства и музейных коллекций. Расселению чужеродных синантропных видов способствовали развитие международных транспортных перевозок, логистики, расширение номенклатуры перевозимой продукции. Мировая логистическая система стала основным путем для проникновения организмов в новые местообитания, приводя к образованию постоянного так называемого биотического дождя (Масляков, 2000). После первичного вселения ряд видов распространяется сначала в жилых и производственных помещениях, а затем, при наличии подходящих условий, в естественные местообитания. Целью нашего исследования были сбор и обобщение данных об истории успешной интродукции чужеродных видов кожеедов в период с 1870 по 2020 г. на территорию, соответствующую площади современной Российской Федерации, а также документированных случаев частичной элиминации видов и выявление экоклиматических факторов, определяющих успешность инвазии. Для исследования динамики обогащения синантропной фауны чужеземными видами кожеедов были проведены сбор и систематизация данных об успешных интродукциях кожеедов в Россию в рассматриваемый период, чтобы определить социально-экономические условия и экоклиматические факторы, контролирующие этот процесс.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на основании анализа литературных источников, которые включали определители, обзорные статьи и монографии со списками видов кожеедов за период с 1870 по 2020 г. (Линдеман, 1871; Якобсон, 1913; Якобсон, 1927; Жантеев, 1976; Лафер, 1992; Мордкович, Соколов, 1999; Негрובה, Негрובה, 2002; Háva, 2015, Mroczkowski, 1968); обзоров по чужеродным видам жесткокрылых (Коваленко, 2019; Сажнев, Роднев, 2016; Соколов, 2004); статистических данных по изменениям климата (Фефелов, 2011); демографических

элиминации синантропных популяций видов *Trogoderma versicolor*, *Trogoderma quinquefasciatum*, *Attagenus augustatus*, *Dermestes ater*.

Key words. Sinanthropus, range, distribution, elimination, pests of stored plant products, keratophages, museum pests, ecoclimatic conditions.

INTRODUCTION

Research on beetle invasions has been intensively developed in recent years due to the economic and environmental damage they cause. Dermestidae (Coleoptera) are one of the economically most important beetle families. Many Dermestidae are dangerous warehouse pests of materials of animal and vegetable origin, sericulture and museum collections. The spread of alien synanthropic species was facilitated by the development of international transportation, logistics, and the expansion of the range of transported products. The global logistics system has become the main route for the introduction of organisms into new habitats, leading to the formation of a permanent so-called biotic rain (Maslyakov, 2000). After the initial introduction, some species spread first in residential and industrial premises, and then, under suitable conditions, in natural habitats. The aim of our study was to collect and summarize data on the history of successful introduction of alien Dermestidae species in the period from 1870 to 2020 on the territory corresponding to the area of the modern Russian Federation, as well as documented cases of partial elimination of species and to identify ecoclimatic factors that determine the success of invasion. To study the dynamics of the synanthropic fauna enrichment with alien Dermestidae species, data were into Russia in the period under review in order to determine the socio-economic conditions and ecoclimatic factors that control this process.

MATERIALS AND METHODS

The work was carried out on the basis of an analysis of literary sources, which included guides, review articles, and monographs with lists of Coleoptera species for the period from 1870 to 2020 (Lindeman, 1871; Yakobson, 1913; Yakobson, 1927; Zhantiev, 1976; Lafer, 1992; Mordkovich, Sokolov, 1999; Negrobova and Negrobov, 2002; Háva, 2015, Mroczkowski, 1968); reviews on alien Coleoptera species (Kovalenko, 2019; Sazhnev and Rodnev, 2016; Sokolov, 2004); statistical data on climate change (Fefelov, 2011); demographic data on the change in the ratio of urban and rural population. The timing of the first detection of species was specified according to faunistic articles and departmental publications. Whenever possible, a critical evaluation of the literature data was carried out. Species for the study were selected based on two criteria: economic

данных по изменению соотношения городского и сельского населения. Сроки первого обнаружения видов уточняли по данным фаунистических статей и ведомственным изданиям. По возможности была проведена критическая оценка литературных данных. Виды для исследования были выделены на основании двух критериев: экономическое значение и чужеродность. Экономически значимые виды определили на основе выводов монографических изданий (Мордкович, Соколов, 1999; Тоскина, Проворова, 2007), чужеродность проверяли по обзорам чужеродных жесткокрылых (Сажнев, 2019; Коваленко, 2019).

К видам, трофически связанным преимущественно с продуктами запасов растительного происхождения на перерабатывающих предприятиях и на складах, относятся *Attagenus unicolor simulans* Solsky, *Megatoma tianschanica* Sokolov, *Trogoderma glabrum* (Herbst), *Trogoderma teukton* Beal, *Trogoderma variabile* Ballion, *Trogoderma versicolor* (Creutzer), *Trogoderma inclusum* LeConte.

К видам, трофически связанным преимущественно с производством и хранением продукции животного происхождения и музейными коллекциями, относятся: *Anthrenus picturatus picturatus* Solsky, *Attagenus unicolor unicolor* (Brahm), *Attagenus gobicola* Frivaldszky, *Attagenus smirnovi* Zhantiev, *Dermestes ater* DeGeer, *Dermestes frischii* Kugelann, *Dermestes haemorrhoidalis* Küster, *Dermestes maculatus* DeGeer, *Reesa vespulae* (Milliron), *Thylodrias contractus* Motschulsky, *Trogoderma angustum* (Solier), *Trogoderma quinquefasciatum* Jacquelin du Val.

Разделение на группы не является абсолютным. Например, *T. variabile* и *T. versicolor* могут быть опасными вредителями музеев (Тоскина, Проворова, 2007), а *R. vespulae* – вредителем семян (Жантiev, 1976).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

История успешного вселения синантропных чужеродных видов Dermestidae в 1870–2020 гг. на территорию РФ

Виды, экоклиматические и трофические требования которых соответствуют условиям созданной человеком техногенной среды, образуют синантропный комплекс. Синантропный комплекс постепенно обогащается за счет завоза новых видов.

В таблице приведены сведения об истории вселения синантропных видов кожеедов на территорию РФ. Виды систематизированы с указанием, насколько это возможно, сроков первого обнаружения. Несмотря на неполноту данных, особенно в ранний период наблюдений, отчетливо прослеживается обогащение видового разнообразия экономически значимых синантропных кожеедов на протяжении 1870–2020 гг.

До начала обсуждения полученных результатов необходимо рассмотреть правомерность включения криптогенных видов, обнаруженных в России в начале XX века (Якобсон, 1913), в список чужеродных для РФ. Криптогенными считаются виды с обширным ареалом, часто космополиты, которые распространились по миру до начала фаунистических исследований, и их естественный ареал остается неизвестным.

importance and alienness. Economically significant species were identified based on the findings of monographic publications (Mordkovich and Sokolov, 1999; Toskina and Provorova, 2007); alienness was checked based on reviews of alien Coleoptera (Sazhnev, 2019; Kovalenko, 2019).

The species that are trophically associated mainly with products of stocks of plant origin in processing plants and warehouses include *Attagenus unicolor simulans* Solsky, *Megatoma tianschanica* Sokolov, *Trogoderma glabrum* (Herbst), *Trogoderma teukton* Beal, *Trogoderma variabile* Ballion, *Trogoderma versicolor* (Creutzer), *Trogoderma inclusum* LeConte.

Species trophically associated mainly with the production and storage of products of animal origin and museum collections include: *Anthrenus picturatus picturatus* Solsky, *Attagenus unicolor unicolor* (Brahm), *Attagenus gobicola* Frivaldszky, *Attagenus smirnovi* Zhantiev, *Dermestes ater* DeGeer, *Dermestes frischii* Kugelann, *Dermestes haemorrhoidalis* Küster, *Dermestes maculatus* DeGeer, *Reesa vespulae* (Milliron), *Thylodrias contractus* Motschulsky, *Trogoderma angustum* (Solier), *Trogoderma quinquefasciatum* Jacquelin du Val.

The division into groups is not absolute. For example, *T. variabile* and *T. versicolor* can be serious pests of museums (Toskina, Provorova, 2007), and *R. vespulae* – a seed pest (Zhantiev, 1976).

RESULTS AND DISCUSSION

History of the successful introduction of synanthropic alien Dermestidae species in 1870–2020 into the territory of the Russian Federation

Species whose ecoclimatic and trophic requirements correspond to the conditions of the technogenic environment created by man form a synanthropic complex. The synanthropic complex is gradually enriched due to the introduction of new species.

The table provides information on the history of the introduction of synanthropic Dermestidae species into the territory of the Russian Federation. Species are systematized, indicating, as far as possible, the timing of the first detection. Despite the incompleteness of the data, especially in the early period of observations, the enrichment of the species diversity of economically important synanthropic Dermestidae during 1870–2020 is clearly visible.

Before discussing the obtained results, it is necessary to consider the legitimacy of including cryptogenic species detected in Russia in early 20th century (Yakobson, 1913) in the list of alien species for the Russian Federation. Cryptogenic species are species with a wide range, often cosmopolitans, that spread around the world before the beginning of faunistic research, and their natural range remains unknown.

From our point of view, the weak economic development of the territories of the south of the European part of Russia, the territories of Siberia and the Far East in the 17th–18th centuries and the production of a rather limited range of marketable products for international trade make it unlikely that local biotypes will switch to synanthropy and, most importantly, their spreading

Таблица. Списки чужеродных синантропных видов кожеедов в 1870, 1915, 1930, 1980, 2000, 2020 гг.**Table. Lists of alien synanthropic Dermestidae species in 1870, 1915, 1930, 1980, 2000, 2020**

Годы/источник Years/source	Вредители хранящейся продукции растительного происхождения Pests of stored plant products	Вредители хранящейся продукции животного происхождения и музейных коллекций Pests of stored products of animal origin and museum collections
1870 (Линдеман, 1871) (Lindemann, 1871)	<i>Trogoderma glabrum</i> (Herbst) (= <i>elongatum</i> Fabr.) (= <i>villosulum</i> Duft.), <i>Trogoderma versicolor</i> (Creutzer)**	<i>Attagenus unicolor</i> (Brahm) (= <i>piceus</i> Oliv.), <i>Dermestes ater</i> DeGeer, <i>Dermestes frischii</i> Kugelann
1915 (Якобсон, 1913) (Yakobson, 1913)	<i>Trogoderma glabrum</i> (Herbst) (= <i>nigrum</i> (Herbst)), <i>Trogoderma versicolor</i> (Creutzer)	<i>Attagenus unicolor unicolor</i> (Brahm) (= <i>piceus</i> Oliv.), <i>Dermestes ater</i> DeGeer, <i>Dermestes frischii</i> Kugelann, <i>Dermestes maculatus</i> DeGeer (= <i>vulpinus</i> Fabr.), <i>Trogoderma megatomoides</i> Reitter (= <i>Entomotrogus megatomoides</i> (Reitter)), <i>Thyldrias contractus</i> Motschulsky
1930 (Кузнецова, 1932; Якобсон, 1927) (Kuznetsova, 1932; Yakobson, 1927)	<i>Trogoderma glabrum</i> (Herbst) (= <i>nigrum</i> (Herbst)), <i>Trogoderma versicolor</i> (Creutzer)	<i>Attagenus unicolor unicolor</i> (Brahm) (= <i>piceus</i> Oliv.), <i>Dermestes ater</i> DeGeer, <i>Dermestes frischii</i> Kugelann, <i>Dermestes maculatus</i> DeGeer, <i>Trogoderma</i> (<i>Entomotrogus</i>) <i>megatomoides</i> Reitter, <i>Thyldrias contractus</i> Motschulsky
1980 (Дегтярева Судейкина, 1971; Жантiev, 1976; Коваленко, 2019) (Degtyareva, Sudeikina, 1971; Zhantiev, 1976; Kovalenko, 2019)	<i>Attagenus unicolor simulans</i> Solsky, * 1971 (Дегтярева, Судейкина, 1971) (Degtyareva, Sudeikina, 1971), <i>Trogoderma glabrum</i> (Herbst), <i>Trogoderma versicolor</i> (Creutzer), <i>Trogoderma variabile</i> Ballion, <i>Megatoma</i> (<i>Pseudohadrotoma</i>) <i>tianschanica</i> Sokolov, * середина 1970-х гг. (Коваленко, 2019) * mid 1970s (Kovalenko, 2019)	<i>Attagenus unicolor unicolor</i> (Brahm), <i>Anthrenus picturatus picturatus</i> Solsky, * 1968 (Жантiev, 1976) (Zhantiev, 1976), <i>Attagenus smirnovi</i> Zhantiev, * 1961 (Жантiev, 1976) (Zhantiev, 1976) <i>Dermestes ater</i> DeGeer, <i>Dermestes frischii</i> Kugelann, <i>Dermestes maculatus</i> DeGeer, <i>Reesa vespulae</i> (Mill.), * 1959 (Жантiev, 1976) (Zhantiev, 1976), <i>Thyldrias contractus</i> Motschulsky
2000 (Мордкович, Соколов, 1999; Стороженко, 2009) (Mordkovich, Sokolov, 1999; Storozhenko, 2009)	<i>Attagenus unicolor simulans</i> Solsky, <i>Megatoma tianschanica</i> Sokolov, <i>Trogoderma glabrum</i> (Herbst), <i>Trogoderma versicolor</i> (Creutzer), <i>Trogoderma variabile</i> Ballion, <i>Trogoderma inclusum</i> LeConte	<i>Anthrenus picturatus picturatus</i> Solsky, <i>Attagenus gobicola</i> Frivaldszky, * 1999 (Мордкович, Соколов, 1999) (Mordkovich, Sokolov, 1999), <i>Attagenus smirnovi</i> Zhantiev, <i>Attagenus unicolor unicolor</i> (Brahm), <i>Dermestes ater</i> DeGeer, <i>Dermestes frischii</i> Kugelann, <i>Dermestes maculatus</i> DeGeer, <i>Reesa vespulae</i> (Mill.), <i>Trogoderma angustum</i> (Solier), * 1994 (персональное сообщение Д.В. Власова, представленное Я.Н. Коваленко, 2019), (personal message of D.V. Vlasov presented by Ya.N. Kovalenko, 2019), <i>Trogoderma megatomoides</i> Reitter, <i>Thyldrias contractus</i> Motschulsky
2020 (Жантiev, Кирейчук, 2003; Хряпин и др., 2016) (Zhantiev, Kireychuk, 2003; Khryapin et al., 2016)	<i>Attagenus simulans</i> Solsky, <i>Megatoma tianschanica</i> Sokolov, <i>Trogoderma inclusum</i> LeConte, <i>Trogoderma glabrum</i> (Herbst), <i>Trogoderma teukton</i> Beal, * 2003 (Жантiev, Кирейчук, 2003), <i>Trogoderma variabile</i> Ballion, <i>Trogoderma versicolor</i> (Creutzer)	<i>Attagenus gobicola</i> Frivaldszky, <i>Anthrenus picturatus picturatus</i> Solsky, <i>Attagenus unicolor</i> (Brahm), <i>Attagenus smirnovi</i> Zhantiev, <i>Dermestes ater</i> DeGeer, <i>Dermestes frischii</i> Kugelann, <i>Dermestes haemorrhoidalis</i> Küster, * 2013 (Хряпин и др., 2016) (Khryapin et al., 2016), <i>Dermestes maculatus</i> DeGeer, <i>Reesa vespulae</i> (Mill.), <i>Trogoderma angustum</i> Solier, <i>Trogoderma quinquefasciatum</i> Jacquelin du Val (= <i>megatomoides</i> Reitter), <i>Thyldrias contractus</i> Motschulsky

* – дата первого обнаружения вида; ** – сведения о распространении *T. versicolor* мы приводим предположительно для двух видов, *T. versicolor* и *T. variabile*. Точная интерпретация данных ранних литературных источников по распространению этих видов невозможна, так как диагностические признаки, позволяющие точную идентификацию до вида, были разработаны только во второй половине XX века (Жантiev, 1976). Оба вида имеются в коллекциях Зоологического института РАН, собранных в XIX веке и на рубеже XX века (Коваленко, 2019).

* – date of the first detection of the species; ** – we provide information about the distribution of *T. versicolor* presumably for two species, *T. versicolor* and *T. variabile*. An accurate interpretation of the data of early literary sources on the distribution of these species is impossible, since diagnostic characters that allow accurate identification to the species level were developed only in the second half of the 20th century (Zhantiev, 1976). Both species are in the collections of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, collected in the 19th century and at the turn of the 20th century (Kovalenko, 2019).

С нашей точки зрения, слабое хозяйственное освоение территорий юга европейской части России, территорий Сибири и Дальнего Востока в XVII–XVIII веках и наличие производства довольно ограниченной номенклатуры товарной продукции для международной торговли делают маловероятным переход к синантропии местных биотипов и, главное, их распространение по торговым путям к середине XIX века по всей Европе и другим регионам.

Вопрос об исходных ареалах криптогенных видов жуков неоднократно становился предметом обсуждения специалистов. Предполагается, что исходный ареал *Dermestes maculatus* находится в Африке, а *D. ater* – в Америке или Восточной Азии (Жантiev, 1976; Коваленко, 2019). Исходные ареалы *D. frischii* и *Thylocladius contractus*, *Trogoderma glabrum*, по мнению Р.Д. Жантиева (Жантiev, 1976), находились на территории СССР, но значительно расширились благодаря постоянным завозам с зараженной продукцией. Предполагается, в частности, что *T. contractus* происходит из Центральной Азии (Сажнев, Роднев, 2016). *T. glabrum* не является синантропным видом в Южной Сибири, поэтому Г.И. Плешанова (Плешанова, 2006) считает его аборигенным для региона. С этим трудно согласиться. Инвазивные виды кожеедов легко переходят в природные местообитания. *T. angustum*, например, был обнаружен в Лазовском заповеднике в гнезде совы (Стороженко, 2009), но он имеет американское происхождение.

Ареалы трех близких видов – *Attagenus unicolor unicolor*, *A. u. japonicus*, *A. u. simulans* – в России в настоящее время включают Южную Сибирь, *A. u. unicolor* – космополит, распространился на обширной территории (Háva, 2015), *A. u. japonicus* в России остался в пределах небольшого ареала на территории Бурятии и Дальнего Востока, завезен на юг Европы, в США и Канаду (Háva, 2015), *A. u. simulans* в XX веке начал распространяться из Центральной Азии на территории России (Соколов, 2004). Можно предположить, что указанный выше комплекс видов происходит из Китая и Центральной Азии.

Dermestes lardarius – единственный среди криптогенных видов, который является строго моновольтинным, имеет обязательную диапаузу и более вредоносен в средней полосе, чем в южных регионах (Жантiev, 1976). В Великобритании *D. lardarius* указывается как местный вид (Peacock, 1993). Исходя из биологии вида, мы можем предполагать, что *D. lardarius* является нативным для средней полосы России видом, но его ареал значительно расширился в результате распространения с зараженной продукцией.

В 1871 г. на части территории Российской империи, соответствующей территории современной Российской Федерации, было зарегистрировано 5 чужеродных видов (Линдеман, 1871), к 1913 г. количество чужеродных видов увеличилось до 8 (Якобсон, 1913). Было зарегистрировано вселение трех новых видов: *Dermestes maculatus*, *Trogoderma* (как *Entomotrogus megatomoides*, *Thylocladius contractus*).

До начала 60-х гг. XX века изменений в составе фауны кожеедов не отмечено, что, скорее всего, связано с отсутствием исследований на территории европейской части во время Второй мировой войны,

in trade paths to the middle of the 19th century throughout Europe and other regions.

The original areas of cryptogenic beetle species have repeatedly become the subject of discussion among specialists. It is assumed that the original area of *Dermestes maculatus* is in Africa, and *D. ater* – in America or East Asia (Zhantiev, 1976; Kovalenko, 2019). Original areas of *D. frischii* and *Thylocladius contractus*, *Trogoderma glabrum*, according to R.D. Zhantiev (Zhantiev, 1976), were located on the territory of the USSR, but expanded significantly due to constant imports of contaminated products. It is assumed, in particular, that *T. contractus* originates from Central Asia (Sazhnev and Rodnev, 2016). *T. glabrum* is not a synanthropic species in Southern Siberia; therefore, G.I. Pleshanova (Pleshanova, 2006) considers it aboriginal for the region. It is difficult to agree with this. Invasive Dermestidae species easily move into natural habitats. *T. angustum*, for example, was detected in the Lazovsky Reserve in an owl nest (Storozhenko, 2009), but it is of American origin.

The ranges of three closely related species – *Attagenus unicolor unicolor*, *A. u. japonicus*, *A. u. simulans* – in Russia currently include Southern Siberia, *A. u. unicolor* is cosmopolitan, spread over a wide area (Háva, 2015), *A. u. japonicus* in Russia remained within a small range in the territory of Buryatia and the Far East; it was introduced to the south of Europe, to the USA and Canada (Háva, 2015), *A. u. simulans* began to spread from Central Asia to Russia in the 20th century (Sokolov, 2004). It can be assumed that the above complex of species comes from China and Central Asia.

Dermestes lardarius – it is the only one among cryptogenic species that is strictly monovoltine, has obligatory diapause, and is more harmful in the middle lane than in the southern regions (Zhantiev, 1976). In Great Britain, *D. lardarius* is listed as a local species (Peacock, 1993). Based on the biology of the species, we can assume that *D. lardarius* is a species native to central Russia, but its range has expanded significantly as a result of distribution with contaminated products.

In 1871, five alien species were registered in a part of the territory of the Russian Empire, corresponding to the territory of the modern Russian Federation (Lindemann, 1871), by 1913, the number of alien species increased to eight (Yakovson, 1913). The introduction of three new species has been recorded: *Dermestes maculatus*, *Trogoderma* (as *Entomotrogus megatomoides*, *Thylocladius contractus*).

Until the early 1960s, no changes in the composition of Dermestidae fauna were noted, which is most likely due to the lack of research on the territory of the European part during the Second World War, although it was during this period that a large flow of various cargoes went through Iran and Transcaucasus, in the fauna of which there are many potential invaders.

Noticeable changes in the species composition of the synanthropic Dermestidae fauna began in the 1960s after the introduction of three species: an aggressive cosmopolitan of tropical origin from mountainous countries *Attagenus smirnovi*, an American species common in temperate regions, *Reesa vespulae* (Nardi,

хотя именно в этот период шел большой поток различных грузов через Иран и Закавказье, в фауне которых немало потенциальных инвайдеров.

Заметные изменения видового состава фауны синантропных кожеедов начались с 60-х гг. XX века после вселения трех видов: агрессивного космополита тропического происхождения из горных стран *Attagenus smirnovi*, американского вида, распространенного на территориях с умеренным климатом, *Reesa vespulae* (Nardi, Háva, 2021) и азиатского *Anthrenus p. picturatus* (Жантеев, 1976). В 1970-х гг. XX века было отмечено вселение *Megatoma tianshanica* (Коваленко, 2019), на основании персонального сообщения Е.А. Соколова, и *Attagenus u. simulans* (Дегтярева, Судейкина, 1971; Жантеев, 1976), также видов азиатского происхождения из стран с горными системами. С 1990 г. зарегистрировано вселение южноамериканского *Trogoderma angustum*, азиатского *Attagenus gobicola* (Мордкович, Соколов, 1999). После 2000 г. зафиксировано вселение азиатского *Trogoderma teukton* (Жантеев, Кирейчук, 2003; Háva et al., 2014b) и неотропического *Dermestes haemorrhoidalis* (Хряпин и др., 2016), теплолюбивого *Trogoderma inclusum* (Гава и др., 2011) (по данным А. Herrmann, он ни разу не встречал *T. inclusum* на территории Российской Федерации – персональное сообщение, предоставленное в 2017 г. Д.Г. Касаткину).

Более наглядно изменение в динамике вселения синантропных видов кожеедов за последние 150 лет представлено на диаграмме (см. рис. 1).

В XIX веке Российская империя была аграрной страной с небольшой долей городского населения и печным отоплением в городских домах. Печное отопление предполагает значительные колебания температуры в течение суток. Синантропная фауна чужеродных видов была представлена неморальными видами *Trogoderma glabrum* и *Attagenus u. unicolor*, вселение которых произошло, по-видимому, задолго до начала регулярных энтомологических наблюдений, и облигатно синантропными в средней полосе *Dermestes ater* и *D. frischii*, которые в настоящее время встречаются в естественных местообитаниях в лесостепных и степных регионах (Замотайлов, Никитский, 2010).

В городах, которые были центрами торговли с азиатскими странами, периодически обнаруживали субтропический вид *Trogoderma versicolor* (Линдеман, 1871).

Экономический рост, увеличение импорта сельскохозяйственной продукции и расширение международной торговли в начале XX века привели к увеличению морских и железнодорожных грузоперевозок. Также резко увеличилась доля городского населения (см. рис. 2). К этому периоду относится вселение *Trogoderma quinquefasciatum* и субтропических *Thyrodrias contractus* и *Dermestes maculatus*.

До второй половины XX века, по мнению Р.Д. Жантеева (Жантеев, 1976), *Trogoderma versicolor* и *T. variabile* устойчивых популяций на территории Российской Федерации в естественных местообитаниях не образовывали. Распространение *Thyrodrias contractus* было

Háva, 2021) and the Asian *Anthrenus p. picturatus* (Zhantiev, 1976). In the 1970s, there was reported an introduction of *Megatoma tianshanica* (Kovalenko, 2019), based on a personal message from E.A. Sokolov, and *Attagenus u. simulans* (Degtyareva and Sudeikina, 1971; Zhantiev, 1976), also species of Asian origin from countries with mountain systems. Since 1990, the introduction of the South American *Trogoderma angustum*, the Asian *Attagenus gobicola* (Mordkovich, Sokolov, 1999). After 2000, the introduction of the Asian *Trogoderma teukton* (Zhantiev, Kireychuk, 2003; Háva et al., 2014b) and neotropical *Dermestes haemorrhoidalis* (Khryapin et al., 2016), thermophilic *Trogoderma inclusum* (Háva et al., 2011) (according to A. Herrmann, he never encountered *T. inclusum* on the territory of the Russian Federation – a personal message provided in 2017 to D.G. Kasatkin).

More clearly, the change in the dynamics of the introduction of synanthropic Dermestidae species over the past 150 years is shown in the diagram (see Fig. 1).

In the 19th century, the Russian Empire was an agrarian country with a small proportion of the urban population and stove heating in city houses. Stove heating involves significant temperature fluctuations during the day. The synanthropic fauna of alien species was represented by nemoral species *Trogoderma glabrum* and *Attagenus u. unicolor*, the introduction of which occurred, apparently, long before the start of regular entomological observations, and obligately synanthropic in the middle lane *Dermestes ater* and *D. frischii*, which are currently reported in natural habitats in the forest-steppe and steppe regions (Zamotailov, Nikitsky, 2010).

In cities that were centers of trade with Asian countries, the subtropical species *Trogoderma versicolor* was occasionally detected (Lindemann, 1871).

Economic growth, increased imports of agricultural products and the expansion of international trade at the beginning of the 20th century led to an increase in sea and rail freight. The proportion of the urban population also increased sharply (see Fig. 2). This period includes the introduction of *Trogoderma quinquefasciatum* and subtropical *Thyrodrias contractus* and *Dermestes maculatus*.

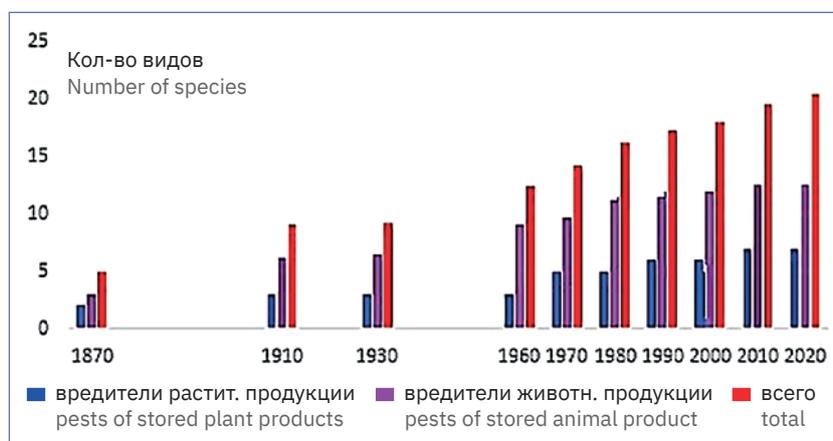


Рис. 1. Динамика вселения чужеродных видов кожеедов на территорию РФ в 1870–2020 гг.

Fig. 1. Dynamics of introduction of alien Dermestidae species into the territory of the Russian Federation in 1870–2020

ограничено локальными популяциями на юге европейской части России и в Петербурге (Жантiev, 1976). Данные по распространению других видов отсутствуют, что косвенно указывает на ограниченность распространения.

Международная торговля продукцией растительного и животного происхождения предполагает долговременные контракты и большие объемы партий. Мировая логистическая система становится специфической средой обитания синантропных видов, а транспортные средства и зараженная продукция являются источником попадания видов в благоприятные для вселения условия, в результате чего возникает «биотический дождь» (Масляков, 2000), то есть постоянное попадание чужеродного вида на новые территории. Постоянный завоз вида на новую территорию создает возможности для вселения, но для его реализации необходимы экоклиматические условия и трофическая база.

Очевидная разница в динамике изменения видового состава синантропной фауны до и после 60-х гг. XX века связана со значительными изменениями экоклиматических условий, произошедшими в синантропных местообитаниях на территории Российской Федерации (см. рис. 2).

В 60-х гг. доля городского населения в стране превысила долю сельского населения и появились многоэтажные жилые микрорайоны и производственные помещения с централизованным отоплением (см. рис. 2). Незначительные колебания суточных температур в помещениях с центральным отоплением в пределах 20–25 °C создали благоприятные микроклиматические условия для вселения субтропических видов и некоторых видов тропического происхождения из горных районов, имеющих сравнительно прохладный климат.

В 70-е гг. в СССР были начаты широкомасштабные закупки зерна и другой сельхозпродукции за рубежом. К 2000 г. количество видов синантропной фауны увеличилось с 10 до 17,

According to R.D. Zhantiev (Zhantiev, 1976), until the second half of the 20th century, *Trogoderma versicolor* and *T. variabile* did not form stable populations on the territory of the Russian Federation in natural habitats. The spreading of *Thylogdrius contractus* was limited to local populations in the south of the European part of Russia and in St. Petersburg (Zhantiev, 1976). There are no data on the distribution of other species, which indirectly indicates a limited distribution.

International trade in products of plant and animal origin involves long-term contracts and large batches. The global logistics system is becoming a specific habitat for synanthropic species, and vehicles and contaminated products are a source of species entering favorable conditions for introduction, resulting in “biotic rain” (Maslyakov, 2000), that is, the constant entry of an alien species into new territories. The constant introduction of a species to a new territory creates opportunities for adaptation, but its implementation requires ecoclimatic conditions and a trophic base.

An obvious difference in the dynamics of changes in the species composition of the synanthropic fauna before and after the 1960s is associated with significant changes in ecoclimatic conditions that occurred in synanthropic habitats on the territory of the Russian Federation (see Fig. 2).

In the 1960s, the share of the urban population in the country exceeded the share of the rural population, and multi-storey residential microdistricts and industrial premises with centralized heating appeared (see Fig. 2). Insignificant fluctuations in daily temperatures in rooms with central heating within 20–25 °C created favorable microclimatic conditions for the introduction of subtropical species and some species of tropical origin from mountainous regions with a relatively cool climate.

In the 1970s, large-scale purchases of grain and other agricultural products abroad began in the USSR. By 2000, the number of synanthropic fauna species increased from 10 to 17, mainly due to subtropical species of Asian origin (see Fig. 1), by 2020 the number of new species increased to 19.

The introduction of *Attagenus smirnovi*, *Anthrenus p. picturatus*, *Reesa vespulae* and *Megatomia tianschanica* led to rapid, within 10–15 years, the formation of stable populations due to higher competitiveness, both in synanthropic (Degtyareva and Sudeikina, 1971; Negrobova and Negrobov, 2002; Pimenov, 2005) and natural habitats (Zamotailov, Nikitsky, 2010; Sazhnev, Rodnev, 2016; Háva et al., 2014a; Háva et al., 2014b). *A. smirnovi* belongs to species of tropical origin from regions with mountain systems and a relatively cool climate (Kenya) (Hansen et al., 2012). *Anthrenus p. picturatus* originally was

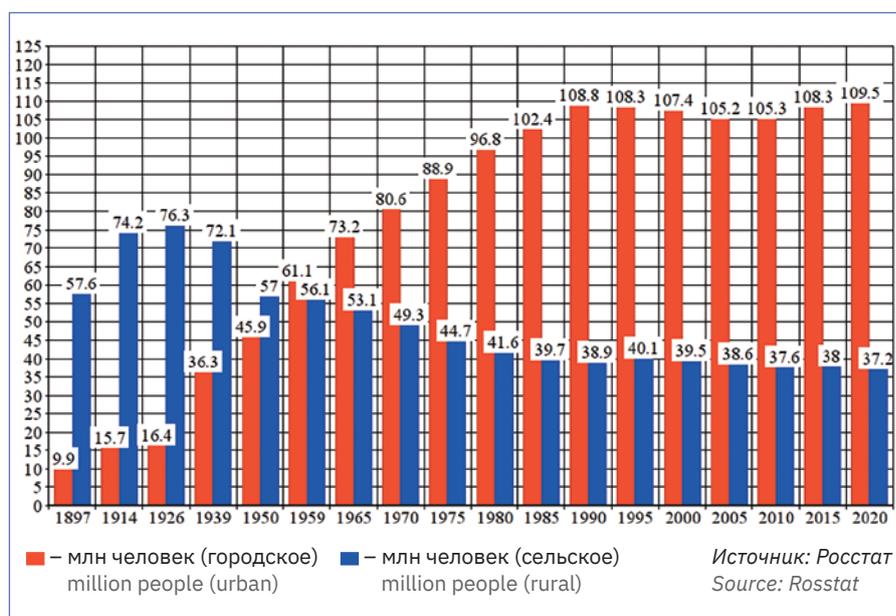


Рис. 2. Численность городского и сельского населения в России с 1897 по 2020 г. (https://ruxpert.ru/Файл:Городское_и_сельское_население_России.png)

Fig. 2. The number of urban and rural population in Russia from 1897 to 2020 (https://ruxpert.ru/Файл:Городское_и_сельское_население_России.png)

преимущественно за счет субтропических видов азиатского происхождения (см. рис. 1), к 2020 г. число новых видов увеличилось до 19.

Вселение *Attagenus smirnovi*, *Anthrenus p. picturatus*, *Reesa vespulae* и *Megatoma tianschanica* приводило к быстрому, в течение 10–15 лет, формированию устойчивых популяций благодаря более высокой конкурентоспособности, как в синантропных (Дегтярева, Судейкина, 1971; Негрובה, Негрбов, 2002; Пименов, 2005), так и в естественных местобитаниях (Замотайлов, Никитский, 2010; Сажнев, Роднев, 2016; Háva et al., 2014a; Háva et al., 2014b). *A. smirnovi* относится к видам тропического происхождения из регионов с горными системами и относительно прохладным климатом (Кения) (Hansen et al., 2012). *Anthrenus p. picturatus* изначально относился к субтропическим видам родом из горных систем стран Центральной Азии (Жантiev, 1976). *R. vespulae* происходит из Северной Америки, где распространен на территориях с умеренным климатом (Nardi, Háva, 2021).

Процесс вселения был очень длительным для более теплолюбивых *Trogoderma versicolor*, *T. variabile* (Жантiev, 1976; Мордкович, Соколов, 1999), когда вид давно и постоянно ввозился с зараженной продукцией, но необходимые для удачной инвазии экоклиматические условия в регионах встречались только локально. Популяции с транзитивными границами формировались только в синантропных условиях, и в крайних случаях происходила частичная элиминация видов на отдельных территориях.

Случаи элиминации чужеродных видов на отдельных территориях

Успешное вселение чужеземных видов является предметом многочисленных исследований, тогда как случаи элиминации описываются очень редко.

Это связано с тем, что вселение нового вида регистрируется сразу после его обнаружения, даже если размножение вида и наличие поддерживающей популяции не подтверждены, но для регистрации исчезновения вида нужны подтверждения его отсутствия в регионе на протяжении десятков лет. При этом следует понимать, что факт первичного обнаружения чужеродного вида на новой территории не подразумевает автоматически его успешной инвазии. В ходе нашего исследования мы нашли 3 документированных случая элиминации чужеродных видов в отдельных регионах, и еще 1 случай был приведен Д.В. Власовым (Власов, 2008).

1. *Trogoderma quinquefasciatum* (= *megatomoides*) на юге европейской части бывшего СССР

В 1913 г. *Trogoderma* (= *Entomotrogus*) *megatomoides* впервые приведен как присутствующий на территории России, без указания географического распространения. В 1927 г. *Trogoderma quinquefasciatum* указан как опасный вредитель энтомологических коллекций на юге европейской части СССР (Якобсон, 1927). Через 40 лет в монографических изданиях Р.Д. Жантievа и М. Мрачковского *T. megatomoides* как вид, распространенный на территории СССР, не приводится (Жантiev, 1976; Mroczkowski, 1968). Многочисленные фаунистические исследования последних десятилетий на юге европейской части Российской Федерации

реferred to subtropical species native to the mountain systems of Central Asia (Zhantiev, 1976). *R. vespulae* originates from North America, where it is distributed in temperate areas (Nardi, Háva, 2021).

The process of introduction was very long for the more thermophilic *Trogoderma versicolor*, *T. variabile* (Zhantiev, 1976; Mordkovich and Sokolov, 1999), when the species was imported for a long time with infected products, but the ecoclimatic conditions necessary for successful invasion in the regions were met only locally. Populations with transitive boundaries were formed only in synanthropic conditions, and in extreme cases, partial elimination of species occurred in certain territories.

Cases of elimination of alien species in certain territories

The successful introduction of alien species is the subject of numerous studies, while elimination cases are described very rarely.

This is due to the fact that the introduction of a new species is recorded immediately after its detection, even if the reproduction of the species and the presence of a supporting population are not confirmed, but to register the extinction of the species, confirmation of its absence in the region for decades is needed. At the same time, it should be understood that the fact of the initial detection of an alien species in a new territory does not automatically imply its successful invasion. In the course of our research, we found 3 documented cases of alien species elimination in certain regions, and 1 more case was cited by D.V. Vlasov (Vlasov, 2008).

1. *Trogoderma quinquefasciatum* (= *megatomoides*) in the south of the European part of the former USSR

In 1913, *Trogoderma* (= *Entomotrogus*) *megatomoides* was first reported as present in Russia, without indication of geographical distribution. In 1927, *Trogoderma quinquefasciatum* was listed as a dangerous pest of entomological collections in the south of the European part of the USSR (Yakobson, 1927). 40 years later, in the monographic editions of R.D. Zhantiev and M. Mroczkowski, *T. megatomoides* is not listed as a species distributed on the territory of the USSR (Zhantiev, 1976; Mroczkowski, 1968). Numerous faunistic studies of recent decades in the south of the European part of the Russian Federation (Háva et al., 2011; Zhantiev, 1976; Kalyuzhnaya et al., 2000; Pimenov, 2005; Pleshanova, 2006; Háva et al., 2014a; Háva et al., 2014b; Zamotailov and Nikitsky, 2010) and in the countries of Transcaucasus and Central Asia, summarized in the catalog of the world Dermestidae fauna (Háva, 2015), did not conform the spreading of *T. quinquefasciatum*. In neighboring countries, according to the world catalog of the distribution of Dermestidae (Háva, 2015), *T. quinquefasciatum* (= *megatomoides*) is distributed only in Iran. Thus, we can conclude that this species is eliminated in the south of the European part of Russia.

2. *Trogoderma versicolor* in the south of Siberia (Fig. 3)

In 1871, *T. versicolor* was detected in Barnaul and Nerchinsk (Lindemann, 1871), in 1913 in Tomsk and

(Гава и др., 2011; Жантиев, 1976; Калюжная и др., 2000; Пименов, 2005; Плешанова, 2006; Háva et al., 2014a; Háva et al., 2014b; Замотайлов, Никитский, 2010) и в странах Закавказья и Центральной Азии, обобщенные в каталоге мировой фауны кожеедов (Háva, 2015), не подтвердили распространения *T. quinquefasciatum*. В сопредельных странах, по данным мирового каталога распространения кожеедов (Háva, 2015), *T. quinquefasciatum* (= *megatomoides*) распространен только в Иране. Таким образом, можно сделать вывод об элиминации этого вида на юге европейской части России.

2. *Trogoderma versicolor* на юге Сибири (рис. 3)

В 1871 г. *T. versicolor* был обнаружен в Барнауле и Нерчинске (Линдеман, 1871), в 1913 г. – в Томске и Иркутске (Якобсон, 1913). В 1932 г. *T. versicolor* указывается для юга Сибири как обычный вид, иногда достигающий высокой численности (Кузнецова, 1932). Присутствие этого вида по всей Палеарктике с преимущественным распространением в европейской части, а также наличие *T. variabile* на Кавказе и в азиатской части Палеарктики отмечал и М. Мрочковский (Mroczkowski, 1968). Позднее Р.Д. Жантиев показал, что все экземпляры из Средней Азии, которые были определены ранее как *T. versicolor*, относились к *T. variabile* (Жантиев, 1976). Можно предположить, что сведения об обнаружении *T. versicolor* на юге Сибири относились к *T. variabile*. Поэтому были проверены данные

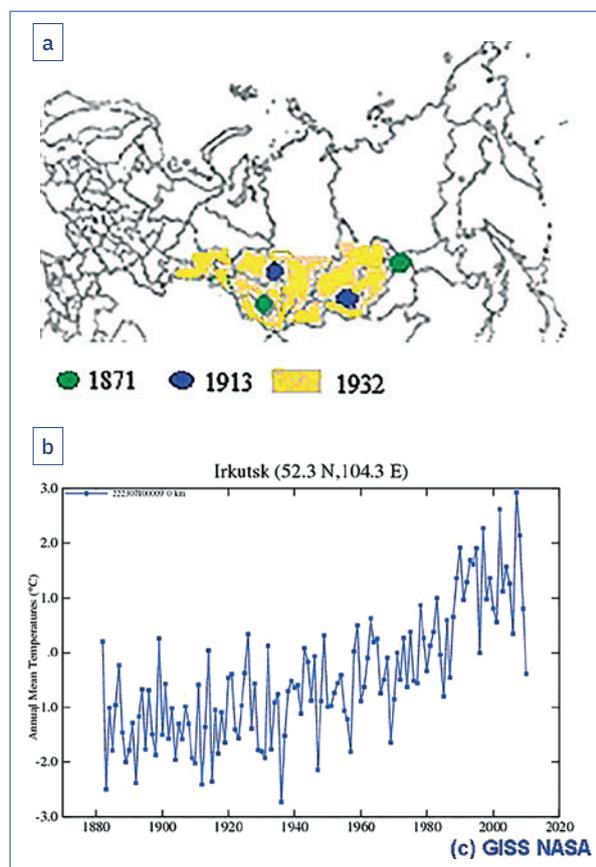


Рис. 3. а – распространение *Trogoderma versicolor* в Сибири, б – изменение среднегодовой температуры в г. Иркутске в XIX – начале XXI века (<https://nature.baikal.ru/phs/ph.shtml?id=45408>)

Fig. 3. a – distribution of *Trogoderma versicolor* in Siberia, б – change in the average annual temperature in Irkutsk in the 19th – early 21st centuries (<https://nature.baikal.ru/phs/ph.shtml?id=45408>)

Irkutsk (Yakobson, 1913). In 1932, *T. versicolor* is indicated for the south of Siberia as a common species, sometimes reaching a high abundance (Kuznetsova, 1932). The presence of this species throughout the Palearctic with a predominant distribution in the European part, as well as the presence of *T. variabile* in the Caucasus and in the Asian part of the Palearctic was also noted by M. Mroczkowski (Mroczkowski, 1968). Later, R.D. Zhantiev showed that all specimens from Central Asia, which were previously identified as *T. versicolor*, referred to *T. variabile* (Zhantiev, 1976). It can be assumed that the information about the detections of *T. versicolor* in the south of Siberia referred to *T. variabile*. Therefore, data on the distribution in the south of Siberia in the second half of the 20th – early 21st centuries were verified for both species. We could not find confirmation of distribution both *T. versicolor*, and/or *T. variabile* in the south of Siberia (Zhantiev, 1976; Sokolov, 2004). *T. variabile* and *T. versicolor* were also not detected in the course of 40-year studies of the synanthropic fauna of Eastern Siberia (Pleshanova, 2006). The depopulation of *T. versicolor* in 1930–2000 until the level when no beetles could be detected, cannot be explained by climate change. The average annual temperature was stable until the 1960s, and then gradually increased (Fig. 3b), which is favorable for the distribution of the subtropical species. It is also not possible to link the extinction of the species with the lack of suitable habitats or the absence of a trophic base. It can be assumed that the wide distribution of *T. versicolor* in the south of Siberia in the 19th and early 20th centuries was due to the constant importation of contaminated products due to the tradition of holding numerous fairs in the cities of Siberia (Ishimskaya, Irbitskaya, Krestovskaya, Menzelsinskaya, Irkutsk and the like) for the Siberian-Asian trade with Central Asia, China and Mongolia. Trade relations were long and stable, for example, the Irkutsk fair operated for 200 years, and the Irbit fair for about 300 years (Sidorchuk, 2001).

The interruption of the tradition of Siberian fairs with stable logistical connections and the change in the nature of the cargo flow led to the gradual elimination of *T. versicolor* on the territory of Southern Siberia.

3. *Attagenus augustatus* Ball. in Moscow

The reproduction of *A. augustatus* in an apartment in Moscow was described in 1971 (Degtyareva, Sudeikina, 1971). In subsequent years, the distribution of *A. augustatus* in Moscow and Moscow Oblast was not confirmed (Zhantiev, 1976; Mordkovich, Sokolov, 1999; Toskina, Provorova, 2007).

The case of the elimination of a species many years after successful adaptation in the region is described below.

4. *Dermestes ater* in Yaroslavl

At the turn of the 19th–20th centuries, *D. ater* was quite numerous in Yaroslavl (Yakovlev, 1902), but has not been detected in recent years (Vlasov, 2008). *D. ater* is a heat-loving species, the optimum temperature for it is 25 °C (Wilches et al., 2016), and in central Russia it is an obligate synanthropus. D.V. Vlasov suggests that a change in the technology of storage and transportation of smoked and dried meat and fish products in

по распространению на юге Сибири во второй половине XX – начале XXI века для обоих видов. Найти подтверждение распространения как *T. versicolor*, так и/или *T. variabile* на юге Сибири не удалось (Жантиев, 1976.; Соколов, 2004). *T. variabile* и *T. versicolor* также не были обнаружены в ходе 40-летних исследований синантропной фауны Восточной Сибири (Плешанова, 2006). Снижение численности «*T. versicolor*» в период 1930–2000 гг. до уровня, при котором жуков не удавалось обнаружить, не удается объяснить колебаниями климата. Среднегодовая температура была стабильной до 60-х гг. и затем постепенно повышалась (рис. 3b), что благоприятно для распространения субтропического вида. Не удается также связать исчезновение вида с недостатком подходящих местообитаний или отсутствием трофической базы. Можно предположить, что широкое распространение «*T. versicolor*» на юге Сибири в XIX и начале XX века было обусловлено постоянным завозом зараженной продукции из-за традиции проведения в городах Сибири многочисленных ярмарок (Ишимская, Ирбитская, Крестовская, Мензелинская, Иркутская и тому подобные) для сибирско-азиатской торговли со Средней Азией, Китаем и Монголией. Торговые связи были длительными и стабильными, например, Иркутская ярмарка действовала 200 лет, а Ирбитская – около 300 лет (Сидорчук, 2001).

Прерывание традиции сибирских ярмарок со стабильными логистическими связями и изменение характера грузопотока привели к постепенной элиминации «*T. versicolor*» на территории Южной Сибири.

3. *Attagenus augustatus* Ball. в Москве

Размножение *A. augustatus* в квартире в Москве было описано в 1971 г. (Дегтярева Судейкина, 1971). В последующие годы распространение *A. augustatus* в Москве и Московской области подтверждения не нашло (Жантиев, 1976; Мордкович, Соколов, 1999; Госкина, Проворова, 2007).

Ниже описан случай элиминации вида через много лет после успешной акклиматизации в регионе.

4. *Dermestes ater* в Ярославле

На рубеже XIX–XX веков *D. ater* был довольно многочисленным в Ярославле (Яковлев, 1902), но в последние годы не обнаруживается (Власов, 2008). *D. ater* относится к теплолюбивым видам, оптимальной для него является температура 25 °C (Wilches et al., 2016), и в средней полосе России он является облигатным синантропом. Д.В. Власов предполагает, что к снижению численности *D. ater* привело изменение технологии хранения и перевозок копченой и вяленой мясной и рыбной продукции в связи с массовым распространением холодильного оборудования (Власов, 2008).

Считается, что самые благоприятные для размножения участки расположены в центре ареала вида. На периферии смертность превышает рождаемость, и сохранение популяции возможно путем постоянного расселения части особей из центра к периферии (Замотайлов и др., 2009).

Все известные случаи региональной элиминации были связаны с синантропными популяциями в северной части ареала. В южных регионах, где вид развивался не только в синантропных, но и в естественных местообитаниях, случаи элиминации

connection with the mass distribution of refrigeration equipment led to a decrease in the number of *D. ater* (Vlasov, 2008).

It is believed that the most favorable sites for breeding are located in the center of the species range. On the periphery, mortality exceeds the birth rate, and the preservation of the population is possible due to the constant resettlement of some individuals from the center to the periphery (Zamotailov et al., 2009).

All known cases of regional elimination were associated with synanthropic populations in the northern part of the range. In the southern regions, where the species developed not only in synanthropic, but also in natural habitats, cases of elimination are unknown. It is assumed that an important factor for maintaining the abundance of synanthropic Dermestidae populations in the northern part of the range is the constant supply of beetles with contaminated products, the so-called biotic rain, the cessation of which can lead to the elimination of the population.

CONCLUSION

In order for the species to reach new territories, it is necessary for infected products to enter the logistics systems through which they are transported. Successful introduction of a species into a new habitat in a technogenic environment is achieved only if it has appropriate trophic and hygothermal conditions, for example, rooms with central heating with constantly controlled microclimate. In the absence of the necessary ecoclimatic resources, long-term importation of infected products does not lead to successful introduction of the species. In such cases, insects may be regularly detected in the area, but they do not create stable populations.

The significance of the constant importation of introduced Dermestidae species is especially important for obligately synanthropic populations in the northern part of the range, where a change in the direction of logistics flows or a significant decrease in the infestation of products can lead to the elimination of the population even after many years of its successful existence.

Prospects for further research require the use of modern molecular methods for studying the genetic structure of geographic populations and studying the history of the expansion of the ranges of synanthropic Dermestidae species in Russia, which will allow us to trace in more detail the process of enrichment of the fauna of synanthropic species and its features in pests of plant products and in pests of museum collections.

Acknowledgement. The authors thank Ya.N. Kovalenko (Russia, Moscow), whose critical remarks became the impetus for this study, and D.G. Kasatkin (Russia, Rostov-on-Don) for lengthy and detailed discussions of the list of invasive Dermestidae species in the Russian Federation.

REFERENCES

1. Vlasov D.V. Synanthropic Coleoptera fauna of the city of Yaroslavl. Actual problems of ecology of Yaroslavl Oblast [Sinantropnaya koleopterofauna

неизвестны. Предполагается, что важным фактором для поддержания численности синантропных популяций кожеедов в северной части ареала является постоянное поступление жуков с зараженной продукцией, так называемый биотический дождь, прекращение которого может привести к элиминации популяции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для проникновения вида на новые территории необходимо попадание зараженной продукции в логистические системы, по которым производится ее транспортировка. Успешная интродукция вида в новое местообитание в техногенной среде достигается только при наличии в нем соответствующих трофических и гигротермических условий, например наличия помещений с центральным отоплением с постоянно регулируемым микроклиматом. При отсутствии необходимых экоклиматических ресурсов многолетний ввоз зараженной продукции не приводит к успешной интродукции вида. В таких случаях насекомые могут регулярно обнаруживаться на территории, но они не создают стабильных популяций.

Значение постоянного завоза интродуцированных видов кожеедов особенно важно для облигатно синантропных популяций в северной части ареала, где изменение направления логистических потоков или существенное снижение зараженности продукции может привести к элиминации популяции даже через много лет ее успешного существования.

Перспективы дальнейших исследований требуют привлечения современных молекулярных методов исследования генетической структуры географических популяций и изучения истории расширения ареалов синантропных видов кожеедов в России, которое позволит более детально проследить процесс обогащения фауны синантропных видов и ее особенности у вредителей запасов растительной продукции и у вредителей музейных коллекций.

Благодарность. Авторы благодарят Я.Н. Коваленко (Россия, Москва), чьи критические замечания стали толчком для проведения данного исследования, и Д.Г. Касаткина (Россия, Ростов-на-Дону) за длительные и детальные обсуждения списка инвазивных видов кожеедов Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власов Д.В. Синантропная колеоптерофауна города Ярославля. Актуальные проблемы экологии Ярославской области // Материалы Четвертой науч.-практич. конференции, Вып. 4. Том 1. Ярославль: ВВО РЭА, 2008. С. 253–257.
2. Гава И., Германин А., Кадеж М. Дополнение к фауне кожеедов (Coleoptera: Dermestidae) Украины и России // Амурский зоологический журнал. 2011. III (3). С. 252–254.
3. Дегтярева Л.А., Судейкина М.В. Видовой состав кожеедов (Coleoptera, Dermestidae) // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1971. Т. XXXX. Вып. 5. С. 600–603.
4. Жангиев Р.Д. Жуки-кожееды (семейство Dermestidae) фауны СССР. М.: МГУ, 1976, 182 с.
5. goroda Yaroslavlya. Aktual'nyye problemy ekologii Yaroslavskoy oblasti // Materials of the Fourth scientific and practical conferences, Issue 4. Vol. 1. Yaroslavl: VVO REA, 2008; 253–257. (In Russ.)
6. Háva I., Hermann A., Kadej M. Addition to the Coleoptera fauna (Coleoptera: Dermestidae) of Ukraine and Russia [Dopolneniye k faune kozheyedov (Coleoptera: Dermestidae) Ukrainy i Rossii] // Amur Zoological Journal. 2011; 3: 252–254. (In Russ.)
7. Degtyareva L.A., Sudeikina M.V. Species composition of Coleoptera (Coleoptera, Dermestidae) [Vidovoy sostav kozheyedov (Coleoptera, Dermestidae)] // Medical parasitology and parasitic diseases. 1971. Vol. XXXX. Issue 5. P. 600–603. (In Russ.)
8. Zhantiev R.D. Coleoptera beetles (family Dermestidae) of the fauna of the USSR [Zhuki-kozheyedy (semeystvo Dermestidae) fauny SSSR]. M.: MGU, 1976; 182 p. (In Russ.)
9. Coleoptera insects (Insecta, Coleoptera) of the Republic of Adygea (annotated catalog of species) (Abstract of the fauna of Adygea. No. 1) [Zhestkokrylyye nasekomye (Insecta, Coleoptera) Respubliki Adygeya (annotirovanny katalog vidov)] / Ed. A.S. Zamotailova and N.B. Nikitsky. Maykop: Adyge State University, 2010; 404 p. (In Russ.)
10. Zamotailov A.S., Popov I.B., Bely A.I. Ecology of insects. A short course of lectures. [Ekologiya nasekomykh. Kratkiy kurs lektsiy]. Krasnodar: Kub GAU, 2009; 184 p. (In Russ.)
11. Kalyuzhnaya N.S., Komarov E.V., Cherezova L.B. Coleoptera insects of the Lower Volga region [Zhestkokrylyye nasekomye Nizhnego Povolzhya]. Volgograd, 2000; 204 p. (In Russ.)
12. Kovalenko Ya.N. Dermestidae / Handbook of alien Coleoptera of the European part of Russia [Dermestidae / Spravochnik po chuzherodnym zhestkokrylym yevropeyskoy chasti Rossii]; resp. ed. M.Ya. Orlova-Benkovskaya. Livny: Mukhametov G.V., 2019. P. 279–336. (In Russ.)
13. Kuznetsova E. Scientific results of the Yakut expedition // Materials on the fauna of kozheedov (Dermestidae, Coleoptera) of Yakutia [Nauchnyye rezul'taty Yakutskoy ekspeditsii // Materialy k faune kozheyedov (Dermestidae, Coleoptera) Yakutii]. Tr. Zool. Institute of the Academy of Sciences of the USSR. V. 1. Issue 2. 1932. P. 229–241. (In Russ.)
14. Lafer G.Sh. Fam. Dermestidae – Kozheedy // Key to Insects of the Far East of the USSR [Dermestidae – Kozheyedy // Opredelitel nasekomykh Dalnego Vostoka SSSR]. St. Petersburg: Nauka, Vol. 3. Part 2. 1992. P. 46–60. (In Russ.)
15. Lindemann K.E. Overview of the geographical distribution of beetles in the Russian Empire. Part I. Introduction, preface. Northern, Moscow and Turan provinces [Obzor geograficheskogo rasprostraneniya zhukov v Rossiyskoy imperii. Chast' I. Vvedeniye, predisloviye. Severnaya, Moskovskaya i Turanskaya provintsi] // Proceedings of the Entomological Society in St. Petersburg. Vol. VI. Issue 3–4. 1871. P. 41–366. (In Russ.)
16. Maslyakov V.Yu. Ecological and geographical features of invasions of introduced species on the

5. Жесткокрылые насекомые (Insecta, Coleoptera) Республики Адыгея (аннотированный каталог видов) (Конспекты фауны Адыгеи. № 1) / Под ред. А.С. Замотайлова и Н.Б. Никитского. Майкоп: Адыгейский государственный университет, 2010, 404 с.

6. Замотайлов А.С., Попов И.Б., Белый А.И. Экология насекомых. Краткий курс лекций. Краснодар: Куб ГАУ, 2009, 184 с.

7. Калюжная Н.С., Комаров Е.В., Черезова Л.Б. Жесткокрылые насекомые Нижнего Поволжья. Волгоград, 2000, 204 с.

8. Коваленко Я.Н. Dermestidae / Справочник по чужеродным жесткокрылым европейской части России; отв. ред. М.Я. Орлова-Беньковская. Ливны: Мухаметов Г.В., 2019, с. 279–336.

9. Кузнецова Е. Научные результаты Якутской экспедиции // Материалы к фауне кожеедов (Dermestidae, Coleoptera) Якутии. Тр. Зоол. ин-та АН СССР. Т. 1. Вып. 2. 1932. С. 229–241.

10. Лафер Г.Ш. Сем. Dermestidae – Кожееды // Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. СПб.: Наука, Т. 3. Ч. 2. 1992. С. 46–60.

11. Линдеман К.Э. Обзор географического распространения жуков в Российской империи. Часть I. Введение, предисловие. Северная, Московская и Туранская провинции // Труды энтомологического общества в С.-Петербурге. Т. VI. Вып. 3–4. 1871. С. 41–366.

12. Масляков В.Ю. Эколого-географические особенности инвазий видов-интродуцентов на территории России: автореферат дис. кандидата географических наук : 11.00.05 / Рос. акад. наук. Ин-т географии, Всерос. науч.-исслед. ин-т карантина растений Минсельхозпрод. М., 2000. 30 с.

13. Мордкович Я.Б., Соколов Е.А. Справочник – определитель карантинных и других опасных вредителей сырья, продуктов запаса и посевного материала; отв. ред. В.В. Попович. М. Колос, 1999. С. 384.

14. Насекомые Лазовского заповедника; отв. ред. С.Ю. Стороженко. Владивосток: Дальнаука, 2009, 464 с.

15. Негрובה Е.А., Негрбов С.О. Жуки-кожееды (Dermestidae, Coleoptera) Воронежской области // Приспособления организмов к действию экстремальных экологических факторов. Мат. VII Международной научно-практической экологической конференции. Белгород: Белгородский государственный университет, 2002. С. 60–61.

16. Пименов С.В. Видовой состав, совершенствование методов выявления и борьбы с насекомыми-вредителями хлебных запасов в Ставропольском крае: дис. ... канд. биол. наук: 06.01.11 / Ставрополь, 2005. 161 с.

17. Плешанова Г.И. Экология регионального комплекса непаразитических синантропных насекомых южной части Восточной Сибири : автореферат дис. ... доктора биологических наук: 03.00.16 / Бурят. гос. ун-т. Улан-Удэ, 2006. 42 с.

18. Сажнев А.С., Роднев Н.В. О нахождении *Thylo-driasis contractus* Motschulsky, 1839 (Coleoptera: Dermestidae) в Саратове // Эверсманния. Энтомологические исследования в России и соседних регионах. Вып. 45–46. 2016. С. 74.

19. Сажнев А.С. Чужеродные и криптогенные виды жесткокрылых (Insecta: Coleoptera) Саратовской области. Изучение и сохранение

territory of Russia [Ekologo-geograficheskiye osobennosti invaziy vidov-introdutsentov na territorii Rossii]: Abstract of the thesis. candidate of geographical sciences: 11.00.05 / Ros. acad. Sciences. Institute of Geography, All-Russ. scientific research Institute of Plant Quarantine of the Ministry of Agriculture and Food. M., 2000; 30 p. (In Russ.)

13. Mordkovich Ya.B., Sokolov E.A. Directory – a guide to quarantine and other dangerous pests of raw materials, stock products and seed [Spravochnik – opredelitel karantinnykh i drugikh opasnykh vreditel'ey syrya, produktov zapasa i posevnogo materiala]; resp. ed. V.V. Popovich. M. Kolos, 1999; p. 384. (In Russ.)

14. Insects of the Lazovsky Reserve [Nasekomye Lazovskogo zapovednika]; resp. ed. S.Yu. Storozhenko. Vladivostok: Dalnauka, 2009; 464 p. (In Russ.)

15. Negrobova E.A., Negrobov S.O. Dermestidae, Coleoptera of Voronezh Oblast [Zhuki-kozheyedy (Dermestidae, Coleoptera) Voronezhskoy oblasti] // Adaptations of organisms to the action of extreme environmental factors. Mat. VII International Scientific and Practical Ecological Conference. Belgorod: Belgorod State University. 2002. P. 60–61. (In Russ.)

16. Pimenov S.V. Species composition, improvement of methods for identifying and controlling insect pests of grain stocks in Stavropol Krai [Vidovoy sostav, sovershenstvovaniye metodov vyyavleniya i borby s nasekomymi-vreditel'yami khlebnykh zapasov v Stavropolskom kraye]: dis. ... cand. biol. Sciences: 06.01.11 / Stavropol, 2005; 161 p. (In Russ.)

17. Pleshanova G.I. Ecology of the regional complex of non-parasitic synanthropic insects in the southern part of Eastern Siberia [Ekologiya regional'nogo kompleksa neparaziticheskikh sinantropnykh nasekomykh yuzhnoy chasti Vostochnoy Sibiri]: Abstract of the thesis. ... doctor of biological sciences: 03.00.16 / Buryat. state un-t. Ulan-Ude, 2006; 42 p. (In Russ.)

18. Sazhnev A.S., Rodnev N.V. On the detections of *Thylo-driasis contractus* Motschulsky, 1839 (Coleoptera: Dermestidae) in Saratov [O nakhozhdenii *Thylo-driasis contractus* Motschulsky, 1839 (Coleoptera: Dermestidae) v Saratove] // Eversmannia. Entomological research in Russia and neighboring regions. Issue 45–46. 2016. P. 74. (In Russ.)

19. Sazhnev A.S. Alien and cryptogenic beetle species (Insecta: Coleoptera) of Saratov Oblast. Study and conservation of biodiversity of ecosystems in the Volga basin [Chuzherodnyye i kriptogennyye vidy zhestkokrylykh (Insecta: Coleoptera) Saratovskoy oblasti. Izucheniye i sokhraneniye bioraznoobraziya ekosistem Volzhskogo basseyna] // Ecological collection 7: Proceedings of young scientists. All-Russian Youth Scientific Conference. Tolyatti: IEVB RAS, "Anna", 2019; 407–412. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24411/9999-010A-2019-10105>.

20. Sidorchuk O.N. Siberian fairs in the second half of the 19th – early 20th centuries. Abstract dis. for PhD in History. 07.00.02. Novosibirsk. 2001; 28 p. (In Russ.)

21. Sokolov E.A. Stock pests, their quarantine significance and control measures [Vrediteli zapasov, ikh

биоразнообразия экосистем Волжского бассейна // Экологический сборник 7: Труды молодых ученых. Всероссийская молодежная научная конференция. Тольятти: ИЭВБ РАН, «Анна», 2019. С. 407–412. URL: <https://doi.org/10.24411/9999-010A-2019-10105>.

20. Сидорчук О.Н. Сибирские ярмарки во второй половине XIX – начале XX в. Автореф. дис. на соиск. учен. степ. к. ист. н. Спец. 07.00.02. Новосибирск. 2001. 28 с.

21. Соколов Е.А. Вредители запасов, их карантинное значение и меры борьбы. Оренбург: Печатный дом «Димур», 2004, 104 с.

22. Тоскина И.Н., Проворова И.Н. Насекомые в музеях (Биология. Профилактика. Меры борьбы). М.: Т-во научных изданий КМК, 2007, 220 с.

23. Хряпин Р.А., Юнаков П.А., Пугаев С.Н., Матвеев А.А. Новые, необычные и редко встречающиеся объекты медицинской дезинсекции из жилых и производственных помещений г. Москвы // Дезинфекционное дело. 2016. № 4 (98). С. 38–42.

24. Якобсон Г.Г. 44 Семейство Dermestidae. Кожееды // Жуки России и Западной Европы. Руководство к определению жуков. Вып. 10. СПб. 1913. С. 824–832.

25. Якобсон Г.Г. Определитель жуков; отв. ред. Н.Н. Богданова-Катькова. Москва-Ленинград: Госизд-во, 1927, 522 с.

26. Яковлев А.И. Список жуков (Coleoptera) Ярославской губернии // Тр. Ярославского естественно-исторического общества. 1902. Т. 1. С. 88–186.

27. Hansen L.S., Åkerlund M., Grøntoft T., Rühl-Svendsen M., Schmidt A.L., Bergh J.-E., Jensen K.-M.V. Future pest status of an insect pest in museums, *Attagenus smirnovi*: Distribution and food consumption in relation to climate change // Journal of Cultural Heritage. 2012. 13 (1). P. 22–27. URL: <https://doi.org/10.1016/J.CULHER.2011.05.005>.

28. Háva J. World Catalogue of Insects: Dermestidae (Coleoptera). Leiden-Boston: Brill. 2015. Vol. XXVI. 419 p.

29. Háva J., Kadej M., Herrmann A. New Faunistic Records of Dermestidae (Coleoptera) – Part 11 // International Journal of Fauna and Biological Studies. 2014a. 1 (4). P. 10–13.

30. Háva J., Herrmann A., Pushkin S. V. Contribution to the knowledge of the Dermestidae 30. (Coleoptera) from the Chechen Republic (Russia) // Arquivos entomológicos. 2014b. 10. P. 21–24.

31. Mroczkowski M. Distribution of the Dermestidae (Coleoptera) of the world with a catalogue of all known species // Annales Zoologicim. 1968. Vol. 26. P. 15–191.

32. Nardi G., Háva J. A. Chronology of the worldwide spread of a parthenogenetic beetle, *Reesa vespulae* (Milliron, 1939) (Coleoptera: Dermestidae) // Fragmenta entomologica. 2021. 53 (2). P. 347–356. URL: <https://doi.org/10.13133/2284-4880/564>.

33. Peacock E.R. Adults and larvae of hide, larder and carpet beetles and their relatives (Coleoptera: Dermestidae) and of Derodontid beetles (Coleoptera: Derodontidae). Hand books for the identification of British insects. Vol. 5. Part 3. Royal Entomological Society of London, 1993. 81 p.

34. Wilches D.M., Laird R.A., Floate K.D., & Fields P.G. A review of diapause and tolerance to extreme temperatures in dermestids (Coleoptera) //

karantinnoye znachenije i mery borby]. Orenburg: Dimur Printing House, 2004, 104 p. (In Russ.)

22. Toskina I.N., Provorova I.N. Insects in museums (Biology. Prevention. Control measures) [Nasekomye v muzeyakh (Biologiya. Profilaktika. Mery borby)]. M.: Partnership scientific publications KMK, 2007; 220 p. (In Russ.)

23. Khryapin R.A., Yunakov P.A., Pugaev S.N., Matveev A.A. New, unusual and rare objects of medical disinfestation from residential and industrial premises in Moscow [Novyye, neobychnyye i redko vstrechayushchiesya obyekty meditsinskoy dezinfeksii iz zhilykh i proizvodstvennykh pomeshcheniy g. Moskvy] // Disinfection business. 2016. No. 4 (98). P. 38–42. (In Russ.)

24. Yakobson G.G. Dermestidae Family. [Semystvo Dermestidae. Kozheyedy] // Beetles of Russia and Western Europe. Guide to identifying beetles. Issue 10. St. Petersburg. 1913. P. 824–832. (In Russ.)

25. Yakobson G.G. Beetle identification [Opredelitel zhukov]; resp. ed. N.N. Bogdanov-Katkov. Moscow-Leningrad: State. publishing house, 1927; 522 p. (In Russ.)

26. Yakovlev A.I. List of beetles (Coleoptera) of the Yaroslavl province [Spisok zhukov (Coleoptera) Yaroslavskoy gubernii] // Tr. Yaroslavl Natural History Society. 1902. Vol. 1. P. 88–186. (In Russ.)

27. Hansen L.S., Åkerlund M., Grøntoft T., Rühl-Svendsen M., Schmidt A.L., Bergh J.-E., Jensen K.-M.V. Future pest status of an insect pest in museums, *Attagenus smirnovi*: Distribution and food consumption in relation to climate change // Journal of Cultural Heritage. 2012. 13 (1). P. 22–27. URL: <https://doi.org/10.1016/J.CULHER.2011.05.005>.

28. Háva J. World Catalogue of Insects: Dermestidae (Coleoptera). Leiden-Boston: Brill. 2015. Vol. XXVI. 419 p.

29. Háva J., Kadej M., Herrmann A. New Faunistic Records of Dermestidae (Coleoptera) – Part 11 // International Journal of Fauna and Biological Studies. 2014a. 1 (4). P. 10–13.

30. Háva J., Herrmann A., Pushkin S. V. Contribution to the knowledge of the Dermestidae 30. (Coleoptera) from the Chechen Republic (Russia) // Arquivos entomológicos. 2014b. 10. P. 21–24.

31. Mroczkowski M. Distribution of the Dermestidae (Coleoptera) of the world with a catalogue of all known species // Annales Zoologicim. 1968. Vol. 26. P. 15–191.

32. Nardi G., Háva J. A. Chronology of the worldwide spread of a parthenogenetic beetle, *Reesa vespulae* (Milliron, 1939) (Coleoptera: Dermestidae) // Fragmenta entomologica. 2021. 53 (2). P. 347–356. URL: <https://doi.org/10.13133/2284-4880/564>.

33. Peacock E.R. Adults and larvae of hide, larder and carpet beetles and their relatives (Coleoptera: Dermestidae) and of Derodontid beetles (Coleoptera: Derodontidae). Hand books for the identification of British insects. Vol. 5. Part 3. Royal Entomological Society of London, 1993. 81 p.

34. Wilches D.M., Laird R.A., Floate K.D., & Fields P.G. A review of diapause and tolerance to

Journal of Stored Products Research. 2016. 68. P. 50–62. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2016.04.004>.

35. Жантеев Р.Д., Кирейчук А.Г. Список видов кожеедов (Dermestidae) России. 2003 (версия 2003 г.) [Электронный ресурс]. URL: https://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/RUS/derm_ru.htm (дата обращения: 10.02.2019).

36. Городское и сельское население России [Электронный ресурс]. URL: https://ruxpert.ru/Файл:Городское_и_сельское_население_России.png (дата обращения: 10.05.2021).

37. Фефелов И. 2011. Среднегодовая температура в Иркутске, 1882–2010 [Электронный ресурс]. URL: <https://nature.baikal.ru/phs/ph.shtml?id=45408> (дата обращения: 12.06.2021).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ершова Наталья Ивановна, ведущий агроном лаборатории энтомологии ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; *e-mail: ershova_nataliya@vniikr.ru*.

Ушкова Мария Владиславовна, младший научный сотрудник лаборатории энтомологии ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; *ORCID 0000-0003-0102-1332*, *e-mail: ushkovamariavladislavovna@gmail.com*.

extreme temperatures in dermestids (Coleoptera) // Journal of Stored Products Research. 2016. 68. P. 50–62. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2016.04.004>.

35. Zhantiev R.D., Kireychuk A.G. List of Dermestidae species of Russia. 2003 (version 2003) [Electronic resource]. URL: https://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/RUS/derm_ru.htm (last accessed: 10.02.2019).

36. Urban and rural population of Russia [Electronic resource]. URL: https://ruxpert.ru/Файл:Городское_и_сельское_население_России.png (last accessed: 10.05.2021).

37. Fefelov I. 2011. Average annual temperature in Irkutsk, 1882–2010 [Electronic resource]. URL: <https://nature.baikal.ru/phs/ph.shtml?id=45408> (last accessed: 12.06.2021).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nataliya Ershova, Leading agronomist, Entomology Laboratory of the Testing Expert Center, FGBU “VNI IKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: ershova_nataliya@vniikr.ru*.

Maria Ushkova, Junior Researcher, Entomology Laboratory of the Testing Expert Center, FGBU “VNI IKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *ORCID 0000-0003-0102-1332*, *e-mail: ushkovamariavladislavovna@gmail.com*.

Клоп дубовая кружевница *Corythucha arcuata* (Say) (Hemiptera: Tingidae): распространение на территории России и возможные меры контроля

* КУЛИНИЧ О.А.¹, РЯСКИН Д.И.²,
ГНИНЕНКО Ю.И.³, АКОПЬЯНЦ А.А.⁴,
АРБУЗОВА Е.Н.⁵, ЧЕРНОВА У.А.⁶,
НАЛЕПИН В.П.⁷

- ^{1,5} ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия, 140150
² Воронежский филиал ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), г. Воронеж, Воронежская обл., Россия, 394042
^{3,6} ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ «ВНИИЛМ»), г. Пушкино, Московская обл., Россия, 141202
⁴ Центр защиты леса Республики Адыгея, г. Майкоп, Республика Адыгея, Россия, 385020
⁷ РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия, 127550
¹ ORCID 0000-0002-7531-4982, e-mail: okulinich@mail.ru
² ORCID 0000-0003-0950-1349, e-mail: ryaskin.dmitry@yandex.ru
³ ORCID 0000-0002-2815-3362, e-mail: gninenko-yuri@mail.ru
⁴ e-mail: czl101@rcfh.ru
⁵ ORCID 0000-0002-0547-2547, e-mail: pazhitnovaeeee@mail.ru
⁶ e-mail: uliana_vasilieva@mail.ru
⁷ e-mail: vnalepin@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Клоп дубовая кружевница *Corythucha arcuata* (Say) был занесен из Северной Америки в Европу более 20 лет назад и в дальнейшем широко распространился по континенту, а также проник в Азию (Турция). В 2015 г. вредитель был впервые выявлен в РФ (Краснодарский край). К настоящему времени клоп заселил все дубравы Северного Кавказа.

Особую опасность *C. arcuata* будет представлять в случае его проникновения в дубравы в районе пойм рек Волги и Дон. В связи с тем, что местные энтомофаги у клопа отсутствуют, этот вредитель считается опасным инвайдером, способным нанести ощутимый ущерб лесному хозяйству страны. Эффективные мероприятия против клопа дубовой кружевницы пока еще не разработаны. В статье проведен анализ сведений по экологии, трофическим предпочтениям и распространению клопа в мире и на территории РФ, дан анализ современных мер борьбы, используемых в зарубежных странах. Приведены результаты по применению ряда пестицидов против дубовой кружевницы

Oak lace bug *Corythucha arcuata* (Say) (Hemiptera: Tingidae): distribution in Russia and possible control measures

* OLEG A. KULINICH¹, DMITRY I. RYASKIN², YURI I. GNINENKO³, ALEKSANDR A. AKOPYANTS⁴, ELENA N. ARBUZOVA⁵, ULYANA A. CHERNOVA⁶, VLADIMIR P. NALEPIN⁷

- ^{1,5} FGBU "All-Russian Plant Quarantine Center" (FGBU "VNIKCR"), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150
² Voronezh Branch of FGBU "All-Russian Plant Quarantine Center" (FGBU "VNIKCR"), Voronezh, Russia, 394042
^{3,6} FBU "All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry" (FBU "VNIILM"), Pushkino, Moscow Oblast, Russia, 141202
⁴ Center of Forest Health of the Republic of Adygea, Maykop, Republic of Adygea, Russia, 385020
⁷ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia, 127550
¹ ORCID 0000-0002-7531-4982, e-mail: okulinich@mail.ru
² ORCID 0000-0003-0950-1349, e-mail: ryaskin.dmitry@yandex.ru
³ ORCID 0000-0002-2815-3362, e-mail: gninenko-yuri@mail.ru
⁴ e-mail: czl101@rcfh.ru
⁵ ORCID 0000-0002-0547-2547, e-mail: pazhitnovaeeee@mail.ru
⁶ e-mail: uliana_vasilieva@mail.ru
⁷ e-mail: vnalepin@gmail.com

ABSTRACT

Oak lace bug *Corythucha arcuata* (Say) was introduced from North America into Europe more than 20 years ago and subsequently spread widely across the continent, as well as Asia (Turkey). In 2015, the pest was first detected in the Russian Federation (Krasnodar Krai). To date, the bug has inhabited all the oak forests of the North Caucasus.

C. arcuata will be of particular danger in case of its introduction into oak forests in the area of floodplains of the Volga and Don rivers. Due to the fact that the bug has no local entomophages, this pest is considered a dangerous invader that can cause significant damage to Russian forestry. Effective measures against the oak lace bug have not yet been developed. The article analyzes information on ecology, trophic preferences and the distribution of the bug in the world and

на территории России. Масштабный эксперимент, проведенный авторами статьи в очаге *C. arcuata* в Республике Адыгее, показал, что химические пестициды «Локустин, КС» и «Эсперо, КС» обладают выраженным нокдаун-эффектом, который приводит к гибели порядка 89–95% особей вредителя на 2-й день после обработки. Однако эти препараты не имеют овицидного действия, и после обработки дубрав численность клопа быстро восстанавливается. Наиболее эффективно уничтожает питающихся личинок клопа «Битоксибациллин, П». Снять вопрос о надежной защите дубрав можно интродукцией в Россию специализированного паразитоида-яйцеда *Erythmelus klopomor* Triap., который обитает в естественном ареале вредителя в США. Исследования по применению паразитоидов в Европе пока не дали положительных результатов. Испытания ряда энтомопатогенных грибов в Турции, Хорватии и Словакии показали высокую эффективность некоторых грибов против клопа. Так, *Beauveria pseudobassiana* вызывал высокую смертность нимф и имаго (смертность 80 и 90% соответственно) в течение 14 дней.

Ключевые слова. Дубовая кружевница, клоп, *Corythucha arcuata*, дубравы, карантинные вредные организмы, ущерб, методы борьбы.

ВВЕДЕНИЕ

Дубовая кружевница *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) относится к числу опасных инвазивных видов клопов (см. рис. 1), который около 20 лет назад был занесен в Италию и постепенно распространился во многих европейских странах, в Турции и отмечен в Иране (Ghahari et al., 2012; EPPO, 2023). В своем первичном ареале (вид распространен во многих штатах США и на юге Канады) клоп относится к числу неприятных для людей вредителей и наносит лишь ограниченный ущерб некоторым видам дубов, однако при высокой плотности популяции вредителя наблюдается преждевременное опадание листьев деревьев дуба *Quercus* spp. (Williams et al., 2021). Отсутствие эффективных средств и методов борьбы с ним привело к тому, что вредитель во вторичных ареалах вызвал угрозу трансформации существующих древесных экосистем. После того как дубовая кружевница на территории России впервые была обнаружена в 2015 г. в Краснодарском крае, клоп значительно расширил свой формирующийся инвазивный ареал и в течение последующих нескольких лет стал заметным вредителем дуба (Щуров и др., 2017; Neimorovets et al., 2017; Musolin et al., 2022).

В данной статье приведены обобщенные сведения по распространению, вредоносности и экологии дубовой кружевницы *Corythucha arcuata* (Say), а также проанализированы меры борьбы с вредителем и контроля его численности, которые применяются за рубежом и испытаны в Российской Федерации.

on the territory of the Russian Federation, and analyzes modern control measures used in other countries. The results of using pesticides against oak lace bug in Russia are given. A large-scale experiment conducted by the authors of the article in the outbreak of *C. arcuata* in the Republic of Adygea showed that the chemical pesticides “Locustin, KS” and “Espero, KS” have a pronounced knockdown effect, which leads to the death of about 89–95% of pest individuals in the second day after the treatment. However, these drugs do not have an ovicidal effect, and after the treatment of oak forests, the number of bugs is quickly restored. Most effectively, the feeding larvae of the bug are killed by “Bitoxibacillin, P”. The issue of reliable protection of oak forests can be resolved by introducing into Russia a specialized egg parasite *Erythmelus klopomor* Triap., which lives in the natural range of the pest in the United States. Studies on the use of parasitoids in Europe have not yet given positive results. Tests of some entomopathogenic fungi in Turkey, Croatia and Slovakia have shown the high effectiveness of some fungi against the bug. Thus, *Beauveria pseudobassiana* caused high mortality of nymphs and adults (mortality of 80 and 90%, respectively) within 14 days.

Key words. Oak lace bug, bug, *Corythucha arcuata*, oak forest, quarantine pests, damage, control methods.

INTRODUCTION

Oak lace bug *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) belongs to dangerous invasive bug species (see Fig. 1), which was introduced into Italy about 20 years ago and gradually spread to many European countries, Turkey and was detected in Iran (Ghahari et al., 2012; EPPO, 2023). In its primary range (the species is distributed in many states of the USA and in southern Canada), the bug is among the pests that are unpleasant for humans and causes only limited damage to some oak species, however, at a high density of the pest population, premature leaf fall of *Quercus* spp. oak trees is observed (Williams et al., 2021). The lack of effective means and methods of dealing with it has led to the fact that the pest in the secondary areas has caused a threat to the transformation of existing tree ecosystems. After the oak lace bug was first detected in Russia in 2015 in Krasnodar Krai, the bug significantly expanded its emerging invasive area and over the next few years became a noticeable oak pest (Shchurov et al., 2017; Neimorovets et al., 2017; Musolin et al., 2022).

This article provides generalized information on the distribution, harmfulness and ecology of the oak lace bug *Corythucha arcuata* (Say), as well as analyzes the pest control and control measures that are used in other countries and tested in the Russian Federation.

БИОЛОГИЯ И ВРЕДНОСТЬ ДУБОВОЙ КРУЖЕВНИЦЫ

Трофический анализ. Дубовая кружевница *C. arcuata*, как опасный инвазивный вредитель, внесена в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза (Решение Совета ЕАЭС № 158 от 30 ноября 2016 г.). На территории Европы и Турции *C. arcuata* поражает местные виды дуба и их гибриды (Мартынов, Никулина, 2019; Методические рекомендации по защите..., 2019; Bălăcenoiu et al., 2021a). Несмотря на то, что русское название вида – «дубовая кружевница» (англ. «oak lace bug»), вредитель не является монофагом. В пределах нативного и вторичного ареалов дубовая кружевница повреждает целый ряд ценнейших древесных и кустарниковых пород из систематически далеких семейств и родов. Так, по данным ряда источников, дубовая кружевница заселяет растения широкого круга видов (см. таблицу). При этом нужно отметить, что обнаружение особей клопа на тех или иных видах растений не означает, что данные виды следует рассматривать в качестве хозяев дубовой кружевницы.

Также в лабораторных опытах Бернардинелли (Bernardinelli, 2006) установлено, что при питании нимф дубовой кружевницы на срезанных листьях европейских видов дуба (черешчатом, пушистом, скальном, турецком) более половины численности личинок в опыте достигло стадии имаго. Аналогичные результаты получены для малины (*R. idaeus*) и ежевики кустистой (*R. fruticosus*). При помещении



Рис. 1. Имаго и кладка яиц дубовой кружевницы *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (фото Д.И. Рясина)

BIOLOGY AND HARMFULNESS OF OAK LACE BUG

Trophic analysis. The oak lace bug *C. arcuata*, being a dangerous invasive pest, is included in the Common List of Quarantine Pests of the Eurasian Economic Union (Decision of the Council of the EAEU No. 158 dated November 30, 2016). On the territory of Europe and Turkey, *C. arcuata* infests local oak species and their hybrids (Martynov, Nikulina, 2019; Methodological recommendations on control..., 2019; Bălăcenoiu et al., 2021a). Despite the fact that its common name is “oak lace bug”, the pest is not a monophage. Within the native and secondary ranges, oak lace bug damages some valuable tree and shrub species from systematically distant families and genera. Thus, according to some sources, oak lace bug inhabits plants of a wide range of species (see Table). At the same time, it should be noted that the detection of bug individuals on certain plants species does not mean that these species should be considered as its hosts.

Also, in laboratory experiments by Bernardinelli (Bernardinelli, 2006) it was established that when feeding on cut leaves of European oak species (petiolate, downy, rocky, Turkish) more than half of the larvae in the experiment reached the adult stage when oak lace bug nymphs fed on cut leaves of European oak species (petiolate, downy, rocky, Turkish). Similar results were obtained for *R. idaeus* and *R. fruticosus*. When placing the bug on *C. sativa*, *R. caesius* and *R. canina*, less than 25% of larvae developed into imagoes. When nymphs are released on the leaves of an introduced to Europe



Fig. 1. Imago and egg-laying oak lace bug *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (photo by D.I. Ryaskin)

Таблица. Трофические предпочтения дубовой кружевницы *Corythucha arcuata* (Say, 1832)Table. Trophic preferences of *Corythucha arcuata* (Say, 1832)

Название вида кормового растения

Host plant species name

Семейство Family	Латинское название Latin name	Русское название	Источник Source	
Буковые (Fagaceae)	<i>Quercus alba</i>	дуб белый	Connor, 1988	
	<i>Q. muehlenbergii</i>	дуб Мюленберга	Dobrevá et al., 2013; Küçük-basmacı, 2014	
	<i>Q. macrocarpa</i>	дуб крупноплодный		
	<i>Q. prinoides</i>	дуб карликовый съедобный каштановидный		
	<i>Q. montana</i> , syn. <i>Q. prinus</i>	дуб каштановый		
	<i>Q. petraea</i>	дуб скальный		
	<i>Q. pubescens</i>	дуб пушистый		
	<i>Q. cerris</i>	дуб турецкий		
	<i>Q. bicolor</i>	дуб двуцветный		Puttler et al., 2014
	<i>Q. acutissima</i>	дуб острейший		
	<i>Q. gambelii</i>	дуб Гамбела		
	<i>Q. robur</i>	дуб черешчатый	Борисов и др., 2018 Borisov et al., 2018	
	<i>Q. robur</i> var. <i>fastigiata</i>	дуб черешчатый, декоративная форма		
	<i>Q. macranthera</i>	дуб крупнопыльниковый		
	<i>Q. variabilis</i>	дуб изменчивый		
	<i>Q. hartwissiana</i>	дуб Гартвиса		
	<i>Q. × hispanica</i> (естественный гибрид <i>Q. suber</i> и <i>Q. cerris</i>) (natural hybrid of <i>Q. suber</i> and <i>Q. cerris</i>)	дуб испанский		
	<i>Q. petraea</i> subsp. <i>iberica</i>	дуб сидячецветковый		
	<i>Q. palustris</i>	дуб болотный		
	<i>Q. pedunculiflora</i>	дуб ножкоцветный		
	<i>Q. pyrenaica</i>	дуб пиренейский		
	<i>Q. stellata</i>	дуб звездчатый	Csóka et al., 2019; Zielińska, Lis, 2020	
	<i>Q. dentata</i>	дуб зубчатый		
<i>Q. mongolica</i>	дуб монгольский			
<i>Q. aliena</i>	дуб иноземный			
<i>Q. lyrata</i>	дуб лировидный			
<i>Q. frainetto</i>	дуб венгерский	Williams et al., 2021		
<i>Q. castaneifolia</i>	дуб каштановидный		наблюдения авторов authors' observations	
Ильмовые (Ulmaceae)	<i>Ulmus minor</i>	вяз малый	Neimorovets et al., 2017;	
Розоцветные (Rosaceae)	<i>Prunus avium</i>	черешня	Методические рекомендации по защите..., 2019	
Кленовые (Aceraceae)	<i>Acer laetum</i>	клен каппадокийский	Methodological recommendations on control..., 2019	
	<i>A. platanoides</i>	клен платановидный		
Бобовые (Fabaceae)	<i>Robinia pseudoacacia</i>	робиния ложноакациевая		
Розоцветные (Rosaceae)	<i>Malus sylvestris</i>	яблоня лесная	Chireceanu et al., 2017;	
Платановые (Platanaceae)	<i>Platanus orientalis</i>	платан восточный	Методические рекомендации по защите..., 2019 Methodological recommendations on control..., 2019	

Таблица. Продолжение

Table. Continuation

Название вида кормового растения
Host plant species name

Семейство Family	Латинское название Latin name	Русское название	Источник Source
Буковые (Fagaceae)	<i>Castanea dentata</i>	каштан зубчатый	Мартынов, Никулина, 2019; Методические рекомендации по защите..., 2019; Голуб и др., 2020
	<i>C. sativa</i>	каштан посевной	
Розоцветные (Rosaceae)	<i>Crataegus</i> spp.	боярышник	Martynov, Nikulina, 2019; Methodological recommendations on control..., 2019; Golub et al., 2020
Березовые (Betulaceae)	<i>Corylus</i> spp.	лещина	
	<i>Alnus incana</i>	ольха серая	
	<i>A. glutinosa</i> subsp. <i>barbata</i>	ольха бородачатая	
Эбеновые (Ebenaceae)	<i>Diospyros kaki</i>	хурма восточная	
Ивовые (Salicaceae)	<i>Salix caprea</i>	ива козья	Sotirovski et al., 2019
Сложноцветные (Asteraceae)	<i>Inula helenium</i>	девясил высокий	
Розоцветные (Rosaceae)	<i>Rosa canina</i>	шиповник собачий	
Розоцветные (Rosaceae)	<i>Rubus idaeus</i>	малина обыкновенная	Методические рекомендации по защите..., 2019
	<i>R. ulmifolius</i>	ежевика вязолистная	
			Methodological recommendations on control..., 2019
Розоцветные (Rosaceae)	<i>R. fruticosus</i>	ежевика кустистая	Bernardinelli, 2006
Розоцветные (Rosaceae)	<i>R. caesius</i>	ежевика сизая	Мартынов, Никулина, 2020
			Martynov, Nikulina, 2020
Розоцветные (Rosaceae)	<i>Chaenomeles</i> spp.	айва	Grozea et al., 2021
Бобовые (Fabaceae)	<i>Cercis canadensis</i>	багряник канадский	Musolin et al., 2022

клопа на листья каштана посевного (*C. sativa*), ежевики сизой (*R. caesius*) и шиповника собачьего (*R. canina*) менее 25% личинок развивалось в имаго. При выпуске нимф на листья интродуцированного в Европу из Северной Америки дуба красного (*Q. rubra*), дубов пробкового (*Q. suber*) и каменного (*Q. ilex*), березы (*Betula* spp.), яблони (*M. domestica*), клена полевого (*A. campestre*), ложноплатанового (*A. pseudoplatanus*) и ясенелистного (*A. negundo*) развития особей клопа не происходило (Bernardinelli, 2006).

Результаты трофического анализа, по мнению авторов, свидетельствуют о том, что в Палеарктике имеется большое количество видов кормовых растений клопа, хотя, несомненно, основными растениями-хозяевами являются разные виды дуба. Возможность полноценного развития дубовой кружевницы от личинки до имаго на многих растениях, указанных в качестве кормовых, нуждается в дополнительном изучении в связи с тем, что на деревьях и кустарниках из семейства Розоцветные в высокой численности развивается внешне сходный вид – грушевая кружевница *Stephanitis pyri* (Fabricius, 1775), а также узкий олигофаг, трофически связанный только с представителями рода Платан (*Platanus* spp.), – платановая кружевница *C. ciliata* (Say, 1832), способная развиваться на ясенях и некоторых других породах (Методические рекомендации по выявлению..., 2009).

Экология и вредоносность. Сравнение выживаемости *C. arcuata* в регионах с близкими климатическими условиями в Северной Америке и Европе показывает (Bălăscenoiu et al., 2021a), что лимитирующие климатические факторы, которые

from North America *Q. rubra*, *Q. suber* and *Q. ilex*, *Betula* spp., *M. domestica*, *A. campestre*, *A. pseudoplatanus* and *A. negundo*, no bug development was noted (Bernardinelli, 2006).

The results of trophic analysis, according to the authors, indicate that in the Palearctic there is a large number of species of host plants of the bug, although, undoubtedly, different species of oak are the main ones. The possibility of full-fledged development of oak lace bug from larva to imago on many plants indicated as host plant requires additional study due to the fact that an outwardly similar species develops in high numbers on trees and shrubs from the Rosaceae family – *Stephanitis pyri* (Fabricius, 1775), as well as a narrow oligophage trophically associated only with representatives of the genus *Platanus* (*Platanus* spp.), *C. ciliata* (Say, 1832), which can develop on ash trees and some other species (Methodological recommendations for detection..., 2009).

Ecology and harmfulness. A comparison of the survival of *C. arcuata* in regions with similar climatic conditions in North America and Europe shows (Bălăscenoiu et al., 2021a) that there are practically no limiting climatic factors that would restrain its reproduction, at least in the south of Russia. During the adaptation period, local natural entomophages and pathogenic microorganisms do not yet have a significant impact on the size of the invader population.

бы сдерживали его размножение, по крайней мере, на юге России, практически отсутствуют. В период акклиматизации местные природные энтомофаги и патогенные микроорганизмы пока не оказывают существенного влияния на численность популяции инвайдера.

В южной части вторичного ареала в России дубовая кружевница способна в зависимости от температурных условий развиваться в трех поколениях в течение года, в большинстве европейских стран также зарегистрировано развитие третьего поколения, однако при благоприятных условиях возможно развитие дополнительных генераций (Мартынов, Никулина, 2020; Методические рекомендации по защите..., 2019).

Согласно проведенным исследованиям (Методические рекомендации по выявлению..., 2015), дубовая кружевница способна заселить большую часть территории Восточно-Европейской равнины (до 60° с. ш. включительно) в границах распространения дуба черешчатого. Дуб в условиях юга России является одной из основных лесообразующих пород. Так, только в Краснодарском крае на его долю приходится около 50% всего лесного фонда.

Наибольший вред, который может нанести дубовая кружевница растению, – это полное поражение всей поверхности листовой пластинки. Существенная негативная роль выражается также в загрязнении листьев экскрементами и экзувиями личинок клопа.

Заселенные *C. arcuata* листья с верхней стороны приобретают светлый мелкоточечный диффузный орнамент (см. рис. 2), а издали сильно поврежденные кроны дубов выглядят обесцвеченными, блекло-серо-желтоватыми или даже белесыми (см. рис. 3). При численности более 10 личинок и взрослых особей на один лист уже в начале лета могут появиться первые признаки хлороза, который обычно начинается вблизи крупных жилок

In the southern part of the secondary range in Russia, the oak lace bug is able to develop in three generations during the year, depending on temperature conditions, the development of the third generation is also reported in most European countries, however, under favorable conditions, the development of additional generations is possible (Martynov, Nikulina, 2020; Methodological recommendations on control..., 2019).

According to the studies (Methodological recommendations for detection..., 2015), the oak lace bug is able to populate most of the territory of the East European Plain (up to 60° N inclusive) within the boundaries of the common oak. Oak in the conditions of the south of Russia is one of the main forest-forming species. Thus, only in Krasnodar Krai it accounts for about 50% of the total forest fund.

The greatest harm that oak lace can cause to a plant is the complete damage of the entire surface of the leaf blade. A significant negative role is also expressed in the contamination of leaves with excrement and exuvia of bug larvae.

Leaves infested with *C. arcuata* acquire a light, finely punctate, diffuse ornamentation on the upper side (see Fig. 2), and from a distance, heavily damaged oak crowns look discolored, faded grayish yellowish, or even whitish (see Fig. 3). With a population of more than 10 larvae and adults per leaf, the first signs of chlorosis may appear already at the beginning of summer, which usually begins near the large veins of the leaf blade, where feeding individuals often concentrate. This causes premature defoliation, disruption of photosynthesis, slowing down the growth and development of plants. All this can lead to an imbalance in ecosystems. So, according to a study by Serbian scientists, with oak leaves being severely damaged by *C. arcuata*, photosynthetic activity decreases by 58.8%, transpiration activity – by 21.7%, and stomatal conductance decreases by 35.7% (Paulin et al., 2020).

Premature defoliation becomes noticeable already in the second or third year after the tree is populated with oak lace bug. Such a picture, for example, was observed by the authors of the article in 2021 in the city of Maikop and its environs, throughout the valley of the Belaya River up to the village of Guzeripl, along roads and paths leading to the high mountain plateau of Lago-Naki, to the Guamsky ridge, and in many other places in this region.

The appearance of an aggressive phytophage in natural oak stands has negative consequences for local ecosystems, since it contributes to the violation of their stability and can lead to the succession of these ecosystems (Methodological recommendations for identification..., 2015).



Рис. 2. Листья дуба с симптомами поражения (хлороз листьев) дубовой кружевницей (фото Д.И. Ряскина)

Fig. 2. Oak leaves showing symptoms (leaf chlorosis) of oak lace bug (photo by D.I. Ryaskin)

лиственной пластинки, где часто концентрируются питающиеся особи. Это вызывает преждевременную дефолиацию, нарушение фотосинтеза, замедление роста и развития растений. Все это может привести к нарушению равновесия экосистем. Так, согласно исследованию сербских ученых, при сильном поражении листьев дуба *C. arcuata* фотосинтетическая активность снижается на 58,8%, активность транспирации – на 21,7%, а устьичная проводимость уменьшается на 35,7% (Paulin et al., 2020).

Преждевременная дефолиация становится заметной уже на второй-третий год после заселения дерева дубовой кружевницей. Такую картину, к примеру, авторы статьи наблюдали в 2021 г. в г. Майкопе и окрестностях, по всей долине реки Белой вплоть до поселка Гузерипль, вдоль дорог и троп, ведущих на высокогорное плато Лаго-Наки, к Гумскому хребту, и во многих других местах этого региона.

Появление агрессивного фитофага в природных дубовых древостоях имеет негативные последствия для локальных экосистем, поскольку способствует нарушению их устойчивости и может привести к сукцессии этих экосистем (Методические рекомендации по выявлению..., 2015). Так, в Краснодарском крае под угрозой существования могут оказаться локальные популяции редких форм дуба, включенных в Красную книгу края: дуб ножкоцветный (*Q. robur* subsp. *pedunculiflora* ((K. Koch) Menits., 1967) и дуб крупнопольниковый (*Q. macranthera* Fisch. et C.A. Mey. ex Hohen., 1838).

Масштабной инвазии *C. arcuata* на Северном Кавказе способствуют миграционная активность и широкая полифагия вида, а также развитая транспортная инфраструктура, поддерживающая значительный грузопоток из районов присутствия чужеродных вредных организмов в новые регионы (Беседина, Киль, 2021). Следует отметить, что перемещение дубовой кружевницы может осуществляться на транспортном средстве, которое находилось в лесной зоне в очаге клопа. В этом случае возможен завоз имаго клопа на десятки и сотни километров.

Учитывая поливольтность и высокий потенциал расселения, достигающий 120 км в год (Мартынов, Никулина, 2020), уже в ближайшие годы, если не предпринять меры по контролю вредителя, следует ожидать значительного роста численности *C. arcuata* в дубовых лесах на всей территории юга и центра России. Приходится констатировать, что и в субтропической зоне Черноморского побережья Российской Федерации со второй половины лета 2018 г. становится все меньше и меньше мест, где бы дубы не были заселены этим вредителем (Борисов и др., 2018; Стрюкова и др., 2019; Беседина, Киль, 2021).

МЕРЫ БОРЬБЫ С ДУБОВОЙ КРУЖЕВНИЦЕЙ

Меры борьбы с дубовой кружевницей за рубежом. На сегодняшний день в литературе имеются



Рис. 3. Дуб, пораженный дубовой кружевницей. Россия, Республика Адыгея, июль 2021 г. (фото Д.И. Ряскина)

Fig. 3. An oak tree affected by an oak lace bug, Russia, Republic of Adygea, July 2021 (photo by D.I. Ryaskin)

So, in Krasnodar Krai, local populations of rare forms of oak, included in the Red Book of Krai, may be under the threat of existence: *Q. robur* subsp. *pedunculiflora* (K. Koch) Menits., 1967 and *Q. macranthera* Fisch. et C.A. Mey. ex Hohen., 1838.

The large-scale invasion of *C. arcuata* in the North Caucasus is facilitated by migratory activity and wide polyphagy of the species, as well as a developed transport infrastructure that supports a significant traffic flow from areas where alien pests are present to new regions (Besedina and Kil, 2021). It should be noted that the movement of the oak lace bug can be carried out on a vehicle that was in the forest zone in the bug outbreak. In this case, adult bugs can be introduced for tens and hundreds of kilometers.

Given the multivoltinism and high potential for spreading, reaching 120 km per year (Martynov, Nikulina, 2020), in the coming years, if no measures are taken to control the pest, a significant increase in the number of *C. arcuata* in oak forests throughout the south and center of Russia should be expected. We have to admit that in the subtropical zone of the Black Sea coast of the Russian Federation, since the second half of the summer of 2018, there are fewer and fewer places where oaks are inhabited by this pest (Borisov et al., 2018; Stryukova et al., 2019; Besedina, Kil, 2021).

OAK LACE BUG CONTROL MEASURES

Oak lace bug control measures in other countries. To date, there is evidence in the literature of testing some control methods for *C. arcuata* and its populations control. One such method is the use of yellow glue, light green funnel and suction traps (Williams et al., 2021;

данные об испытании целого ряда методов для борьбы с *C. arcuata* и контроля численности его популяций. Одним из таких методов является использование желтых клейких, светло-зеленых воронкообразных и всасывающих ловушек (Williams et al., 2021; Bălăcenoiu et al., 2021b). Однако подобные средства больше подходят для раннего выявления, обследования и мониторинга, а не для непосредственной борьбы с вредителем.

Мерой борьбы, имеющей большой потенциал, но пока не принесшей должных результатов, является биологический метод, заключающийся в использовании паразитоидов-энтомофагов. Одним из таких эффективных биологических агентов может стать сравнительно недавно обнаруженный в первичном ареале обитания дубовой кружевницы паразитический яйцеед *Erythmelus klopomor* Triapitsyn, 2007 (Hymenoptera: Mymaridae). Установлено, что *E. klopomor* является одиночным паразитоидом яиц *C. arcuata*; размножается он в основном партеногенетически с нечастой регистрацией самцов. Самки сразу после отрождения из яиц хозяйина или через короткий промежуток времени способны к яйцекладке, занимающей 3–5 мин. Жизненный цикл от яйца до имаго составляет от 11 до 17 сут. (среднее значение – 14,15 ± 0,4 сут.). Продолжительность жизни имаго в среднем составляет 48 ч (Puttler et al., 2014).

В настоящее время *E. klopomor* выявлен в США в 36 округах в штате Миссури, двух – в штате Иллинойс, четырех – во Флориде и по одному – в Северной Каролине и Мэриленде. По-видимому, он распространен более широко. В Миссури этот паразитоид выявлялся также в других хозяевах: *C. cydoniae* (Fitch), *C. marmorata* (Uhler), *C. pergandei* Heidemann, *C. ciliata* (Say), *Gargaphia solani* Heidemann и *Pseudacysta perseae* (Heidemann) (Puttler et al., 2014).

В России, как и в других европейских странах, этот энтомофаг не выявлен, однако необходимо оценить риски его возможной интродукции в формирующийся инвазивный ареал клопа дубовой кружевницы и только в случае невысокого уровня такого риска провести его интродукцию. Это позволит запустить естественные процессы регулирования численности фитофага, и его вредоносность и численность снизятся.

К перспективным агентам биологического контроля дубовой кружевницы можно отнести североамериканских хищных клопов-мирид *Hyaliodes vitripennis* (Say, 1832) и *Deraeocoris nebulosus* (Uhler, 1872) (Hemiptera: Miridae) и клопов-антокорид *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae) (Connell, Beacher, 1947), чей потенциал как биологического агента против дубовой кружевницы еще предстоит выяснить.

Некоторые универсальные хищники, такие как красные лесные муравьи *Formica rufa* Linnaeus, 1761 (Hymenoptera: Formicidae), избегают дубовую кружевницу, даже если зараженные листья падают на землю рядом с их муравейником, предположительно из-за содержания некоторых химических соединений, присутствующих на теле имаго и нимф дубовой кружевницы (Paulin et al., 2020).

Имеются фрагментарные сведения об использовании местных хищников и паразитоидов, распространенных в Европе, против дубовой кружевницы. Так, сообщения о перспективах

Bălăcenoiu et al., 2021b). However, such tools are more suitable for early detection, survey and monitoring, and not for direct pest control.

A control measure that has great potential, but has not yet brought proper results, is the biological method, which consists in the use of entomophagous parasitoids. One of such effective biological agents can be relatively recently detected in the primary habitat of the oak lace bug, *Erythmelus klopomor* Triapitsyn, 2007 (Hymenoptera: Mymaridae). It is stated that *E. klopomor* is a solitary parasitoid of *C. arcuata* eggs; it reproduces mainly parthenogenetically with infrequent registration of males. Females immediately after hatching from host eggs or after a short period of time are capable of oviposition, which takes 3–5 minutes. The life cycle from egg to adult is from 11 to 17 days (average value – 14.15 ± 0.4 days). The average lifespan of adults is 48 hours (Puttler et al., 2014).

Today, *E. klopomor* was detected in the United States in 36 counties in Missouri, two in Illinois, four in Florida, and one each in North Carolina and Maryland. It appears to be more widespread. In Missouri, this parasitoid has also been detected in other hosts: *C. cydoniae* (Fitch), *C. marmorata* (Uhler), *C. pergandei* Heidemann, *C. ciliata* (Say), *Gargaphia solani* Heidemann and *Pseudacysta perseae* (Heidemann) (Puttler et al., 2014).

In Russia, as in other European countries, this entomophage has not been detected, however, it is necessary to assess the risks of its possible introduction into the emerging invasive range of the oak lace bug, and only in the case of a low level of such a risk, to introduce it. This will allow launching the natural processes of regulating the number of phytophages, and its harmfulness and population will decrease.

Promising biological control agents for oak lace bug include *Hyaliodes vitripennis* (Say, 1832) and *Deraeocoris nebulosus* (Uhler, 1872) (Hemiptera: Miridae) and *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae) (Connell, Beacher, 1947), whose potential as a biological agent against oak lace bug remains to be seen.

Some common predators such as *Formica rufa* Linnaeus, 1761 (Hymenoptera: Formicidae), avoid oak lace bug, even if infected leaves fall to the ground near their anthill, presumably due to the content of some chemical compounds present on the body of oak lace bug imagoes and nymphs (Paulin et al., 2020).

There is fragmentary information on the use of local predators and parasitoids common in Europe against oak lace bug. So, reports about the prospects for the use of larvae of *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836), *Pseudomallada* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) and *Harmonia axyridis* Pallas, 1773 (Coleoptera: Coccinellidae) in Hungary and some spiders (Araneae: Salticidae) in Italy, as natural biological agents in the control of populations of oak lace bug, so far have not had a noticeable effect (Paulin et al., 2020; Bălăcenoiu et al., 2021b).

Another proposed method of biological control could be the use of insecticides based on entomopathogenic fungi. The method is the most acceptable alternative to the use of chemical pesticides, as

использования личинок златоглазки обыкновенной *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836), златоглазок рода *Pseudomallada* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) и коровки-арлекина *Harmonia axyridis* Pallas, 1773 (Coleoptera: Coccinellidae) в Венгрии и некоторых пауков-скакунок (Araneae: Salticidae) в Италии, как естественных биологических агентов при контроле численности популяций дубовой кружевницы, пока не оказали заметного влияния (Paulin et al., 2020; Bălăcenoiu et al., 2021b).

Другим предлагаемым методом биологического контроля может быть использование инсектицидов на основе энтомопатогенных грибов. Метод является наиболее приемлемой альтернативой использованию химических пестицидов, так как эти грибы более безопасны для человека, животных и окружающей среды.

Испытания ряда энтомопатогенных грибов (*Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *B. pseudobassiana*, *Isaria fumosorosea*, *Myriodontium keratinophilum*) против клопа дубовой кружевницы были проведены в лабораторных условиях в Турции (Sönmez et al., 2016). Виды *Beauveria bassiana* и *B. pseudobassiana* оказались наиболее эффективными против клопа, при этом *B. bassiana* вызывал самую высокую смертность как нимф, так и имаго (со смертностью 80 и 90% соответственно) в течение 14 дней. Этот изолят также демонстрировал высокую степень поражения микозом как нимф, так и взрослых особей (77 и 83% соответственно).

М. Ковач с соавторами (Kovač et al., 2020; 2021) при проведении исследований в Хорватии и Словакии информировали об особенностях физиологии и воздействия на вредителя четырех широко распространенных в мире энтомопатогенных грибов *B. pseudobassiana*, *Lecanicillium pissodis*, *Akanthomyces attenuatus* и *Samsoniella alboaurantium*. В результате их исследований определен наиболее эффективный вид гриба, которым оказался изолят *B. pseudobassiana*. Уровень смертности клопа составлял 80%, а степень поражения микозом взрослых особей *C. arcuata* была около 70% через 14 дней после обработки.

Химический метод контроля за численностью *C. arcuata* (Say) имеет как достоинства, так и недостатки. Системные инсектициды, скорее всего, являются лучшим вариантом, поскольку и личинки, и имаго клопа, находясь на нижней стороне листьев, относительно защищены от воздействия пестицидов.

Сербскими специалистами в рамках борьбы с инвазивным клопом были испытаны химические инсектициды «Бифентрин» (Bifenthrin) с применяемой концентрацией 0,05%, «Бупрофезин» (Buprofezin) – 0,05%, «Тиаметоксам» (Thiametoxam) – 0,02%, «Абамектин» (Abamectin) – 0,065%. Эксперименты показали, что через 2 дня после обработки эффективность «Бифентрина» в подавлении нимф дубовой кружевницы составляла 100%, а эффективность «Тиаметоксама» – 99,34%. У двух других инсектицидов эффективность была немного меньше: у «Абамектина» – 81,77% и у «Бупрофезина» – 64,98%. После десяти дней применения инсектицидов эффективность «Тиаметоксама» и «Бифентрина» составила 100%, при этом эффективность «Бупрофезина» увеличилась до 81,50%, а «Абамектина» – до 97,28% (Дрекић и др., 2019).

these fungi are safer for humans, animals and the environment.

Testing some entomopathogenic fungi (*Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *B. pseudobassiana*, *Isaria fumosorosea*, *Myriodontium keratinophilum*) against oak lace bug were carried out in laboratory conditions in Turkey (Sönmez et al., 2016). The species *Beauveria bassiana* and *B. pseudobassiana* proved to be the most effective against the bug, while *B. bassiana* caused the highest mortality of both nymphs and imagoes (with a mortality rate of 80 and 90%, respectively) within 14 days. This isolate also showed a high degree of fungal infection of both nymphs and imagoes (77 and 83%, respectively).

When conducting research in Croatia and Slovakia, M. Kovač (Kovač et al., 2020; 2021) informed about the features of the physiology and impact on the pest of four widespread entomopathogenic fungi in the world *B. pseudobassiana*, *Lecanicillium pissodis*, *Akanthomyces attenuatus* и *Samsoniella alboaurantium*. As a result of their research, the most effective fungus species was determined, which turned out to be a *B. pseudobassiana* isolate. The bug mortality rate was 80% and the fungal infection rate of *C. arcuata* imagoes was about 70% 14 days after treatment.

Chemical control method of *C. arcuata* (Say) population has both advantages and disadvantages. Systemic insecticides are likely the best option as both larvae and imagoes of the bug are relatively protected from pesticide exposure while on the underside of leaves.

As part of the control of invasive bugs, Serbian specialists tested chemical insecticides Bifenthrin with applied concentration 0.05%, Buprofezin – 0.05%, Thiametoxam – 0.02%, Abamectin – 0.065%. Experiments showed that 2 days after treatment, the effectiveness of Bifenthrin in suppressing the nymphs of oak lace bug was 100%, and the effectiveness of Thiametoxam was 99.34%. The other two insecticides were slightly less effective: Abamectin at 81.77% and Buprofezin at 64.98%. After ten days of application of insecticides, the effectiveness of Thiametoxam and Bifenthrin was 100%, while the effectiveness of Buprofezin increased to 81.50%, and Abamectin – up to 97.28% (Drekić et al., 2019).

In Serbia, 3 more preparations against oak lace bug were also tested: Deltamethrin with an applied concentration of 0.05%, Flonicamid – 0.014%, Acetamiprid – 0.025%. The test results showed that two days after treatment, the effectiveness of the drugs used based on the active ingredients Deltamethrin and Acetamiprid was 100%. Flonicamid had a significantly lower efficiency – 76.4%. 10 days after treatment with insecticides Deltamethrin and Acetamiprid, their effectiveness in suppressing the number of lace bug was 99% (Drekić et al., 2021).

In Romania, taking into account factors such as mode of action of the insecticide (contact or systemic) and application volume (low volume (LV) of 30 l/ha and ultra-low volume (ULV) of 3 l/ha), synthetic insecticides were tested for oak lace bug population control: contact pyrethroid Alfametrin (Alfametrin 10 CE) and systemic

На территории Сербии также были протестированы еще 3 препарата против дубовой кружевницы: «Дельтаметрин» (Deltamethrin) с применяемой концентрацией 0,05%, «Флоникамид» (Flonicamid) – 0,014%, «Ацетамиприд» (Acetamiprid) – 0,025%. Результаты испытания показали, что через двое суток после обработки эффективность применяемых препаратов на основе активных ингредиентов «Дельтаметрина» и «Ацетамиприда» составила 100%. «Флоникамид» имел значительно более низкую эффективность – 76,4%. Спустя 10 дней после обработки инсектицидами «Дельтаметрин» и «Ацетамиприд» их эффективность подавления численности кружевницы составила 99% (Drekić et al., 2021).

В Румынии с учетом таких факторов, как способ действия инсектицида (контактный или системный) и объем обработки (малообъемный (МН) – 30 л/га и ультранизкий объем (ULV) на уровне 3 л/га), были испытаны синтетические инсектициды для контроля численности дубовой кружевницы: контактный пиретроидный «Альфаметрин» (Alfametrin 10 CE) и системный неоникотиноидный «Апис» (APIS 200 SE). Эффективность каждого составила 91–96% (Bălăcenoiu et al., 2021a).

Однако, даже в случае успешной единовременной химической обработки, существует высокий риск повторного заражения насаждений, что влечет за собой повторную многократную обработку для достижения должного результата. В больших дубравах химическая борьба практически невозможна. Во-первых, это было бы дорого и накладно, особенно потому, что, скорее всего, потребуется более одной обработки в течение сезона. Во-вторых, что еще более важно, такая тяжелая химическая нагрузка на дубовые леса вызовет очень серьезные нежелательные нецелевые последствия. Поэтому классический биологический метод контроля, по-видимому, является единственным возможным вариантом борьбы с данным клопом в его недавно захваченном ареале. Но принятию и применению такой программы биометода должны предшествовать масштабные исследования нецелевых организмов и тщательный анализ потенциальных нежелательных экологических эффектов.

Распространение дубовой кружевницы в Российской Федерации и меры борьбы с этим вредителем. Согласно данным фитосанитарного мониторинга, проводимого Россельхознадзором, Рослесазащитой, и иным опубликованным материалам, вредитель к настоящему времени присутствует на территории всего Крыма, проник в Ростовскую область, Ставропольский край, Карачаево-Черкесскую Республику, Краснодарский край, а также в соседние республики: Южную Осетию и Абхазию (Справочник по карантинному..., 2021; Musolin et al., 2022).

Пока научные изыскания по поиску эффективного биологического агента против дубовой кружевницы еще не увенчались успехом, страны, на чьих территориях распространился клоп *C. arcuata*, продолжают испытания инсектицидов, чтобы хоть как-то ограничить стремительное нашествие данного инвайдера. В Краснодарском крае отечественными специалистами против дубовой кружевницы были испытаны биорациональные препараты

неоникотиноид Apis (APIS 200 SE). The effectiveness of each was 91–96% (Bălăcenoiu et al., 2021a).

However, even in the case of a successful one-time chemical treatment, there is a high risk of re-infestation of plantations, which entails repeated multiple treatments to achieve the desired result. In large oak forests, chemical control is practically impossible. Firstly, it would be expensive and time consuming, especially since more than one application per season is likely to be required. Secondly, and more importantly, such a heavy chemical load on oak forests will cause very serious undesirable off-target effects. Therefore, the classical biological control method seems to be the only possible option for controlling this bug in its recently invaded range. But the adoption and application of such a biomethod program must be preceded by large-scale studies of non-target organisms and a thorough analysis of potential undesirable environmental effects.

Spreading of oak lace bug in the Russian Federation and its control measures. According to the data of phytosanitary monitoring conducted by Rosselkhozнадзор, Roslesozashchita, and other published materials, the pest is currently present on the territory of the entire Crimea, has been introduced into Rostov Oblast, Stavropol Krai, Karachay-Cherkess Republic, Krasnodar Krai, as well as into neighboring republics: South Ossetia and Abkhazia (Handbook on Quarantine..., 2021; Musolin et al., 2022).

While scientific research to find an effective biological agent against oak lace bug has not yet been successful, countries where *C. arcuata* has spread, continue to test insecticides in order to somehow limit its rapid invasion. In Krasnodar Krai, biorational preparations “Biostat, K” and “Ephoria, KS” were tested by Russian specialists against oak lace bug (Besedina et al., 2021). During the tests, it was found that the treatment with Biostat at a consumption rate of 1 l/ha leads to a decrease in the number of the pest gradually and is accompanied by a prolonged effect. Thus, during the first day after treatment, the mortality of larvae and adults was only 63.7%, on the 3rd–7th day – 86.4–87.5%, and on the 14th day it reached 98.2%. And when treated with the composition of preparations Biostat + Ephoria at consumption rates of 1 l/ha + 0.04 l/ha and 1 l/ha + 0.08 l/ha, it was found that the bug mortality on the first day was 98.3–100.0%. In these variants, high efficiency rates were maintained for 14 days after treatment, and the tested formulations were comparable in efficiency at the consumption rates of the Ephoria preparation of 0.04 l/ha and 0.08 l/ha, which are 4–8 times lower than the recommended for this insecticide norms against other types of pests.

An extended experiment on the use of chemical and bacteriological pesticides in the outbreaks of *C. arcuata* was carried out by the authors of this article in the Kurdzhipsky district forestry of the Maikop forestry of the Republic of Adygea in July 2021 with the participation of employees of the FBU “VNIILM”, FGBU “VNIKR”, the Center of Forest Health of the Republic of Adygea (Maikop), ООО PO Sibbiopharm. The first

«Биостат, КЭ» и «Эфория, КС» (Беседина и др., 2021). В ходе испытаний было установлено, что обработка «Биостатом» при норме расхода 1 л/га приводит к снижению численности вредителя постепенно и при этом сопровождается пролонгированным эффектом. Так, в течение первых суток после обработки смертность личинок и имаго составила только 63,7%, на 3-и–7-е сутки – 86,4–87,5%, а на 14-е сутки она достигала 98,2%. А при обработке композицией препаратов «Биостат» + «Эфория» при нормах расхода 1 л/га + 0,04 л/га и 1 л/га + 0,08 л/га установлено, что гибель клопов уже на первые сутки составляла 98,3–100,0%. В данных вариантах высокие показатели эффективности поддерживались в течение 14 суток после обработки, причем испытанные формуляции были сопоставимы по эффективности при нормах расхода препарата «Эфория» 0,04 л/га и 0,08 л/га, которые в 4–8 раз ниже рекомендуемой для этого инсектицида нормы против других видов вредителей.

Расширенный эксперимент по применению химических и бактериологических пестицидов в очагах массового размножения *C. arcuata* был проведен авторами данной статьи в Курджипском участковом лесничестве Майкопского лесничества Республики Адыгеи в июле 2021 г. при участии сотрудников ФБУ «ВНИИЛМ», ФГБУ «ВНИИКР», Центра защиты леса Республики Адыгея (г. Майкоп), ООО ПО «Сиббиофарм». Первая часть эксперимента по применению химических пестицидов была проведена в ночное время с 21 на 22 июля. В качестве химических пестицидов использовали «Локустин, КС» и «Эсперо, КС», производимые АО «Щелково Агрохим» и разрешенные к применению на территории Российской Федерации против клопа дубовой кружевницы. Результаты применения этих препаратов показали, что на всех учетных пунктах через 2 недели после обработки произошел сильный рост численности личинок клопа – их число возросло в 4 раза по сравнению с первоначальным учетом. Предполагается, что оба препарата вызывают гибель значительного числа питающихся личинок, но эти препараты не обладают овицидным действием и имеют незначительный срок сохранности на поверхности листьев. В итоге из не погибших под воздействием препаратов яиц клопа происходит отрождение личинок, некоторые из них погибают, тогда как большинство особей продолжают питаться. Кроме того, имаго клопа очень активно летает, и уже через несколько дней после опрыскивания, когда препарат перестает действовать, прилетевшие из окружающих необработанных участков особи откладывают яйца, и происходит быстрое восстановление численности клопа.

В другом варианте, проведенном в те же сроки и при аналогичных условиях, против личинок дубовой кружевницы экспериментально применяли бактериальные препараты биологического действия: «Лепидоцид, СКМ», «Битоксибациллин, П» и «Лепидоцид, П». Учет смертности личинок был проведен на 5, 10 и 15-й дни после обработки. Наиболее сильный эффект на 5-й день после обработки показали «Битоксибациллин, П» (уровень смертности составлял 95,86%) и «Лепидоцид, П» (97,14%). На 15-й день после обработки в варианте с применением «Лепидоцида, СКМ» наблюдался рост численности личинок клопа в 2,79 раза. В итоге

part of the experiment on the application of chemical pesticides was carried out at night from 21 to 22 July. “Lokustin, KS” and “Espero, KS” produced by Schelkovo Agrokhim and approved for use in the Russian Federation against oak lace bug, were used as chemical pesticides. The results of the use of these drugs showed that at all registration points, 2 weeks after treatment, there was a strong increase in the number of bug larvae – their number increased by 4 times compared to the initial count. Both drugs are expected to kill a significant number of feeding larvae, but these drugs are not ovicidal and have a short shelf life on the leaf surface. As a result, larvae hatch from the bug eggs that did not die under the influence of preparations, some of them die, while most individuals continue to feed. In addition, bug imagoes fly very actively, and already a few days after spraying, when the drug ceases to act, individuals that have arrived from the surrounding untreated areas lay eggs, and the bug population is quickly restored.

In another variant, carried out at the same time and under similar conditions, bacterial preparations of biological action were experimentally used against oak lace bug larvae: “Lepidocid, SKM”, “Bitoxibacillin, P”, and “Lepidocid, P”. Accounting for the mortality of larvae was carried out on the 5th, 10th and 15th days after treatment. The strongest effect on the 5th day after treatment was shown by “Bitoxibacillin, P” (mortality rate was 95.86%) and “Lepidocid, P” (97.14%). On the 15th day after treatment, in the variant with the use of “Lepidocid, SKM”, an increase in the number of bug larvae by 2.79 times was observed. As a result, “Bitoxibacillin, P” ensured the death of 72.87% of feeding larvae, and “Lepidocid, P” – 42.86%.

Thus, based on field experiments, it is possible to conclude that the chemical pesticides “Lokustin, KS” and “Espero, KS” have a pronounced knockdown effect, which leads to the death of about 89–95% of pest individuals on the 2nd day after treatment, however, both drugs do not have an ovicidal effect and after treatment with oak forests they quickly decompose and after a few days they have no effect on bugs. Treatments with bacterial preparations show that the preparations have a significantly longer effect on the bug than chemical pesticides and remain on the surface of the leaves for a long time. It most effectively destroys the feeding larvae of the bug “Bitoxibacillin, P”. Taking into account the results of field experiments, as well as the biology of the pest, it can be assumed that the development of the bug will take place in three generations during the summer season and total treatments with chemical or bacterial preparations will be required with an interval of about 15 days, starting from May to September.

Taking into account that oak lace bug populates not only oak, but also other associated plants (primarily blackberries, elms, raspberries), then, in addition to the use of pesticides in oak forests, it will be necessary to treat thickets of some shrubs. This should also take into account restrictions or prohibitions on the use of pesticides in certain areas (for example, in specially protected natural areas and in urban areas). Thus, it is necessary to search for preparations that would

«Битоксибациллин, П» обеспечил гибель 72,87% питающихся личинок, а «Лепидоцид, П» – 42,86%.

Таким образом, на основании полевых опытов возможно сделать вывод, что химические пестициды «Локустин, КС» и «Эсперо, КС» обладают выраженным нокдаун-эффектом, который приводит к гибели порядка 89–95% особей вредителя на 2-й день после обработки, однако оба препарата не имеют овицидного действия и после обработки дубрав они быстро разлагаются и уже через несколько дней не оказывают воздействия на клопов. Обработки бактериальными препаратами показывают, что препараты имеют существенно более длительное действие на клопа, чем химические пестициды, и долгое время сохраняются на поверхности листьев. Наиболее эффективно уничтожает питающихся личинок клопа «Битоксибациллин, П». Учитывая результаты полевых экспериментов, а также биологию вредителя, можно полагать, что развитие клопа будет проходить в трех генерациях в течение летнего сезона и потребуются проведение тотальных обработок химическими или бактериальными препаратами с интервалом около 15 дней, начиная с мая по сентябрь.

Принимая во внимание то, что дубовая кружевница заселяет не только дуб, но и другие сопутствующие растения (прежде всего, ежевику, вяз, малину), то, кроме применения пестицидов в дубравах, необходимо будет проводить обработку зарослей некоторых кустарников. При этом нужно также учитывать ограничения или запрет на применение пестицидов на некоторых территориях (например, на особо охраняемых природных территориях и в городских условиях). Таким образом, необходим поиск препаратов, которые бы длительное время (не менее 2–3 месяцев) сохранялись на листе и обеспечивали пролонгированное действие на личинок клопа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основываясь на вышеприведенном анализе по применению фитосанитарных мер против клопа дубовой кружевницы, можно сделать вывод, что стратегия защиты леса от этого вредителя не может быть построена на применении пестицидов. Во-первых, потому, что невозможно провести обработки всех без исключения мест обитания клопа, во-вторых, потому, что потребуется проведение тотальных многократных обработок в течение года, а для этого нужны очень большие затраты финансовых, материальных средств и серьезное количество людских ресурсов.

В связи с этим следует признать, что для защиты дуба от дубовой кружевницы имеется только одна реальная возможность – провести интродукцию эффективных и безопасных энтомофагов данного инвайдера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беседина Е.Н., Исмаилов В.Я., Киль В.И., Бельский А.И. Оценка биологической эффективности инсектицидов против дубовой кружевницы // Защита растений от вредных организмов: материалы 10-й Международ. науч.-практ. конф., Краснодар, 21–25 июня 2021 г. Краснодар. 2021. С. 51–53.
2. Беседина Е.Н., Киль В.И. ДНК-полиморфизм и генетическое разнообразие популяции дубовой

remain on the leaf for a long time (at least 2–3 months) and provide a prolonged effect on the larvae of the bug.

CONCLUSION

Based on the above analysis of the application of phytosanitary measures against the oak lace bug, it can be concluded that a forest protection strategy against this pest cannot be based on the use of pesticides. Firstly, because it is impossible to carry out treatment of all the habitats of the bug without exception, and secondly, because it will require total repeated treatments during the year, and this requires very large financial costs, material resources and a serious number of human resources.

In this regard, it should be recognized that there is only one real opportunity to protect oak from oak lace bug – to introduce effective and safe entomophages of this invader.

REFERENCES

1. Besedina E.N., Ismailov V.Ya., Kil V.I., Belyi A.I. Evaluation of the biological effectiveness of insecticides against oak lace bug [Otsenka biologicheskoy effektivnosti insektitsidov protiv dubovoy kruzhevnytsy] // Protection of plants from harmful organisms: materials of the 10th Intern. scientific-practical. Conf., Krasnodar, June 21–25, 2021. Krasnodar. 2021; 51–53. (In Russ.)
2. Besedina E.N., Kil V.I. DNA polymorphism and genetic diversity of oak lace bug (*Corythucha arcuata* Say) population in Krasnodar Krai [DNK-polimorfizm i geneticheskoye raznoobraziye populyatsii dubovoy kruzhevnytsy (*Corythucha arcuata* Say) v Krasnodarskom kraye] // Tomsk State University Bulletin. Biology. 2021; 55: 42–57. (In Russ.)
3. Golub V.B., Golub N.V., Soboleva V.A. Distribution and trophic relationships of the oak lace bug *Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera: Tingidae) in the Crimea [Rasprostraneniye i troficheskiye svyazi dubovoy kruzhevnytsy *Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera: Tingidae) v Krymu] // Field journal of a biologist. 2020; 2 (3): 179–184. URL: <https://doi.org/10.18413/2658-3453-2020-2-3-179-184>. (In Russ.)
4. Martynov V.V., Nikulina T.V. Oak lace bug *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) – a new invasive pest in the forests of the southwestern part of the Crimean mountains [Dubovaya kruzhevnytsa *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) – novyy invazionnyy vreditel v lesakh yugo-zapadnoy chasti gornogo Kryma] // Subtropical and ornamental gardening. 2020; 72: 124–138. URL: <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2020-72-124-138>. (In Russ.)
5. Martynov V.V., Nikulina T.V. The first finding of the oak laceweed *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) in Stavropol Krai [Pervaya nakhodka dubovoy kruzhevnytsy *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) v Stavropolskom kraye] // Results and prospects for the development of entomology in Eastern Europe. Collection of articles of the III International scientific and practical conference dedicated to the memory of Vadim Anatolyevich Tsinkevich (1971–2018). Minsk, 2019; 245–247. (In Russ.)

кружевницы (*Corythucha arcuata* Say) в Краснодарском крае // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2021. № 55. С. 42–57.

3. Голуб В.Б., Голуб Н.В., Соболева В.А. Распространение и трофические связи дубовой кружевницы *Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera: Tingidae) в Крыму // Полевой журнал биолога. 2020. 2 (3). С. 179–184. URL: <https://doi.org/10.18413/2658-3453-2020-2-3-179-184>.

4. Мартынов В.В., Никулина Т.В. Дубовая кружевница *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) – новый инвазионный вредитель в лесах юго-западной части горного Крыма // Субтропическое и декоративное садоводство. 2020. № 72. С. 124–138. URL: <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2020-72-124-138>.

5. Мартынов В.В., Никулина Т.В. Первая находка дубовой кружевницы *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) в Ставропольском крае // Итоги и перспективы развития энтомологии в Восточной Европе. Сборник статей III Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Вадима Анатольевича Цинкевича (1971–2018). Минск, 2019. С. 245–247.

6. Методические рекомендации по выявлению и идентификации клопа дубовая кружевница *Corythucha arcuata* (Say) / Блюммер А.Г., Нестеренкова А.Э. // Быково, ВНИИКР, 2015, 39 с.

7. Методические рекомендации по выявлению платанового клопа-кружевницы *Corythucha ciliata* (Say) / Ю.И. Гниненко, В.Б. Голуб, В.М. Калинин, Е.С. Котенев // Пушкино: ВНИИЛМ, 2009. 24 с.

8. Методические рекомендации по защите от дубового клопа-кружевницы (для производственной проверки) / Ю.И. Гниненко, У.А. Чернова, А.Г. Раков, Р.И. Гимранов, И.В. Хегай // Пушкино: ВНИИЛМ, 2019. 28 с.

9. Новые данные о трофических связях инвазионного клопа дубовой кружевницы *Corythucha arcuata* (Heteroptera: Tingidae) в Краснодарском крае и Республике Адыгея по результатам исследований в 2018 году / Б.А. Борисов, Н.Н. Карпун, А.Р. Бибин, Е.А. Грабенко, Н.В. Ширияева, М.Е. Лянгузов // Субтропическое и декоративное садоводство. 2018. № 67. С. 83–90. URL: <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2018-67-188-203>.

10. Справочник по карантинному фитосанитарному состоянию территории Российской Федерации на 1 января 2021 г. Москва, 2021 / под ред. Ю.А. Швабаускене, Москва, 2021. ... 474 с.

11. Стрюкова Н.М., Омеляненко Т.З., Голуб В.Б. Дубовая кружевница в Республике Крым // Защита и карантин растений. 2019. № 9. С. 43–44.

12. Сузбијање храстове мрежасте стенице (*Corythucha arcuata* Say) / М. Дрекић, Ј.П. Пајник, А. Пилиповић, Н. Николић // Шумарство. 2019. Vol. 71. P. 215–223.

13. Чужеродные насекомые – вредители леса, выявленные на северо-западном Кавказе в 2010–2016 годах, и последствия их неконтролируемого расселения / В.И. Щуров, А.С. Бондаренко, М.М. Скворцов, А.В. Щурова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2017. Вып. 220. С. 212–228. URL: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2017.220.212-228>.

14. A new host species for the arthropod *Corythucha arcuata* in peri-urban areas of Western Romania /

6. Methodological recommendations for detection and identification of the oak lace bug *Corythucha arcuata* (Say) [Metodicheskiye rekomendatsii po vyyavleniyu i identifikatsii klopa dubovaya kruzhevitsa *Corythucha arcuata* (Say)] / Blummer A.G., Nesterenkova A.E. // Bykovo, VNIKR, 2015, 39 p. (In Russ.)

7. Methodological recommendations for detection of the lace bug *Corythucha ciliata* (Say) [Metodicheskiye rekomendatsii po vyyavleniyu platanovogo klopa-kruzhevitsy *Corythucha ciliata* (Say)] / Yu.I. Gninenko, V.B. Golub, V.M. Kalinkin, E.S. Kotenev // Pushkino: VNIILM, 2009. 24 p. (In Russ.)

8. Methodological recommendations on control oak lace bug (for production testing) [Metodicheskiye rekomendatsii po zashchite ot dubovogo klopa-kruzhevitsy (dlya proizvodstvennoy proverki)] / Yu.I. Gninenko, U.A. Chernova, A.G. Rakov, R.I. Gimranov, I.V. Khagai // Pushkino: VNIILM, 2019. 28 p. (In Russ.)

9. New data on trophic relationships of the invasive oak lace bug *Corythucha arcuata* (Heteroptera: Tingidae) in Krasnodar Krai and the Republic of Adygea based on the results of research in 2018 [Novyye dannyye o troficheskikh svyazyakh invazionnogo klopa dubovoy kruzhevitsy *Corythucha arcuata* (Heteroptera: Tingidae) v Krasnodarskom kraye i Respublike Adygeya po rezultatam issledovaniy v 2018 godu] / B.A. Borisov, N.N. Karpun, A.R. Bibin, E.A. Grabenko, N.V. Shiryaeva, M.E. Lyanguzov // Subtropical and ornamental gardening. 2018; 67: P. 83–90. URL: <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2018-67-188-203>. (In Russ.)

10. Handbook on the quarantine phytosanitary state of the territory of the Russian Federation as of January 1, 2021. Moscow, 2021 / ed. Yu.A. Shvauskene, Moscow, 2021. ... 474 p. (In Russ.)

11. Stryukova N.M., Omelyanenko T.Z., Golub V.B. *Corythucha arcuata* in the Republic of Crimea // Plant Protection and Quarantine. 2019; 9: 43–44.

12. Control of the oak lace bug (*Corythucha arcuata* Say) / M. Drekić, L.P. Pajnik, A. Pilipović, N. Nikolic // Forestry. 2019; 71: 215–223.

13. Alien insects – pests of the forest, identified in the northwestern Caucasus in 2010–2016, and the consequences of their uncontrolled resettlement [Chuzherodnyye nasekomye – vrediteli lesa, vyyavlennyye na severo-zapadnom Kavkaze v 2010–2016 godakh, i posledstviya ikh nekontroliruyemogo rasseleniya] / V.I. Shchurov, A.S. Bondarenko, M.M. Skvortsov, A.V. Shchurova // Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy. 2017; 220: 212–228. URL: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2017.220.212-228>. (In Russ.)

14. A new host species for the arthropod *Corythucha arcuata* in peri-urban areas of Western Romania / I. Grozea, A.C. Muntean, R. Stef, A.M. Virteiu, A. Cărăbeș, L. Molnar, M. Butnariu, A. Grozea, S. Damianov // Research Journal of Agricultural Science, 2021. Vol. 53. № 1. P. 54–60.

15. An annotated catalogue of the Iranian Tingidae (Hemiptera: Heteroptera) / H. Ghahari, S.I. Montemayor, P. Moulet, R.E. Linnavuori // Zootaxa. 2012. № 3207. P. 22–39. URL: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3207.1.2>.

I. Grozea, A.C. Muntean, R. Stef, A.M. Virteiu, A. Cărăbeț, L. Molnar, M. Butnariu, A. Grozea, S. Damianov // Research Journal of Agricultural Science, 2021. Vol 53. № 1. P. 54–60.

15. An annotated catalogue of the Iranian Tingidae (Hemiptera: Heteroptera) / H. Ghahari, S.I. Montemayor, P. Moulet, R.E. Linnavuori // Zootaxa. 2012. № 3207. P. 22–39. URL: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3207.1.2>.

16. Bernardinelli I. Potential host plants of *Corythucha arcuata* (Het., Tingidae) in Europe: a laboratory study // Journal of Applied Entomology. 2006. Vol. 130. № 9–10. P. 480–484. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2006.01098.x>.

17. Chemical control of *Corythucha arcuata* (Say, 1832), an invasive alien species, in oak forests / F. Bălăcenoiu, C. Nețoiu, R. Tomescu, D.C. Simon, A. Buzatu, D. Toma, I.C. Petrișan // Forests, 2021b. Vol. 12. № 6. 770 p. URL: <https://doi.org/10.3390/f12060770>.

18. Chireceanu C., Teodoru A., Chiriloaie A. New Records of the Oak Lace Bug *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) in Southern Romania // Acta zool. bulg. 2017. Suppl. Vol. 9. P. 297–299.

19. Connell W.A., Beacher J.H. Life history and control of the oak lace bug // Bulletin of the University of Delaware Agricultural Experiment Station. 1947. Vol. 265. 28 p.

20. Connor E.F. Plant water deficits and insect responses: the preference of *Corythucha arcuata* (Heteroptera: Tingidae) for the foliage of white oak, *Quercus alba* // Ecological Entomology. 1988. 13. P. 375–381.

21. *Corythucha arcuata* (Heteroptera, Tingidae): Evaluation of the pest status in Europe and development of survey, control and management strategies (OLBIE) / D. Williams, G. Hocht, G. Csóka, M. de Groot, K. Hradil, C. Chireceanu, B. Hrašovec, B. Castagneyrol // Zenodo. 2021. 37 p. URL: <http://doi.org/10.5281/zenodo.4898795>.

22. *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera, Tingidae) in its invasive range in Europe: perception, knowledge and willingness to act in foresters and citizens / F. Bălăcenoiu, A. Japelj, I. Bernardinelli, B. Castagneyrol, G. Csóka, M. Glavendekić, G. Hoch, B. Hrašovec, S.K. Ostoić, M. Paulin, D. Williams, J. Witters, M. de Groot // NeoBiota. 2021a. Vol. 69. P. 133–153. URL: <https://doi.org/10.3897/neobiota.69.71851>.

23. Efficacy of some insecticides for control of oak lace bug (*Corythucha arcuata* Say) / M. Drekić, L. Poljaković-Pajnik, M. Milović, B. Kovačević, A. Pilipović, P. Pap // Topola/Poplar. 2021. № 208. P. 21–26. URL: <https://doi.org/10.5937/topola2108021D>.

24. First documented outbreak and new data on the distribution of *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) in Russia / V.V. Neimorovets, V.I. Shchurov, A.S. Bondarenko, M.M. Skvortsov, F.V. Konstantinov // Acta Zool. Bulgarica. 2017. Suppl. Vol. 9. P. 139–142.

25. First Record of *Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera: Tingidae) on the Balkan Peninsula / M. Dobreva, N. Simov, G. Georgiev, P. Mirchev, M. Georgieva // Acta zool. bulg. 2013. Vol. 65. № 3. P. 409–412.

26. Identification of Entomopathogenic Fungi as Naturally Occurring Enemies of the Invasive Oak Lace Bug, *Corythucha arcuata* (Say) (Hemiptera: Tingidae) / M. Kovač, M. Gorczak, M. Wrzosek, C. Tkaczuk, M. Pernek // Insects. 2020. Vol. 11. № 10. 679 p. URL: <https://doi.org/10.3390/insects11100679>.

16. Bernardinelli I. Potential host plants of *Corythucha arcuata* (Het., Tingidae) in Europe: a laboratory study // Journal of Applied Entomology. 2006. Vol. 130. № 9–10. P. 480–484. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2006.01098.x>.

17. Chemical control of *Corythucha arcuata* (Say, 1832), an invasive alien species, in oak forests / F. Bălăcenoiu, C. Nețoiu, R. Tomescu, D.C. Simon, A. Buzatu, D. Toma, I.C. Petrișan // Forests, 2021b. Vol. 12. № 6. 770 p. URL: <https://doi.org/10.3390/f12060770>.

18. Chireceanu C., Teodoru A., Chiriloaie A. New Records of the Oak Lace Bug *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) in Southern Romania // Acta zool. bulg. 2017. Suppl. Vol. 9. P. 297–299.

19. Connell W.A., Beacher J.H. Life history and control of the oak lace bug // Bulletin of the University of Delaware Agricultural Experiment Station. 1947. Vol. 265. 28 p.

20. Connor E.F. Plant water deficits and insect responses: the preference of *Corythucha arcuata* (Heteroptera: Tingidae) for the foliage of white oak, *Quercus alba* // Ecological Entomology. 1988. 13. P. 375–381.

21. *Corythucha arcuata* (Heteroptera, Tingidae): Evaluation of the pest status in Europe and development of survey, control and management strategies (OLBIE) / D. Williams, G. Hocht, G. Csóka, M. de Groot, K. Hradil, C. Chireceanu, B. Hrašovec, B. Castagneyrol // Zenodo. 2021. 37 p. URL: <http://doi.org/10.5281/zenodo.4898795>.

22. *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera, Tingidae) in its invasive range in Europe: perception, knowledge and willingness to act in foresters and citizens / F. Bălăcenoiu, A. Japelj, I. Bernardinelli, B. Castagneyrol, G. Csóka, M. Glavendekić, G. Hoch, B. Hrašovec, S.K. Ostoić, M. Paulin, D. Williams, J. Witters, M. de Groot // NeoBiota. 2021a. Vol. 69. P. 133–153. URL: <https://doi.org/10.3897/neobiota.69.71851>.

23. Efficacy of some insecticides for control of oak lace bug (*Corythucha arcuata* Say) / M. Drekić, L. Poljaković-Pajnik, M. Milović, B. Kovačević, A. Pilipović, P. Pap // Topola/Poplar. 2021. № 208. P. 21–26. URL: <https://doi.org/10.5937/topola2108021D>.

24. First documented outbreak and new data on the distribution of *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) in Russia / V.V. Neimorovets, V.I. Shchurov, A.S. Bondarenko, M.M. Skvortsov, F.V. Konstantinov // Acta Zool. Bulgarica. 2017. Suppl. Vol. 9. P. 139–142.

25. First Record of *Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera: Tingidae) on the Balkan Peninsula / M. Dobreva, N. Simov, G. Georgiev, P. Mirchev, M. Georgieva // Acta zool. bulg. 2013. Vol. 65. № 3. P. 409–412.

26. Identification of Entomopathogenic Fungi as Naturally Occurring Enemies of the Invasive Oak Lace Bug, *Corythucha arcuata* (Say) (Hemiptera: Tingidae) / M. Kovač, M. Gorczak, M. Wrzosek, C. Tkaczuk, M. Pernek // Insects. 2020. Vol. 11. № 10. 679 p. URL: <https://doi.org/10.3390/insects11100679>.

27. Invasive Insect Pests of Forests and Urban Trees in Russia: Origin, Pathways, Damage, and Management / D.L. Musolin, N.I. Kirichenko, N.N. Karpun, E.V. Aksenenko, V.B. Golub, I.A. Kerchev,

27. Invasive Insect Pests of Forests and Urban Trees in Russia: Origin, Pathways, Damage, and Management / D.L. Musolin, N.I. Kirichenko, N.N. Karpun, E.V. Aksenenko, V.B. Golub, I.A. Kerchev, M.Y. Mandelshtam, R. Vasaitis, M.G. Volkovitch, E.N. Zhuravleva, A.V. Selikhovkin // *Forests*. 2022. Vol. 13. № 2. 521 p. URL: <https://doi.org/10.3390/f13040521>.
28. Known and predicted impacts of the invasive oak lace bug (*Corythucha arcuata*) in European oak ecosystems – a review / M. Paulin, A. Hirka, C.B. Eötvös, C. Gáspár, Á. Fürjes-Mikó, G. Csóka // *Folia Oecologica*. 2020. Vol. 47. № 2. P. 131–139. URL: <https://doi.org/10.2478/foecol-2020-0015>.
29. Küçükbasmacı I. Two new invasive species recorded in Kastamonu (Turkey): Oak lace bug [*Corythucha arcuata* (Say, 1832)] and sycamore lace bug [*Corythucha ciliata* (Say, 1832)] (Heteroptera: Tingidae) // *Journal of Entomology and Nematology*. 2014. Vol. 6 (8). P. 104–111. URL: <https://doi.org/10.5897/JEN2014.0102>.
30. Natural infestation of entomopathogenic fungus *Beauveria pseudobassiana* on overwintering *Corythucha arcuata* (Say) (Hemiptera: Tingidae) and its efficacy under laboratory conditions / M. Kovač, A. Linde, N. Lackovič, F. Bollmann, M. Pernek // *Forest Ecology and Management*. 2021. Vol. 491. P. 119–193. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119193>.
31. Puttler B., Bailey W.C., Triapitsyn S.V. Notes on distribution, host associations, and bionomics of *Erythemelus klopomor* Triapitsyn (Hymenoptera, Mymaridae), an egg parasitoid of lace bugs in Missouri, USA, with particular reference to its primary host *Corythucha arcuata* (Say) (Hemiptera, Tingidae) // *Journal of Entomological and Acarological Research*. 2014. Vol. 46: 1857. P. 30–34. URL: <https://doi.org/10.4081/jea.2014.1857>.
32. Sönmez E., Demirbağ Z., Demir I. Pathogenicity of selected entomopathogenic fungal isolates against the oak lace bug, *Corythucha arcuata* Say (Hemiptera: Tingidae), under controlled conditions // *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2016. № 40. P. 715–722. URL: <https://doi.org/10.3906/tar-1412-10>.
33. Sotirovski K., Srebrova K., Nacheski S. First records of the oak lace bug *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) in North Macedonia // *Ljubljana, Acta entomologica slovenica*. 2019. Vol. 27. № 2. P. 91–98.
34. Spread and potential host range of the invasive oak lace bug [*Corythucha arcuata* (Say, 1832) – Heteroptera: Tingidae] in Eurasia / G. Csóka, A. Hirka, S. Mutun, M. Glavendekić, Á. Mikó, L. Szócs, M. Paulin, C.B. Eötvös, C. Gáspár, M. Csepelényi, Á. Szénási, M. Franjević, Y. Gninenko, M. Dautbašić, O. Muzejnović, M. Zúbrik, C. Netoiu, A. Buzatu, F. Bălăcenoiu, M. Jurc, D. Jurc, I. Bernardinelli, J.-C. Streito, D. Avtziš, B. Hrašovec // *The Royal Entomological Society, Agricultural and Forest Entomology*. 2019. P. 1–14. URL: <https://doi.org/10.1111/afe.12362>.
35. Zielińska A., Lis B. Ocena możliwości potencjalnej ekspansji prześwietlika dębowego *Corythucha arcuata* (Say, 1832), inwazyjnego gatunku z rodziny Tingidae (Hemiptera: Heteroptera), na tereny Polski // *Opole, Heteroptera Poloniae – Acta Faunistica*. 2020. Vol. 14. P. 175–180.
36. Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза. Решение Совета ЕАЭС № 158 от 30 ноября 2016 г., M.Y. Mandelshtam, R. Vasaitis, M.G. Volkovitch, E.N. Zhuravleva, A.V. Selikhovkin // *Forests*. 2022. Vol. 13. № 2. 521 p. URL: <https://doi.org/10.3390/f13040521>.
28. Known and predicted impacts of the invasive oak lace bug (*Corythucha arcuata*) in European oak ecosystems – a review / M. Paulin, A. Hirka, C.B. Eötvös, C. Gáspár, Á. Fürjes-Mikó, G. Csóka // *Folia Oecologica*. 2020. Vol. 47. № 2. P. 131–139. URL: <https://doi.org/10.2478/foecol-2020-0015>.
29. Küçükbasmacı I. Two new invasive species recorded in Kastamonu (Turkey): Oak lace bug [*Corythucha arcuata* (Say, 1832)] and sycamore lace bug [*Corythucha ciliata* (Say, 1832)] (Heteroptera: Tingidae) // *Journal of Entomology and Nematology*. 2014. Vol. 6 (8). P. 104–111. URL: <https://doi.org/10.5897/JEN2014.0102>.
30. Natural infestation of entomopathogenic fungus *Beauveria pseudobassiana* on overwintering *Corythucha arcuata* (Say) (Hemiptera: Tingidae) and its efficacy under laboratory conditions / M. Kovač, A. Linde, N. Lackovič, F. Bollmann, M. Pernek // *Forest Ecology and Management*. 2021. Vol. 491. P. 119–193. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119193>.
31. Puttler B., Bailey W.C., Triapitsyn S.V. Notes on distribution, host associations, and bionomics of *Erythemelus klopomor* Triapitsyn (Hymenoptera, Mymaridae), an egg parasitoid of lace bugs in Missouri, USA, with particular reference to its primary host *Corythucha arcuata* (Say) (Hemiptera, Tingidae) // *Journal of Entomological and Acarological Research*. 2014. Vol. 46: 1857. P. 30–34. URL: <https://doi.org/10.4081/jea.2014.1857>.
32. Sönmez E., Demirbağ Z., Demir I. Pathogenicity of selected entomopathogenic fungal isolates against the oak lace bug, *Corythucha arcuata* Say (Hemiptera: Tingidae), under controlled conditions // *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2016. № 40. P. 715–722. URL: <https://doi.org/10.3906/tar-1412-10>.
33. Sotirovski K., Srebrova K., Nacheski S. First records of the oak lace bug *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) in North Macedonia // *Ljubljana, Acta entomologica slovenica*. 2019. Vol. 27. № 2. P. 91–98.
34. Spread and potential host range of the invasive oak lace bug [*Corythucha arcuata* (Say, 1832) – Heteroptera: Tingidae] in Eurasia / G. Csóka, A. Hirka, S. Mutun, M. Glavendekić, Á. Mikó, L. Szócs, M. Paulin, C.B. Eötvös, C. Gáspár, M. Csepelényi, Á. Szénási, M. Franjević, Y. Gninenko, M. Dautbašić, O. Muzejnović, M. Zúbrik, C. Netoiu, A. Buzatu, F. Bălăcenoiu, M. Jurc, D. Jurc, I. Bernardinelli, J.-C. Streito, D. Avtziš, B. Hrašovec // *The Royal Entomological Society, Agricultural and Forest Entomology*. 2019. P. 1–14. URL: <https://doi.org/10.1111/afe.12362>.
35. Zielińska A., Lis B. Ocena możliwości potencjalnej ekspansji prześwietlika dębowego *Corythucha arcuata* (Say, 1832), inwazyjnego gatunku z rodziny Tingidae (Hemiptera: Heteroptera), na tereny Polski // *Opole, Heteroptera Poloniae – Acta Faunistica*. 2020. Vol. 14. P. 175–180.
36. Common list of Quarantine Pests of the Eurasian Economic Union. Decision of the Council of the EAEU № 158 of November 30, 2016, as amended on

с изменениями от 25 января 2022 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.vniikr.ru/dokumenty/epko-eaes/> (дата обращения: 20.02.2023).

37. EPPO Global Database. Distribution, last updated 2021-11-04 [Электронный ресурс]. – URL: <https://gd.eppo.int/taxon/CRTHAR/distribution> (дата обращения: 20.02.2023).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кулинич Олег Андреевич, доктор биологических наук, начальник отдела лесного карантина ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; *ORCID 0000-0002-7531-4982*, *e-mail: okulinich@mail.ru*.

Ряскин Дмитрий Иванович, младший научный сотрудник научно-методического отдела Воронежского филиала ФГБУ «ВНИИКР», г. Воронеж, Воронежская обл., Россия; *ORCID 0000-0003-0950-1349*, *e-mail: ryaskin.dmitry@yandex.ru*.

Гниненко Юрий Иванович, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией защиты леса от инвазивных и карантинных организмов ФБУ «ВНИИЛМ», г. Пушкино, Московская обл., Россия; *ORCID 0000-0002-2815-3362*, *e-mail: gninenko-yuri@mail.ru*.

Акопянец Александр Александрович, директор филиала ФБУ «Российский центр защиты леса» «Центр защиты леса Республики Адыгея», г. Майкоп, Республика Адыгея, Россия; *e-mail: czl101@rcfh.ru*.

Арбузова Елена Николаевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела лесного карантина ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; *ORCID 0000-0002-0547-2547*, *e-mail: pazhitnovaeeee@mail.ru*.

Чернова Ульяна Александровна, младший научный сотрудник центра приоритетных биотехнологий в защите леса, ФБУ «ВНИИЛМ», г. Пушкино, Московская обл., Россия; *e-mail: uliana_vasilieva@mail.ru*.

Налепин Владимир Петрович, ассистент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия; *e-mail: vnalepin@gmail.com*.

January 25, 2022 [Electronic resource]. – URL: <https://www.vniikr.ru/dokumenty/epko-eaes/> (last accessed: 20.02.2023).

37. EPPO Global Database. Distribution, last updated 2021-11-04 [Electronic resource]. – URL: <https://gd.eppo.int/taxon/CRTHAR/distribution> (last accessed: 20.02.2023).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Oleg Kulinich, Advanced Doctor of Biology, Head of Forest Quarantine Department, FGBU “VNIKCR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *ORCID 0000-0002-7531-4982*, *e-mail: okulinich@mail.ru*.

Dmitry Ryaskin, Junior Researcher of Scientific and Methodological Department, Voronezh Branch of FGBU “VNIKCR”, Voronezh, Russia; *ORCID 0000-0003-0950-1349*, *e-mail: ryaskin.dmitry@yandex.ru*.

Yuri Gninenko, PhD in Biology, Head of the Laboratory for Forest Protection from Invasive and Quarantine Organisms, VNIILM, Pushkino, Moscow Oblast, Russia; *ORCID 0000-0002-2815-3362*, *e-mail: gninenko-yuri@mail.ru*.

Aleksandr Akopyants, Branch Director of Center of Forest Health of the Republic of Adygea, Maykop, Republic of Adygea, Russia; *e-mail: czl101@rcfh.ru*.

Elena Arbuzova, PhD in Biology, Senior Researcher of Forest Quarantine Department, FGBU “VNIKCR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *ORCID 0000-0002-0547-2547*, *e-mail: pazhitnovaeeee@mail.ru*.

Ulyana Chernova, Junior Researcher, Center for Priority Biotechnologies in Forest Protection, FGU “VNIILM”, Pushkino, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: uliana_vasilieva@mail.ru*.

Vladimir Nalepin, Assistant of the Department of Agricultural Land Reclamation, Forestry and Land Management, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia; *e-mail: vnalepin@gmail.com*.

Диагностика стеблевой нематоды картофеля *Ditylenchus destructor* в фитосанитарной практике

* СУДАРИКОВА С.В.¹, ХУДЯКОВА Е.А.², ЛИМАНЦЕВА Л.А.³

^{1,2} ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия, 140150

³ Центр паразитологии Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук (ИПЭЭ РАН), г. Москва, Россия, 119071

¹ e-mail: sudarikovah@mail.ru

² e-mail: fer59@mail.ru

³ e-mail: lutik47@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Среди более чем 90 видов нематод рода *Ditylenchus* стеблевая нематода лука *Ditylenchus dipsaci* (Kühn, 1857) Filipjev, 1936 и стеблевая нематода картофеля *Ditylenchus destructor* Thorne, 1945 имеют важное экономическое значение для сельскохозяйственных культур. Эти нематоды являются мигрирующими эндопаразитами и полифагами. Наиболее распространены и вредоносны для культуры картофеля на территории нашей страны вид *D. destructor*, который имеет карантинный статус для ряда стран – импортеров российской продукции. Поэтому быстрая и точная его диагностика имеет большое значение для фитосанитарной практики. В международных и региональных диагностических протоколах основное внимание уделяется стеблевой нематоде лука *D. dipsaci*, а для идентификации *D. destructor* представлены достаточно трудоемкие для лабораторий тесты. С целью оптимизации диагностики стеблевой нематоды картофеля *D. destructor* был выбран метод классической полимеразной цепной реакции, предложенный польскими учеными – Arnika Jeszke с соавторами (Jeszke et al., 2013), с универсальным и видоспецифическим праймерами DITuniF/DITdesR, разработанными к участку внутреннего транскрибируемого спейсера 1 (ITS1) и 5.8S рДНК. Тест был апробирован с отечественными коммерческими наборами для выделения ДНК и амплификации, также оптимизирован состав рабочей смеси для получения лучшего результата при работе с этими наборами. В процессе апробации протестированы отечественные картофельные популяции *D. destructor* различного географического происхождения, установлена их принадлежность к гаплотипу E. Успешно проведена оценка применимости теста. Он рекомендован для проведения исследований в отечественных диагностических лабораториях в области фитосанитарии и карантина растений.

Diagnosis of potato root nematode *Ditylenchus destructor* in phytosanitary practice

* STELLA V. SUDARIKOVA¹, ELENA A. KHUDYAKOVA², LYUDMILA A. LIMANTSEVA³

^{1,2} FGBU “All-Russian Plant Quarantine Center” (FGBU “VNIIKR”), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150

³ Center of Parasitology of the A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences (IEE RAS), Moscow, Russia, 119071

¹ e-mail: sudarikovah@mail.ru

² e-mail: fer59@mail.ru

³ e-mail: lutik47@yandex.ru

ABSTRACT

Among over 90 nematode species of the genus *Ditylenchus*, *Ditylenchus dipsaci* (Kühn, 1857) Filipjev, 1936 and *Ditylenchus destructor* Thorne, 1945 are of great economic importance for agricultural crops. These nematodes are migratory endoparasites and polyphages. The species *D. destructor* is most common and harmful for potato culture in Russia, which has a quarantine status for some countries importing Russian products. Therefore, its rapid and accurate diagnosis is of great importance for phytosanitary practice. International and regional diagnostic protocols focus on *D. dipsaci*, and for the identification of *D. destructor*, quite sophisticated tests for laboratories are presented. In order to optimize the diagnosis of *D. destructor*, the classical polymerase chain reaction method was chosen, proposed by Polish scientists – Arnika Jeszke with co-authors (Jeszke et al., 2013), with universal and species-specific DITuniF/DITdesR primers designed for the region of internal transcribed spacer 1 (ITS1) and 5.8S rDNA. The test was verified with Russian commercial kits for DNA extraction and amplification, and the composition of the working mixture was also optimized to obtain the best result when working with these kits. In the verification process, Russian potato populations of *D. destructor* of various geographic origins were tested, and their belonging to the E haplotype was established. The applicability of the test was assessed successfully. It is recommended for research in Russian diagnostic laboratories for phytosanitary and plant quarantine.

Ключевые слова. Фитосанитария, молекулярно-генетические методы, ПЦР, ПДРФ, ITS, гаплотип.

ВВЕДЕНИЕ

Стеблевые нематоды картофеля *Ditylenchus destructor* Thorne и лука *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev наносят большой ущерб урожаю картофеля, лука, чеснока и многим другим видам сельскохозяйственных и декоративных культур (Анисимов и др., 2009; Буторина и др., 2006; Ефременко, Бурштейн, 1972; Зиновьева и др., 2012). В настоящее время идентификация этих видов имеет значение в основном для экспортируемой продукции или семенного и посадочного материала внутри страны. Идентификация морфологическим методом достаточно надежна, но возможна только у взрослых особей, так как строение половых структур является основным диагностическим признаком. Молекулярно-генетические методы дают возможность идентификации и по личиночным стадиям (Subbotin et al., 2005). В международных диагностических протоколах основное внимание уделяется стеблевой нематоде лука *D. dipsaci*, для которой описано 6 молекулярно-генетических методов (полимеразная цепная реакция (ПЦР), полимеразная цепная реакция с анализом полиморфизма длин рестриционных фрагментов (ПЦР-ПДРФ)) (МСФМ 27 ДП 8, 2015; РМ 7/87 (2), 2017). В то же время для молекулярной диагностики *D. destructor* рекомендуется ПЦР-ПДРФ или секвенирование внутреннего транскрибируемого спейсера – ITS-участка гена рДНК (Subbotin et al., 2005; Wendt et al., 1993). Метод ПЦР-ПДРФ достаточно трудоемкий, требует наличия полного набора ферментов, рекомендуемых авторами метода, в противном случае трудно с уверенностью идентифицировать вид *D. destructor*, характеризующийся внутривидовой вариабельностью, связанной с изменчивой длиной последовательности ITS1.

В настоящее время известно 7 гаплотипов *D. destructor* (от А до G), которые отличаются по длине и по нуклеотидному составу региона ITS1 (Jeszke et al., 2013). Наиболее подходящим для применения в диагностических лабораториях представляется метод классической ПЦР, предложенный польскими учеными – Arnika Jeszke с соавторами (Jeszke et al., 2013). Ими разработан набор праймеров: 1 универсальный DITuniF к участку 18S рДНК и 2 специфических праймера к участкам ITS1 и 5.8S рДНК – DITdesR для *D. destructor* и DITdipR для *D. dipsaci*. Этот метод был апробирован на популяции *D. destructor* из Московской области и показал положительные результаты (Mahmoudi et al., 2019). Ожидаемые размеры ампликонов для *D. destructor* (в зависимости от гаплотипа): 152–340 пар нуклеотидов (п. н.), для *D. dipsaci* – 148 п. н. Молекулярные маркеры, использованные авторами предложенного метода, позволяют определить все популяции

Key words. Phytosanitary, molecular genetic methods, PCR, RFLP, ITS, haplotype.

INTRODUCTION

D*itylenchus destructor* Thorne and *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev cause great damage to the crop of potatoes, onions, garlic and many other agricultural and ornamental crops (Anisimov et al., 2009; Butorina et al., 2006; Efremenko, Burshtein, 1972; Zinovieva et al., 2012). At present, the identification of these species is important mainly for exported products or seeds and planting material within the country. Identification by the morphological method is quite reliable, but is possible only in adults, since the reproductive structures are the main diagnostic feature. Molecular genetic methods make it possible to identify by larval stages (Subbotin et al., 2005). International diagnostic protocols focus on *D. dipsaci*, for which 6 molecular genetic methods are described (polymerase chain reaction (PCR), polymerase chain reaction with restriction fragment length polymorphism analysis (PCR-RFLP)) (ISPM 27 DP 8, 2015; RM 7/87 (2), 2017). At the same time, for molecular diagnosis of *D. destructor*, PCR-RFLP or sequencing of the internal transcribed spacer, the ITS region of the rDNA gene, is recommended (Subbotin et al., 2005; Wendt et al., 1993). The PCR-RFLP method is quite laborious, since it requires the full set of enzymes recommended by the authors of the method, otherwise it is difficult to identify with certainty the *D. destructor* species, which is characterized by intraspecific variability associated with the variable length of the ITS1 sequence.

Currently, 7 haplotypes of *D. destructor* are known (from A to G), which differ in length and nucleotide composition of the ITS1 region (Jeszke et al., 2013). The most suitable for use in diagnostic laboratories is the classical PCR method proposed by the Polish scientists – Arnika Jeszke et al. (Jeszke et al., 2013). They developed a set of primers: 1 universal DITuniF to the 18S rDNA region and 2 specific primers to the ITS1 and 5.8S rDNA regions – DITdesR for *D. destructor* and DITdipR for *D. dipsaci*. This method was tested on a *D. destructor* population from Moscow Oblast and showed positive results (Mahmoudi et al., 2019). Expected amplicon sizes for *D. destructor* (depending on haplotype) are 152–340 bp, for *D. dipsaci* – 148 bp. Molecular markers used by the authors of the proposed method make it possible to identify all *D. dipsaci* populations and all *D. destructor* haplotypes, deposited in the GenBank database. It should be noted that in the laboratory diagnosis of nematodes, the availability of the method, its reliability and the time of the study are important. Therefore, the PCR method with specific primers seems to be the most suitable.

The aim of this work was to optimize the molecular genetic diagnosis of *D. destructor*, to select an appropriate method for its use in phytosanitary practice.

D. dipsaci и все гаплотипы *D. destructor*, депонированные в базу данных GenBank. Надо отметить, что в лабораторной диагностике нематод важна доступность метода, его достоверность и время проведения исследования. Поэтому самым оптимальным представляется метод ПЦР со специфическими праймерами.

Целью настоящей работы являлась оптимизация молекулярно-генетической диагностики стеблевой нематоды картофеля *D. destructor*, подбор подходящего метода для его применения в фитосанитарной практике.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Были проанализированы особи из 11 популяций стеблевой нематоды *D. destructor*, выделенные из картофеля происхождением из Московской, Рязанской, Тульской и Орловской областей.

Подготовлены образцы ДНК *D. destructor* (целевой объект) из шести особей на образец и образцы ДНК трех других видов нематод – *Meloidogyne hapla* и *Rhabditidae* sp., выделенных из клубней и корней картофеля, и *Ditylenchus dipsaci* из земляники (нецелевые объекты). Выделение ДНК проведено набором «ДНК-Экстран-2» (ООО «Синтол», Россия). Инструкция производителя модифицирована путем уменьшения в 2 раза объема реактивов без изменения результата выделения. Оптимизировали состав рабочих смесей для амплификации с применением отечественного коммерческого набора «5x ScreenMix» (ЗАО «Евроген», Россия), увеличен общий объем рабочей смеси до 25 мкл, для анализа брали 2 мкл ДНК и по 1 мкл каждого праймера.

Для проведения ПЦР-ПДРФ по Wendt et al. (1993) использовали следующие универсальные праймеры к региону ITS рДНК:

18S: 5'-TTG ATT ACG TCC CTG CCC TTT-3';
26S: 5'-TTT CAC TCG CCG TTA CTA AGG-3'.

Условия амплификации: начальный шаг – 1,5 мин при 96 °С, 30 сек при 50 °С и 4 мин при 72 °С; 40 циклов по 45 сек при 96 °С, 30 сек при 50 °С и 4 мин при 72 °С; и последний шаг – 45 сек при 96 °С, 30 сек при 50 °С и 10 мин при 72 °С.

Размеры ампликонов составляют 1200 п. н. для *D. destructor* и 900 п. н. для *D. dipsaci*. Рестрикция фрагментов проведена одним из ферментов, рекомендуемым авторами метода, – TaqI и ферментом Tru1I. Для рестриктазы TaqI ожидаемые показатели ампликонов: 640, 200, 150 п. н. Состав рабочей смеси: 5x ScreenMix – 5 мкл, ДНК – 2 мкл, 2 праймера – по 1 мкл, H₂O – 16 мкл.

Для проведения теста классической ПЦР по A. Jeszke et al. (2013) использовали праймеры:

DITuniF CTGTAGGTGAACCTGC (универсальный);
DITdesR GTTTTTTCGCCACAAATTAGC (специфический к *D. destructor*).

Условия амплификации: денатурация – 3 мин при 95 °С; 35 циклов – 30 сек при 95 °С, 30 сек при 63,5 °С и 30 сек при 72 °С; финальная элонгация – 5 мин при 72 °С. Ожидаемые размеры ампликонов для *D. destructor* (в зависимости от гаплотипа): 152–340 п. н.

Состав рабочей смеси: 5x ScreenMix – 5 мкл, ДНК – 2 мкл, 2 праймера – по 1 мкл, H₂O – 16 мкл.

В качестве положительного контроля использовали очищенную и подтвержденную

MATERIALS AND METHODS

Individuals from 11 *D. destructor* populations isolated from potatoes originating from Moscow Oblast, Ryazan Oblast, Tula Oblast and Oryol Oblast were analyzed.

DNA samples of *D. destructor* (target object) were prepared from six individuals per sample and DNA samples from three other nematode species – *Meloidogyne hapla* and *Rhabditidae* sp., isolated from potato tubers and roots, and *Ditylenchus dipsaci* from wild strawberries (non-target objects). DNA extraction was carried out using the DNA-Extran-2 kit (Syntol, Russia). The manufacturer's instructions have been modified by reducing the volume of reagents by a factor of 2 without changing the isolation result. The composition of working mixtures for amplification was optimized using the Russian commercial kit "5x ScreenMix" (Eurogen, Russia), the total volume of the working mixture was increased to 25 µl, 2 µl of DNA and 1 µl of each primer were taken for analysis.

For PCR-RFLP according to Wendt et al. (1993) the following universal primers for the ITS region of rDNA were used:

18S: 5'-TTG ATT ACG TCC CTG CCC TTT-3';
26S: 5'-TTT CAC TCG CCG TTA CTA AGG-3'.

Amplification conditions: initial step – 1.5 min at 96 °C, 30 sec at 50 °C and 4 min at 72 °C; 40 cycles of 45 sec at 96 °C, 30 sec at 50 °C and 4 min at 72 °C; and the last step is 45 sec at 96 °C, 30 sec at 50 °C and 10 min at 72 °C.

The amplicons are 1200 bp for *D. destructor* and 900 bp for *D. dipsaci*. Fragment restriction was carried out by one of the enzymes recommended by the authors of the method, TaqI and Tru1I. For restrictase TaqI expected amplicons: 640, 200, 150 bp. Composition of the working mixture: 5x ScreenMix – 5 µl, DNA – 2 µl, 2 primers – 1 µl each, H₂O – 16 µl.

For the classical PCR test according to A. Jeszke et al. (2013) primers were used:

DITuniF CTGTAGGTGAACCTGC (universal);
DITdesR GTTTTTTCGCCACAAATTAGC (specific to *D. destructor*).

Amplification conditions: denaturation – 3 min at 95 °C; 35 cycles – 30 sec at 95 °C, 30 sec at 63.5 °C and 30 sec at 72 °C; final elongation – 5 min at 72 °C. Expected amplicon sizes for *D. destructor* (depending on haplotype): 152–340 bp.

Composition of the working mixture: 5x ScreenMix – 5 µl, DNA – 2 µl, 2 primers – 1 µl each, H₂O – 16 µl.

Purified and confirmed by sequencing *D. destructor* DNA was used as a positive control from the laboratory collection, while as a negative control – it was deionized water. Amplification was carried out on a CFX96 thermal cycler (Bio-Rad, USA).

RESULTS AND DISCUSSION

The isolated nematodes being *D. destructor* was confirmed by the morphological method. The morphometric parameters of the studied nematodes (males and females) corresponded to those of *D. destructor* (see Fig. 1). The body length of adults is from 995 to 1610 µm (n = 10); body width – from 27 to 45 µm; stylet length – from 10 to 13.8 µm; tail length – from 65 to

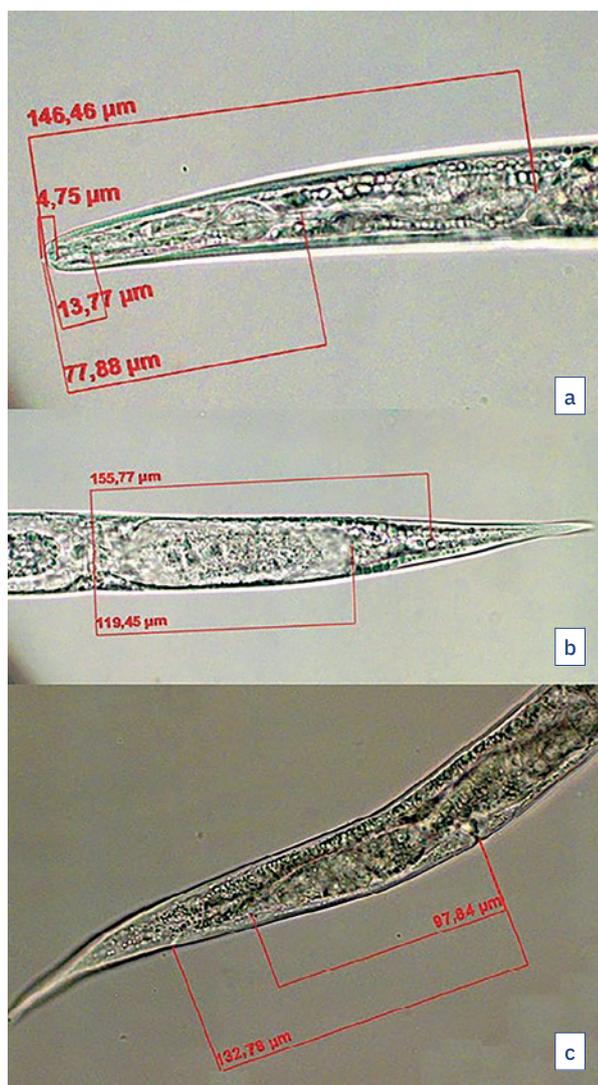


Рис. 1. Основные морфометрические признаки нематод вида *D. destructor* на примере популяции, поддерживаемой в культуре лаборатории гельминтологии ИЛЦ* ФГБУ «ВНИИКР»: а – головной конец взрослой особи *D. destructor*; б – хвостовой конец самки, вентральная сторона; в – хвостовой конец самки, боковая проекция (фото С.В. Судариковой)

Fig. 1. The main morphometric features of *D. destructor* nematode on the example of a population maintained in the culture of the Helminthology Laboratory of Testing Laboratory Center, FGBU “VNIICR”: а – the head end of an adult *D. destructor*; б – the tail end of the female, ventral side; в – the tail end of the female, lateral projection (photo by S.V. Sudarikova)

секвенированием ДНК *D. destructor* из коллекции лаборатории, в качестве отрицательного контроля – деионизированную воду. Амплификацию проводили на термоциклере CFX96 (Bio-Rad, США).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Принадлежность выделенных нематод к виду *D. destructor* подтверждена морфологическим методом. Морфометрические параметры исследуемых нематод (самцов и самок) соответствовали *D. destructor* (см. рис. 1). Длина тела взрослых особей – от 995 до 1610 мкм (n = 10); ширина тела – от 27 до 45 мкм; длина стилета – от 10 до 13,8 мкм; длина

81 μm; average values: a = 36; b = 6.5; c = 17. The esophageal glands overlap the intestines from the dorsal side. Males have a bursa that does not reach the tail apex. In females, the posterior uterus is more than half the length of the distance “vulva – anus”.

As a result of PCR-RFLP with the target species using universal primers according to Wendt et al. a 1200 bp fragment was obtained. The fragment was sequenced, and its belonging to the *D. destructor* species was confirmed using the GenBank database (Mahmoudi et al., 2019). As a result of its restriction with the TaqI enzyme recommended by the authors, fragments of 550, 190, and 95 bp were obtained instead of the expected 640, 200 and 150 bp (see Fig. 2). This difference is likely due to intraspecific variation in *D. destructor*. Restriction with the Tru1I enzyme resulted in the formation of 2 fragments 500 and 300 bp in length.

The method is quite laborious, requires additional testing on *D. destructor* populations in Russia, and is currently not recommended as the main one in a diagnostic laboratory. However, this analysis is promising for studying the intraspecific polymorphism of the species.

As a result of PCR with DITuniF/DITdesR primers, a 209 bp fragment was amplified for *D. destructor* DNA samples from all studied populations, which corresponds to haplotype E (see Fig. 3.) (Jeszke et al., 2013).

When studying non-target species by PCR with these primers, no amplification was observed. The applicability of this method was assessed: sensitivity – 1 individual of the nematode, DNA was detected even when the stock solution was diluted 1 : 100. Specificity and repeatability were 100%.

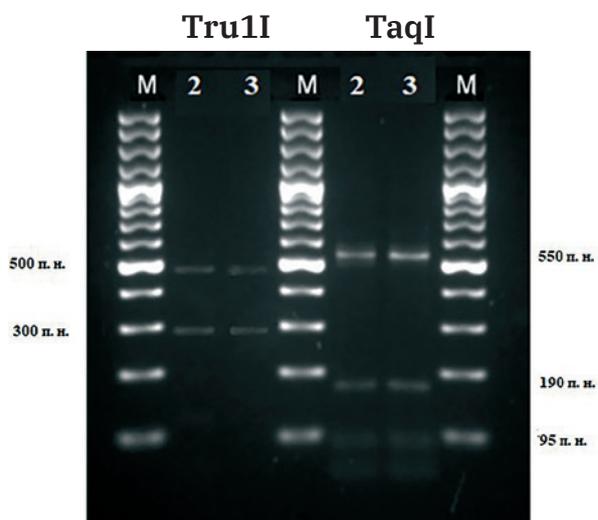


Рис. 2. Результаты электрофореза фрагментов рестрикции ампликона, полученного с помощью пары универсальных праймеров 18S/26S ферментами TaqI и Tru1I: образцы 2, 3 – популяции *D. destructor* из Московской области; М – маркер молекулярного веса 100–3000 п. н. (GeneRuler 100 bp Plus DNA Ladder)

Fig. 2. The electrophoresis results of the restriction amplicon fragments obtained using a pair of universal primers 18S/26S with TaqI and Tru1I enzymes: samples 2, 3 – populations of *D. destructor* from Moscow Oblast; М – 100–3000 bp molecular weight marker (GeneRuler 100 bp Plus DNA Ladder)

* Испытательный лабораторный центр ФГБУ «ВНИИКР».

хвоста – от 65 до 81 мкм; средние значения: a = 36; b = 6,5; c = 17. Пищеводные железы налегают на кишечник с дорсальной стороны. У самцов присутствует бурса, не достигает кончика хвоста. У самок задняя матка больше половины длины расстояния «вульва – анус».

В результате проведения ПЦР-ПДРФ с целевым видом с использованием универсальных праймеров по Wendt et al. получен фрагмент 1200 п. н. Фрагмент секвенирован, подтверждена его принадлежность к виду *D. destructor* с использованием базы данных GenBank (Mahmoudi et al., 2019). В результате его рестрикции, проведенной рекомендуемым авторами ферментом TaqI, получены фрагменты размеров 550, 190 и 95 п. н. вместо ожидаемых 640, 200 и 150 п. н. (см. рис. 2). Вероятно, эта разница связана с внутривидовыми вариациями *D. destructor*. При рестрикции ферментом Tru1I образовались 2 фрагмента длиной 500 и 300 п. н.

Метод достаточно трудоемок, требует дополнительной отработки на отечественных популяциях *D. destructor* и в настоящее время не рекомендуется в качестве основного в диагностической лаборатории. Однако, этот анализ перспективен для изучения внутривидового полиморфизма вида.

В результате ПЦР с праймерами DITuniF/DITdesR для образцов ДНК *D. destructor* всех исследуемых популяций амплифицирован фрагмент размером 209 п. н., что соответствует гаплотипу E (см. рис. 3) (Jeszke et al., 2013).

При исследовании нецелевых видов методом ПЦР с этими праймерами амплификации не прошло. Проведена оценка применимости данного метода: чувствительность – 1 особь нематоды, ДНК выявлялась даже при разведении исходного раствора 1 : 100. Специфичность и повторяемость составили 100%.

Следует отметить, что при проведении дуплексной ПЦР с праймерами DITuniF/DITdesR/DITdipR возможна амплификация очень близких по размеру фрагментов для *D. dipsaci* и гаплотипа A *D. destructor* – 148 и 152 п. н., что не дает возможность дифференцировать исследуемые виды без последующего секвенирования, которое повышает трудоемкость метода. Рекомендуется проводить ПЦР отдельно с парами праймеров DITuniF/DITdesR и DITuniF/DITdipR для идентификации этих двух видов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для проанализированных отечественных популяций *Ditylenchus destructor* определена принадлежность к гаплотипу E. Определен размер фрагментов при применении ПЦР-ПДРФ по Wendt et al. (1993) для данного гаплотипа E: для фермента TaqI – 550, 190 и 95 пар нуклеотидов; Tru1I – 500 и 300 пар нуклеотидов.

Метод ПЦР для идентификации *Ditylenchus destructor* с парой праймеров DITuniF/DITdesR, предложенный Jeszke et al. (2013), оптимизирован для использования с отечественными коммерческими наборами. Успешно проведена оценка применимости теста. Он рекомендован для проведения исследований в отечественных диагностических лабораториях в области фитосанитарии.

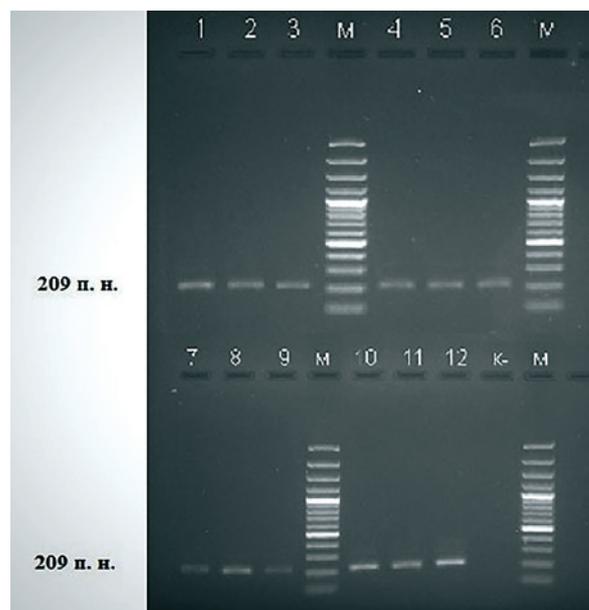


Рис. 3. Результаты ПЦР с праймерами для *D. destructor* (DITuniF/DITdesR): образцы *D. destructor*: 1–3 – Московская область; 4–6 – Тульская область; 7–9 – Рязанская область; 10, 11 – Орловская область; 12 – положительный контроль; K- отрицательный контроль; M – маркер молекулярного веса 100–3000 п. н. (GeneRuler 100 bp Plus DNA Ladder)

Fig. 3. PCR results with primers for *D. destructor* (DITuniF/DITdesR): *D. destructor* samples: 1–3 – Moscow Oblast; 4–6 – Tula Oblast; 7–9 – Ryazan Oblast; 10, 11 – Oryol Oblast; 12 – positive control; K- negative control; M – 100–3000 bp molecular weight marker (GeneRuler 100 bp Plus DNA Ladder)

It should be noted that when performing duplex PCR with primers DITuniF/DITdesR/DITdipR, it is possible to amplify fragments very similar in size for *D. dipsaci* and *D. destructor* haplotype A – 148 and 152 bp, which makes it impossible to differentiate the studied species without subsequent sequencing, which increases the complexity of the method. It is recommended that PCR should be performed separately with primer pairs DITuniF/DITdesR and DITuniF/DITdipR to identify these two species.

CONCLUSION

Haplotype E was determined for the studied Russian populations of *Ditylenchus destructor*. Fragment size was determined using PCR-RFLP according to Wendt et al. (1993) for this haplotype E: for the TaqI enzyme, 550, 190, and 95 bp; Tru1I – 500 and 300 bp.

PCR method for identification of *Ditylenchus destructor* with primer pair DITuniF/DITdesR proposed by Jeszke et al. (2013), optimized for use with Russian commercial kits. The applicability of the test was assessed successfully. It is recommended for research in Russian diagnostic laboratories in the field of phytosanitary.

REFERENCES

1. Efremenko V.P., Burshtein Kh.S. Potato stem nematode and control measures in the Lithuanian SSR

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефременко В.П., Бурштейн Х.С. Стеблевая нематода картофеля и меры борьбы с нею в Литовской ССР // В сб.: Нематодные болезни сельскохозяйственных культур и меры борьбы с ними. 1972. С. 97–98.
2. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / Анисимов Б.В., Белов Г.Л., Варицев Ю.А., Еланский С.Н., Журомский Г.К., Завриев С.К., Зейрук В.Н., Иванюк В.Г., Кузнецова М.А., Пляхневич М.П., Пшеченков К.А., Симаков Е.А., Склярова Н.П., Стасhevски З., Усков А.И., Яшина И.М. // Картофелевод. 2009. 272 с.
3. МСФМ 27 ДП 8: *Ditylenchus dipsaci* и *Ditylenchus destructor* (2015).
4. Прикладная нематология / Буторина Н.Н., Зиновьева С.В., Кулинич О.А. и др.; [отв. ред. Зиновьева С.В., Чижов В.Н.]; Ин-т паразитологии РАН. – М.; Наука, 2006. 350 с.: – ISBN 5-02-034307-2 (в пер.).
5. Фитопаразитические нематоды России / Зиновьева С.В., Чижов В.Н., Приданников М.В., Субботин С.А., Рысс А.Ю., Хусаинов Р.В. // Товарищество научных изданий КМК. 2012. С. 242–248.
6. A comparative and phylogenetic study of the *Ditylenchus dipsaci*, *Ditylenchus destructor* and *Ditylenchus gigas* populations occurring in Poland (Short Communication) / Jeszke A., Budziszewska M., Dobosz R., Stachowiak A., Protasewicz D., Wieczorek P. & Obrepałska-Stęplowska A. // Journal of Phytopathology. 2013. 162: 61–67.
7. Molecular diagnostics, taxonomy and phylogeny of the stem nematode *Ditylenchus dipsaci* species complex based on the sequences of the ITS-rDNA / Subbotin S.A., Madani M., Krall E., Sturhan D. & Moens M. // Phytopathology. 2005. 95: 1308–1315.
8. Molecular identification of *Ditylenchus destructor* nematode with PCR Species-Specific primers in the Moscow region / Mahmoudi N., Naserzadeh Y., Pakina E.N., Limantseva L.A., Nejad D.K. // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2019. 14 (4): 430–436.
9. PM 7/87 (2) *Ditylenchus destructor* and *Ditylenchus dipsaci* (2017) // Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 2017. 47 (3), 401–419.
10. Wendt K.R., Vrain T.C. & Webster J.M. Separation of three species of *Ditylenchus* and some host races of *D. dipsaci* by restriction fragment length polymorphism // Journal of Nematology. 1993. 25: 555–563.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сударикова Стелла Валериевна, старший научный сотрудник лаборатории гельминтологии ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; *e-mail: sudarikovah@mail.ru*.

Худякова Елена Анатольевна, старший научный сотрудник лаборатории гельминтологии ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; *e-mail: fer59@mail.ru*.

Лиманцева Людмила Алексеевна, старший научный сотрудник Центра паразитологии ИПЭЭ РАН, г. Москва, Россия; *e-mail: lutik47@yandex.ru*.

- [Steblevaya nematoda kartofelya i mery borby s neyu v Litovskoy SSR] // In: Nematode diseases of agricultural crops and control measures. 1972; 97–98. (In Russ.)
2. Protection of potatoes from diseases, pests and weeds [Zashchita kartofelya ot bolezney, vreditel'ey i sornyakov] / Anisimov B.V., Belov G.L., Varitsev Yu.A., Elansky S.N., Zhuromsky G.K., Zavriev S.K., Zeiruk V.N., Ivanyuk V.G., Kuznetsova M.A., Plyakhnevich M.P., Pshechenkov K.A., Simakov E.A., Sklyarova N.P., Stashevsky Z., Uskov A.I., Yashina THEM. // Potato grower. 2009; 272. (In Russ.)
3. ISPM 27 DP 8: *Ditylenchus dipsaci* and *Ditylenchus destructor* (2015).
4. Applied nematology / Butorina N.N., Zinovieva S.V., Kulinich O.A. and etc.; [res. ed. Zinovieva S.V., Chizhov V.N.]; Institute of Parasitology RAS. – M.; Nauka, 2006. 350 p.: – ISBN 5-02-034307-2 (in transl.). (In Russ.)
5. Phytoparasitic nematodes of Russia [Fitoparaziticheskiye nematody Rossii] / Zinovieva S.V., Chizhov V.N., Pridannikov M.V., Subbotin S.A., Ryss A.Yu., Khusainov R.V. // Association of scientific publications KMK. 2012; 242–248. (In Russ.)
6. A comparative and phylogenetic study of the *Ditylenchus dipsaci*, *Ditylenchus destructor* and *Ditylenchus gigas* populations occurring in Poland (Short Communication) / Jeszke A., Budziszewska M., Dobosz R., Stachowiak A., Protasewicz D., Wieczorek P. & Obrepałska-Stęplowska A. // Journal of Phytopathology. 2013. 162: 61–67.
7. Molecular diagnostics, taxonomy and phylogeny of the stem nematode *Ditylenchus dipsaci* species complex based on the sequences of the ITS-rDNA / Subbotin S.A., Madani M., Krall E., Sturhan D. & Moens M. // Phytopathology. 2005. 95: 1308–1315.
8. Molecular identification of *Ditylenchus destructor* nematode with PCR Species-Specific primers in the Moscow region / Mahmoudi N., Naserzadeh Y., Pakina E.N., Limantseva L.A., Nejad D.K. // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2019. 14 (4): 430–436.
9. PM 7/87 (2) *Ditylenchus destructor* and *Ditylenchus dipsaci* (2017) // Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 2017. 47 (3), 401–419.
10. Wendt K.R., Vrain T.C. & Webster J.M. Separation of three species of *Ditylenchus* and some host races of *D. dipsaci* by restriction fragment length polymorphism // Journal of Nematology. 1993. 25: 555–563.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Stella Sudarikova, Senior Researcher, Helminthology Laboratory of Testing Laboratory Center, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: sudarikovah@mail.ru*.

Elena Khudyakova, Senior Researcher, Helminthology Laboratory of Testing Laboratory Center, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: fer59@mail.ru*.

Lyudmila Limantseva, Senior Researcher, Center of Parasitology of the A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences (IEE RAS), Moscow, Russia; *e-mail: lutik47@yandex.ru*.

Использование особенностей микроморфологии поверхности семян сорных растений *Securigera varia* (L.) Lassen и *Coronilla scorpioides* (L.) W.D.J. Koch для их идентификации в фитосанитарной практике

* РАЗУМОВА Е.В.¹, ОРЛОВА Ю.В.², КУЛАКОВА Ю.Ю.³

¹ Воронежский филиал ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), г. Воронеж, Россия, 394042

^{2,3} ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия, 140150

¹ ORCID 0000-0003-2485-6439, e-mail: ERazumova18@mail.ru

² ORCID 0000-0002-3330-6976, e-mail: orl-jul@mail.ru

³ ORCID 0000-0002-9973-7584, e-mail: thymus73@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Сорные виды семейства Бобовые (Fabaceae) часто засоряют зерновую продукцию, снижая ее качество. Видовая идентификация семян этой группы сорных растений в испытательных лабораториях проводится по комплексу видимых морфологических макропризнаков методом световой микроскопии. При этом во многих случаях достоверно установить видовую принадлежность семян бобовых затруднительно по причине значительной морфологической схожести диаспор. В современных исследованиях особенности микроморфологии поверхности семян успешно используются для идентификации других таксонов различных рангов. Однако, использование микропризнаков семян в практике фитосанитарной диагностики обычно затруднено из-за долгой пробоподготовки образцов и отсутствия необходимого оборудования высокого разрешения. Эти трудности легко преодолимы с помощью современного сканирующего электронного микроскопа Hitachi TM4000Plus, который позволяет проводить исследование сухих образцов в режиме низкого вакуума без их дополнительной пробоподготовки. В работе методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) проведено исследование микроморфологии и ультраскульптуры поверхности семян сорных видов семейства Fabaceae – *Securigera varia* (L.) Lassen и *Coronilla scorpioides* (L.) W.D.J. Koch – в целях оценки диагностической значимости микропризнаков при их идентификации. Объектами исследования послужили образцы семян из научных гербарных коллекций (МНА, LE, VOR), а также собственные карпологические и гербарные материалы,

Using the micromorphology characters of the surface of weed seeds *Securigera varia* (L.) Lassen and *Coronilla scorpioides* (L.) W.D.J. Koch for their identification in phytosanitary practice

* ELENA V. RAZUMOVA¹, YULIA V. ORLOVA², YULIANA YU. KULAKOVA³

¹ Voronezh Branch of FGBU "All-Russian Plant Quarantine Center" (FGBU "VNI IKR"), Voronezh, Russia, 394042

^{2,3} FGBU "All-Russian Plant Quarantine Center" (FGBU "VNI IKR"), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150

¹ ORCID 0000-0003-2485-6439, e-mail: ERazumova18@mail.ru

² ORCID 0000-0002-3330-6976, e-mail: orl-jul@mail.ru

³ ORCID 0000-0002-9973-7584, e-mail: thymus73@mail.ru

ABSTRACT

Fabaceae weeds often contaminate grain products, reducing its quality. Seed species identification of this weed group in test laboratories is carried out by a complex of visual morphological macrocharacters by light microscopy. However, in many cases it is difficult to identify the species of Fabaceae seeds due to considerable morphological similarity of diaspores. In modern research, micromorphology peculiarities of seed surface are used successfully to identify other taxa of various ranks. Nevertheless, using microcharacters of seeds in phytosanitary diagnosis is usually handicapped by a long sample preparation and lack of necessary equipment of high dimension. These difficulties are easily coped with by a modern scanning electronic microscope Hitachi TM4000Plus, which allows to study dry samples in a low vacuum mode without an additional sample preparation. Using the method of scanning electron microscopy (SEM), there has been studied the micromorphology and ultrasculpture of seed surface of Fabaceae weed species – *Securigera varia* (L.) Lassen and *Coronilla scorpioides* (L.) W.D.J. Koch – to estimate the diagnostic value of macrocharacters while their identification. The objects of the study were seed samples of academic herbarium collections (MHA, LE, VOR), as well as personal carpologic and herbarium materials collected by the authors in different regions of European Russia during

собранные авторами в различных районах европейской части России в ходе экспедиционных выездов 2021–2022 гг. В процессе изучения выявлены основные различия во вторичной ультраструктуре боковой поверхности семени, в первичной, вторичной и третичной ультраструктуре области около рубчика, а также в форме микропиле и размере рубчика. Эти различия могут служить новыми достоверными диагностическими микропризнаками при идентификации исследуемых видов. Применимость данных микропризнаков в области фитосанитарной диагностики обсуждается в работе.

Ключевые слова. Бобовые, сорные растения, семя, ультраструктура, СЭМ, фитосанитария.

ВВЕДЕНИЕ

Зерновая продукция, предназначенная для экспорта, должна быть качественной и безопасной, а также должна соответствовать фитосанитарным требованиям страны-импортера. Точная и быстрая идентификация семян сорных растений, которые обнаруживаются в экспортном зерне, является важной задачей современной герботологической экспертизы. В настоящее время испытательные лаборатории проводят видовую идентификацию сорной примеси с помощью метода световой микроскопии, используя морфологические макропризнаки семян и плодов. Вместе с тем при проведении диагностических исследований для уточнения микропризнаков, которые плохо различимы в световой микроскоп, все чаще возникает потребность в привлечении методов высокого разрешения, например сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Использование новых репрезентативных диагностических признаков, в частности структуры поверхности семян, играет большую роль в систематике и филогении растений, так как семенную кожуру (спермодерму, тесту) цветковых растений отличает большое разнообразие (Цингер, 1958). На сегодняшний день опубликовано немало работ, где при исследовании таксономически сложных групп семейства Fabaceae используют признаки ультраструктуры плодов и семян (Ворончихин, 1992; Ekici et al., 2005; Vural et al., 2008; Шеметова, 2014; Крамина, 2014 и др.). Поэтому использование метода СЭМ в поиске дополнительных стабильных микропризнаков на уровне ультраструктуры поверхности плодов и семян является необходимой задачей в разработке современных методов идентификации близких и морфологически схожих видов сорных растений.

Объектами нашего исследования являлись сорные растения семейства Бобовые – секироплодник пестрый *Securigera varia* (L.) Lassen (синоним *Coronilla varia* L.) и близкородственный вид вязель завитой *Coronilla scorpioides* (L.) W.D.J. Koch. Вид *Securigera varia* регулируется фитосанитарными требованиями

the expeditions in 2021–2022. During the research, there have been identified main differences in the second ultrasculpture of lateral seed surface, in primary, secondary and tertiary ultrasculpture near the hilum, as well as the micropyle shape and hilum size. These differences can serve as new trustworthy diagnostic microcharacters while identifying the studied species. Applicability of these microcharacters in phytosanitary diagnosis is discussed in this paper.

Key words. Fabaceae, weeds, seeds, ultrasculpture, SEM, phytosanitary.

INTRODUCTION

Grain products for export must be of high quality and safe, and must also comply with the phytosanitary requirements of the importing country. Accurate and fast identification of weed seeds that are detected in export grain is an important task of modern herbotological expertise. Currently, testing laboratories carry out species identification of weeds using the method of light microscopy by morphological microcharacters of seeds and fruits. At the same time, when conducting diagnostic studies to clarify microcharacters that are poorly distinguishable in a light microscope, there is an increasing need to involve high-resolution methods, such as scanning electron microscopy (SEM). The use of new representative diagnostic characters, in particular the structure of the seed surface, plays an important role in the taxonomy and phylogeny of plants, since the seed coat (spermoderm, testa) of flowering plants is very diverse (Zinger, 1958). At present, there have been published many works using characters of ultrasculpture of fruits and seeds in the study of taxonomically complex groups of the Fabaceae family (Voronchikhin, 1992; Ekici et al., 2005; Vural et al., 2008; Shemetova, 2014; Kramina, 2014, etc.). Therefore, the use of the SEM method in the search for additional stable microcharacters at the level of ultrasculpture of the surface of fruits and seeds is a necessary task in the development of modern methods for identifying close and morphologically similar species of weeds.

The objects of our research are Fabaceae weed plants – *Securigera varia* (L.) Lassen, synonymous to *Coronilla varia* L., and closely-related *Coronilla scorpioides* (L.) W.D.J. Koch. The species *Securigera varia* is regulated by phytosanitary requirements of some countries importing Russian grain products and technical crops. Egypt only, where *S. varia* is a quarantine pest, imports annually from Russia grain crops of about 6.5 million tons, on average. Today, *S. varia* is quite a topical object

ряда стран – импортеров российской продукции зерновых и технических культур. Только в Египет, где секироплодник пестрый является карантинным организмом, ежегодный экспорт зерновых с территории РФ в среднем составляет порядка 6,5 млн т. Сегодня *S. varia* является весьма актуальным объектом для проведения лабораторных исследований с необходимостью исследования образцов экспортируемой подкарантинной продукции от более чем 9,5 млн т грузов в год.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили зрелые семена *Securigera varia* (L.) Lassen и *Coronilla scorpioides* (L.) W.D.J. Koch, полученные из гербарных коллекций Главного ботанического сада имени Н.В. Цицина Российской академии наук (МНА), Ботанического института имени В.Л. Комарова Российской академии наук (ЛЕ), Гербария имени профессора Б.М. Козо-Полянского Воронежского государственного университета (VOR). Часть материалов для исследования была собрана авторами во время экспедиционных выездов по территории России (Краснодарский край, Воронежская, Липецкая, Тамбовская, Курская, Белгородская, Волгоградская области и др.) в вегетационные периоды 2021–2022 гг. Сведения об образцах семян, вовлеченных в настоящее исследование, представлены в табл. 1. Эти семена были использованы для оценки степени варьирования их линейных размеров в зависимости от разных абиотических факторов. Были измерены длина, ширина, толщина 20 семян из трех популяций каждого вида из разных географических точек.

Для изучения общей морфологии образцы семян фотографировали на стереомикроскопе Zeiss SteReo Discovery V20 с использованием фотоаппарата Canon EOS 5D MkIII. В дальнейшем снимки послойно комбинировались в программе Zerene Stacker. Изучение каждого вида проводили на выборке из 4–5 семян.

Сравнительный анализ ультраструктуры поверхности выполняли и микроморфологию семян сорных растений изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа модели Hitachi TM4000Plus (СЭМ), Япония. Семена без предварительной пробоподготовки фиксировали на алюминиевые столики с помощью двухсторонней углеродной электропроводящей ленты. Изучение образцов проводили без нанесения токопроводящего покрытия в режиме низкого вакуума, при ускоряющем напряжении 5 или 10 кВ. Результирующие электронно-микроскопические изображения получены с помощью детекторов вторичных и отраженных электронов. Объем выборки семян каждого вида составлял 10–20 шт. Съёмки проводились при различных увеличениях: $\times 250$, $\times 500$ – для изучения микроморфологических признаков, $\times 1000$ – для изучения ультраструктуры поверхности экзотесты. Для описания ультраструктуры поверхности семян использовали подход W. Barthlott (1981).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Семена *S. varia* и *C. scorpioides* имеют сходное внешнее строение, что затрудняет их видовую идентификацию в продукции. Сравнение семян с помощью светового стереомикроскопа показало

if laboratory studies with the need to study samples of exported regulated products from more than 9.5 million tons of cargo per year.

MATERIALS AND METHODS

The material for this study was ripe seeds of *Securigera varia* (L.) Lassen and *Coronilla scorpioides* (L.) W.D.J. Koch, obtained from herbarium collection of N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (MHA), V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (LE), B.M. Kozo-Polyanisky Herbarium of Voronezh State University (VOR). Some of the studied materials were collected by the authors during their expeditions around Russia (Krasnodar Krai, Voronezh Oblast, Lipetsk Oblast, Tambov Oblast, Kursk Oblast, Belgorod Oblast, Volgograd Oblast, etc.) in the vegetation periods of 2021–2022. Data on seed samples involved in this research are presented in Table 1. These seeds were used to estimate the grade of variation in their line sizes depending in different abiotic factors. The length, width and thickness of 20 seeds were measured from three populations of each species from different geographic locations.

To study the general morphology, the seed samples were photographed on Zeiss SteReo Discovery V20 stereomicroscope using Canon EOS 5D MkIII camera. Later, the photos were layered using the software Zerene Stacker. Each species was studied by 4–5 seeds.

The comparative analysis of the surface ultrasculpture was performed, and weed seed micromorphology was studied with a scanning electron microscope Hitachi TM4000Plus (SEM), Japan. Without any previous sample preparation, the seeds were fixed on aluminum plates with double sided carbon conductive tape. The samples were studied without applying conductive coating on low vacuum mode, at accelerating voltage of 5 or 10 kV. The final electron microscopic images were obtained with the detectors of secondary and reflected electrons. The volume of samples of each species were 10–20 seeds. The photoshoots were carried out at different magnification: $\times 250$, $\times 500$ – to study micromorphological characters, $\times 1000$ – to study the exotesta surface ultrasculpture. To describe the ultrasculpture of seed surface, the W. Barthlott (1981) approach was used.

RESULTS AND DISCUSSION

S. varia and *C. scorpioides* seeds have a similar appearance, which makes it difficult to identify them in products. Comparing the seed with the light stereomicroscope showed the lack of trustworthy differences between them, the seeds are very similar morphologically (see Fig. 1). According to different authors (Dobrokhotov, 1961; Maysuryan, Atabekova, 1978; Brouwer, Shetlin, 2010) and our personal observations, the seeds of these species are characterized by a linear elongated or elongated cylindrical shape, rounded at both ends, and feeble longitudinal grooves on lateral surfaces. In the middle of the ventral side, in a small hollow, there is a round light hilum (see Fig. 1).

Studying linear cuts of the seeds showed that their length, width and thickness overlap and are

Табл. 1. Список образцов, использованных для карпологического анализа

№ п/п	Шифр	Вид	Русское название	Происхождение (этикетка)
1	VOR 0010598	<i>Securigera varia</i> (L.) Lassen (= <i>Coronilla varia</i> L.)	секиро-плодник пестрый	VOR. Гербарный образец: Тамбовская обл. , окр. г. Тамбова, у канавы, 10.08.1962, Ползикова. Местообитание/растительное сообщество сбора: у канавы. Координаты: 52° 43' 43.95" N, 41° 26' 12.2" E ± 7000 m
2	VOR 0010608	«тот же»	«то же»	VOR. Гербарный образец: Воронежская обл. , Ботсад ВГУ, дубрава, 13.07.1962, Грачева. Местообитание/растительное сообщество сбора: дубрава. Координаты: 51° 42' 40.57" N, 39° 12' 33.57" E ± 2000 m
3	б/н	«»	«»	Воронежская обл. , Петропавловский район, с. Замостье, по краю полев, 15.07.2022, сбор С.Н. Селявкина
4	VOR 0010623	«»	«»	VOR. Гербарный образец: Липецкая обл. , с. Яблоново. Место сбора образца: урочище Плющань. Группы образцов: основной фонд. Текст оригинальной этикетки: Плющань 4 в, 22.06.1948, Голицын. Координаты: 52° 49' 35.1" N, 38° 58' 11.06" E ± 2000 m
5	VOR 0010609	«»	«»	VOR. Гербарный образец: Луганская обл. , Кадиевский р-н, с-з «Ильича», в посеве ржи, август 1959 г., Розувайло. Местообитание/растительное сообщество сбора: в посеве ржи. Координаты: 48° 33' 27.15" N, 38° 38' 16.04" E ± 10 000 m. Создание записи: 15.01.2021, Анна Беденко
6	MHA 182 536	«»	«»	MHA. Гербарный образец: Тамбовская обл. , Мичуринский р-н, между селами Мановицы и Дубки, по южному склону к дороге, 18.08.1966, В.В. Макаров
7	MHA 182 547	«»	«»	MHA. Гербарный образец: Оренбургская обл. , Губерлинские горы возле г. Новотроицка, 03.09.1984, Е.Е. Гогина, И.Р. Волковская
8	MHA 182 568	«»	«»	MHA. Гербарный образец: Ростовская обл. , Сальский р-н, 10 км западнее с. Красный Маныч, Сладкая Балка, береговой склон, разнотравно-ковыльное сообщество, 30.09.2011, Степанова Н.
9	MHA 182 593	«»	«»	MHA. Гербарный образец: Саратовская обл. , Хвалынский р-н, окр. г. Хвалынска, меловые холмы, 19.07.1980., Е.Е. Гогина, А.Е. Маценко, опр. В.Д. Бочкин, 26.06.2015
10	MHA 182 589	«»	«»	MHA. Гербарный образец: Волгоградская обл. , Фроловский р-н, между дер. Падок и леснич. Пильня, Арчединско-Донские пески, луга и березовые колки, 25.07.1993, И. Шанцер, М. Полонская, опр. В.Д. Бочкин
11	б/н	«»	«»	Краснодарский край , Темрюкский р-н, Таманское сельское поселение. Растительное сообщество на склоне рядом с обочиной автодороги. 23.06.2022. Орлова Ю.В.
12	б/н	«»	«»	Кабардино-Балкарская Республика , Эльбрусский р-н. Дорога вдоль реки Адыл (Адылсу) на правом берегу, 4,4 км юго-восточнее трассы А-158. Луговое сообщество. 12.07.2022. Кулаков В.Г., Кулакова Ю.Ю.
13	б/н	«»	«»	Воронежская обл. , окр. г. Борисоглебска, по краю полев. 07.07.2022, сбор Е.В. Разумовой
14	б/н	«»	«»	Воронежская обл. , Поворинский район, с. Октябрьское, обочина дороги, 03.07.2022, по краю полев, сбор Е.В. Разумовой
15	S-01628	<i>Coronilla scorpioides</i> (L.) W.D.J. Koch	вязель завитой	Л.Е. Гербарный образец: (Евр. сектор) № 336. Гербарий Спрыгина И.И., Республика Крым , г. Алупка. <i>Coronilla scorpioides</i> (L.) W.D.J. Koch
16	S-01629	«тот же»	«то же»	Л.Е. Гербарный образец: гербарий Дзевановского С.А. Республика Крым , Дзевановский С.А., 15.06.1920

отсутствие достоверных различий между ними, морфологически семена очень схожи (см. рис. 1). По данным разных авторов (Доброхотов, 1961; Майсурия, Атабекова, 1978; Броувер, Штелин, 2010) и нашим собственным наблюдениям, семена этих видов характеризуются линейной продолговатой или продолговато-цилиндрической формой, закругленной с обоих концов, и слабыми продольными желобками на боковых поверхностях. Посередине брюшной стороны, в маленьком углублении, расположен круглый светлый рубчик (см. рис. 1).

of 3–4.5 x 1–1.2 x 0.8–1 mm and 4–5 x 0.8–1.2 x 0.5–0.7 mm for *S. varia* and *C. scorpioides* respectively. Besides, the seed size variation depends abiotic factors, i. e., it has an adaptive character depending on ecological conditions of habitat. It is known that with insufficient humidity, low temperature and

Table 1. Samples list used for carpological analysis

Nº	Code	Species	Common name	Origin (label)
1	VOR 0010598	<i>Securigera varia</i> (L.) Lassen (= <i>Coronilla varia</i> L.)	crownvetch	VOR. Herbarium sample: Tambov Oblast , Tambov city district, by the gutter, 10.08.1962, Polzikova. Habitat/plant collection community: by the gutter. Coordinates: 52° 43' 43.95" N, 41° 26' 12.2" E ± 7000 m
2	VOR 0010608	the same	the same	VOR. Herbarium sample: Voronezh Oblast , Botanical Garden of Voronezh State University, oak wood, 13.07.1962, Gracheva. Habitat/plant collection community: oak wood. Coordinates: 51° 42' 40.57" N, 39° 12' 33.57" E ± 2000 m
3	without number	«»	«»	Voronezh Oblast , Petropavlovsky District, Zamostye, along the plantations, 15.07.2022, collected by S.N. Selyavkina
4	VOR 0010623	«»	«»	VOR. Herbarium sample: Lipetsk Oblast , Yablonovo. Place of sample collection: Plyushan natural boundary. Sample groups: main fund. Original label text: Plyushan 4 v, 22.06.1948, Golitsyn. Coordinated: 52° 49' 35.1" N, 38° 58' 11.06" E ± 2000 m
5	VOR 0010609	«»	«»	VOR. Herbarium sample: Lugansk Oblast , Kadievsky District, Ilyicha state farm, in rye plantations, August 1959, Rozuvailo. Habitat/plant collection community: in rye plantations. Coordinates: 48° 33' 27.15" N, 38° 38' 16.04" E ± 10 000 m. Date of register: 15.01.2021, Anna Bedenko
6	MHA 182 536	«»	«»	MHA. Herbarium sample: Tambov Oblast , Michurinsky District, between the villages Manovitsy and Dubki, along the southern slope towards the road, 18.08.1966, V.V. Makarov
7	MHA 182 547	«»	«»	MHA. Herbarium sample: Orenburg Oblast , Guberlinskiye mountains near Novotroitsk, 03.09.1984, E.E. Gogina, I.R. Volkovskaya
8	MHA 182 568	«»	«»	MHA. Herbarium sample: Rostov Oblast , Salsky District, 10 km to the west of Krasny Manych, Sladkaya Balka, bank slope, association of mixed grasses and stipa, 30.09.2011, N. Stepanova
9	MHA 182 593	«»	«»	MHA. Herbarium sample: Saratov Oblast , Khvalynsky District. Khvalynska, chalk hills, 19.07.1980., E.E. Gogina, A.E. Matsenko, identified by V.D. Bochkin, 26.06.2015
10	MHA 182 589	«»	«»	MHA. Herbarium sample: Volgograd Oblast , Frolovsky District, between Padok village and Pilnya forestry, Archedinsko-Donskiye sands, meadows and birch woods, 25.07.1993, I. Shantser, M. Polonskaya, identified by V.D. Bochkin
11	without number	«»	«»	Krasnodar Krai , Temryuisky District, Taman village. Plant community on the slope near the roadside. 23.06.2022. Orlova Yu.V.
12	without number	«»	«»	Kabardino-Balkarskaya Republic , Elbrusky District. Road along the river Adyl (Adylsu) on the right bank, 4.4 km to the south-east of A-158 highway. Meadow community. 12.07.2022. Kulakov V.G., Kulakova Yu.Yu.
13	without number	«»	«»	Voronezh Oblast , Borisoglebsk District, along the plantations. 07.07.2022, collected by E.V. Razumova
14	without number	«»	«»	Voronezh Oblast , Povorinsky District, Oktyabrskoye, roadside, 03.07.2022, along the plantations, collected by E.V. Razumova
15	S-01628	<i>Coronilla scorpioides</i> (L.) W.D.J. Koch	yellow crownvetch	LE. Herbarium sample: (Europ. sector) № 336. Herbarium of Sprygin I.I., Republic of Crimea , Alupka. <i>Coronilla scorpioides</i> (L.) W.D.J. Koch
16	S-01629	the same	the same	LE. Herbarium sample: herbarium of Dzevanovsky S.A., Republic of Crimea , Dzevanovsky S.A., 15.06.1920

Изучение линейных размеров семян показало, что значения длины, ширины, толщины перекрываются и равны 3–4,5 x 1–1,2 x 0,8–1 мм и 4–5 x 0,8–1,2 x 0,5–0,7 мм для *S. varia* и *C. scorpioides* соответственно. Кроме того, степень варьирования размера семян зависит от абиотических факторов, то есть имеет адаптивный характер в зависимости от экологических условий обитания. Известно, что в условиях недостатка влаги, пониженных температур и недостатка минерального питания семена мельче (Кузнецов, Дмитриева, 2005).

poor mineral consumption, the seeds are smaller (Kuznetsov, Dmitrieva, 2005).

The color of the seed surface of the studied species is mainly brown or red and brown (see Fig. 1). However, the detected colors of *S. varia* seed surface, probably, mean that the studied seed included those on different germination stages, and dark brown spots prove it (see Fig. 2).

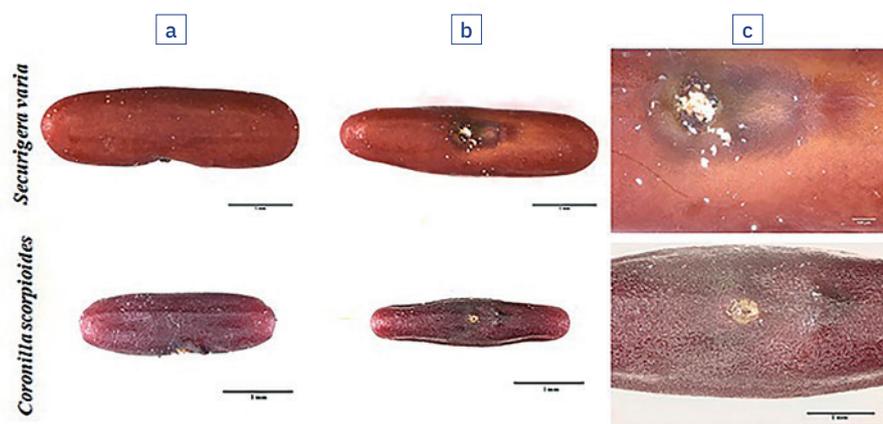


Рис. 1. Внешний вид семян *Securigera varia* и *Coronilla scorpioides*: а – латеральная сторона; б – вентральная сторона; с – зона рубчика (фото авторов)

Fig. 1. Appearance of seeds *Securigera varia* and *Coronilla scorpioides*: а – laterally; б – ventrally; с – hilum area (photos by the authors)

Окраска поверхности семян изучаемых видов преимущественно коричневая или красно-коричневая (см. рис. 1). Однако, выявленные окраски поверхности семян *S. varia*, вероятно, свидетельствуют о том, что исследованные выборки включали семена, находящиеся на разных стадиях созревания, и наличие темно-коричневых пятен является тому доказательством (см. рис. 2).

Таким образом, использование только макропризнаков для выявления различий между семенами не позволяет провести их достоверную видовую идентификацию. Вместе с тем использование микропризнаков семян в практике фитосанитарной диагностики обычно затруднено из-за длительной пробоподготовки образцов и отсутствия необходимого оборудования высокого разрешения. Эти трудности легко преодолимы с помощью современного сканирующего электронного микроскопа Hitachi TM4000Plus, который позволяет быстро исследовать сухие непроводящие образцы в режиме низкого вакуума без дополнительной пробоподготовки и напыления металла.

Микроструктуры области рубчика

Для описания микроструктуры области рубчика *S. varia* и *C. scorpioides*, вслед за Т.Е. Краминой (2014), были использованы следующие признаки:

а) размер и форма рубчика (округлый, обратнаяйцевидный, сердцевидный, широкосердцевидный, овальный, округло-сердцевидный, округло-обратнаяйцевидный);

б) ширина ободкового ариллуса в процентах от диаметра внешнего края ободкового ариллуса рубчика (узкий – ширина менее 20% от диаметра рубчика; широкий – ширина 20% и более от диаметра рубчика);

в) форма микропиле (треугольное, узко-треугольное, широкотреугольное, вильчатое (Y-образное), треугольно-вильчатое).

Microstructures of the hilum area

To describe the microstructure hilum area of *S. varia* and *C. scorpioides*, according to T.E. Kramina (2014), the following characters were used:

- the size and shape of the hilum (round obovate, heart-shaped, wide-heart-shaped, oval, round-heart-shaped, round-obovate);

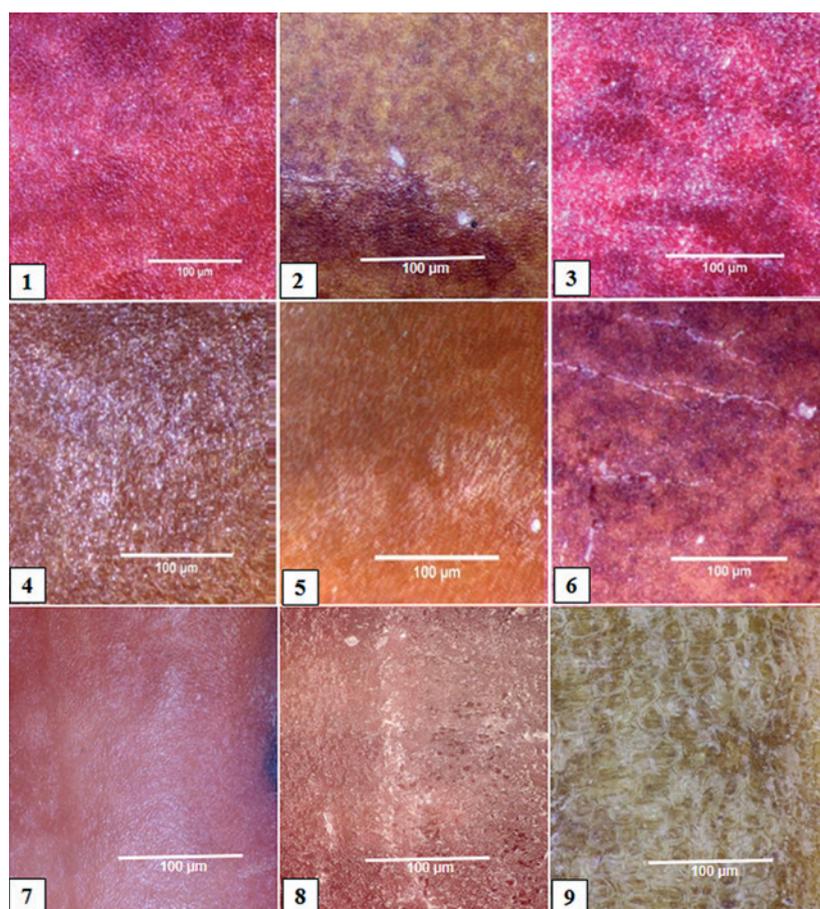


Рис. 2. Разнообразие поверхности семян *S. varia* (1–6) и *C. scorpioides* (7–9) (фото авторов)

Fig. 2. Different seed surfaces of *S. varia* (1–6) and *C. scorpioides* (7–9) (photos by the authors)

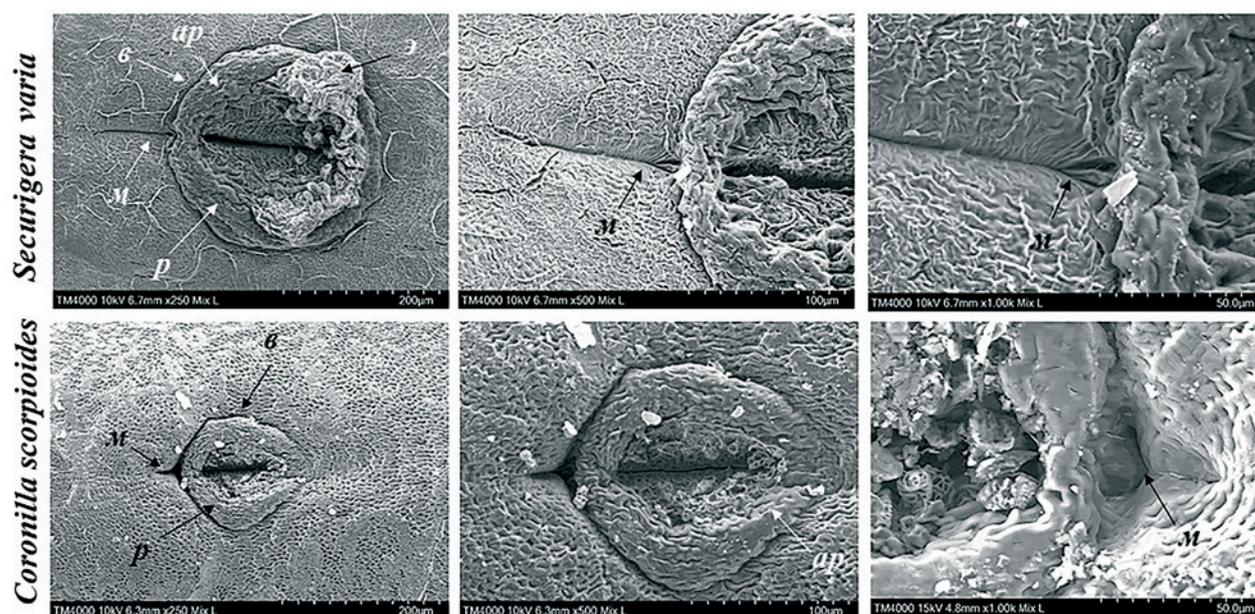


Рис. 3. Форма рубчика и микропиле семян *S. varia* и *C. scorpioides*: ар – ариллус; в – рубчиковый валик (ободок); м – микропиле; р – рубчик; э – эпихилум (фото авторов)

Fig. 3. The shape of the hilum and micropyle of seeds *S. varia* and *C. scorpioides*: “ар” – arillus; “в” – hilum wall; “м” – micropyle; “р” – hilum; “э” – epichilum (photos by the authors)

На рис. 3 показаны характерные микроструктуры семени изучаемых видов растений. Рубчик *S. varia* в очертании округлый, иногда овальный. Важной характеристикой рубчика являются его линейные размеры. У секироплодника рубчик крупный, а длина и ширина составляют 260,2 и 253,6 мкм соответственно. Ободковый ариллус широкий (25–27%), в области микропиле несколько суживается. Микропиле узкотреугольно-вильчатое. На поверхности рубчика имеется рыхлый, достаточно мощный наружный палисадный слой клеток, оставшихся от фуникулуса, – эпихилум (на рисунке представлен остаток, большая часть удалена). Кольцевое возвышение вокруг рубчика (рубчиковый валик) хорошо заметно.

Рубчик *C. scorpioides* округлый, иногда обратно-яйцевидный, с достаточно широким (25–28%) ободковым ариллусом (см. рис. 3). Рубчик более мелкий, длина и ширина составляют 155,4 и 129,7 мкм соответственно. Микропиле широкотреугольное. Поверхность рубчика также покрыта эпихилумом (на рис. 3 удален). Кольцевое возвышение вокруг рубчика также хорошо выражено. Следует отметить, что область тесты в рубчиковой зоне у обоих видов более темная, по сравнению с боковыми поверхностями семени, и имеет разнообразный рисунок (см. рис. 1с).

Ультраскульптура поверхности семени

Для описания ультраскульптуры поверхности семян использовали подход Бартлотта (Barthlott, 1981), основанный на выделении трех уровней ультраскульптуры:

а) первичная скульптура, определяемая формой клеток экзотесты и степенью кривизны их наружной периклинальной стенки;

б) вторичная скульптура – тонкий рельеф клеточных стенок, определяемый кутикулярными отложениями либо специфическими типами утолщений;

в) третичная скульптура – эпикутикулярные выделения.

- the width of the arillus as a percentage of the diameter of the outer edge of the arillus of the hilum (narrow – the width is less than 20% of the hilum diameter; wide – the width is 20% or more of the hilum diameter);
- micropyle shape (triangular, narrow-triangular, wide-triangular, forked (Y-shaped), triangular-forked).

Fig. 3 shows typical seed microstructures of the studied plant species. The hilum of *S. varia* is rounded, sometimes oval. An important characteristic of the hilum is its linear dimensions. *S. varia* has a large hilum, and the length and width are 260.2 and 253.6 microns, respectively. Arillus is wide (25–27%), narrowing slightly in the micropyle area. The micropyle is narrowly triangular-forked. On the surface of the hilum there is a loose, rather powerful outer palisade layer of cells left from the funiculus, the epichilum (the figure shows the remainder, most of it has been removed). Ring-shaped prominence around the hilum (hilum wall) is clearly visible.

The hilum of *C. scorpioides* is rounded, sometimes obovate, with rather wide (25–28%) arillus (see Fig. 3). The hilum is smaller, length and width are 155.4 and 129.7 microns, respectively. The micropyle is wide triangular. The surface of the scar is also covered with epichilum (deleted in Fig. 3). Ring-shaped prominence around the hilum is also clearly visible. It should be noted that the testa area in the hilum area in both species is darker compared to the lateral surfaces of the seed and has a varied pattern (see Fig. 1c).

Seed surface ultrastructure

Barthlott's approach (Barthlott, 1981), based on three ultrastructure levels differentiation, was used to describe the seed surface ultrastructure:

- primary sculpture structure, defined by the shape of exotesta cells and the degree of curvature of their outer periclinal wall;

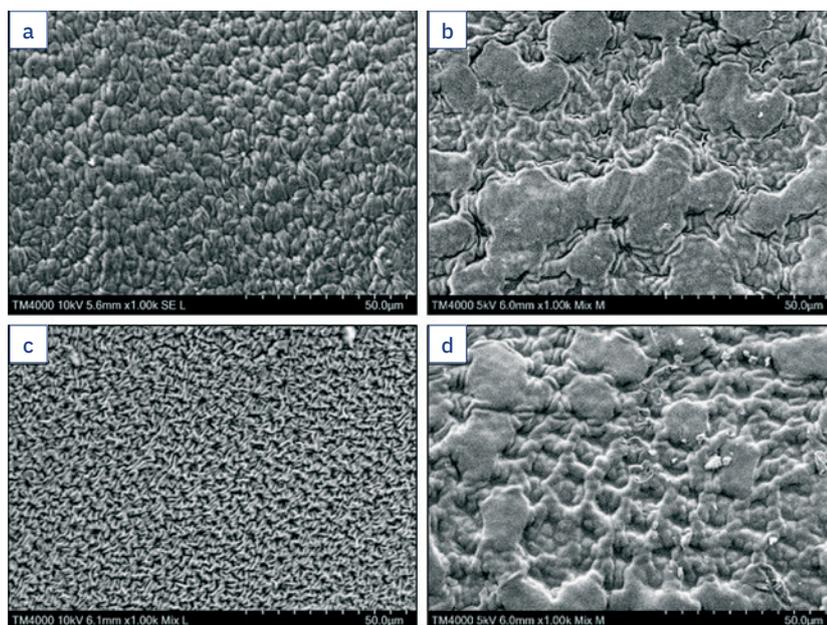


Рис. 4. Ультраскульптура поверхности семени на боковой стороне: а, с – *S. varia*; б, d – *C. scorpioides* (фото авторов)

Fig. 4. Ultrasculpture of the seed surface on the lateral side: а, с – *S. varia*; б, d – *C. scorpioides* (photos by the authors)

A. Ультраскульптура поверхности боковой стороны семени

***Securigera varia*.** Первичная скульптура семян *S. varia*, как и большинства представителей подсемейства Papilionoideae (Мотыльковые), бугорчато-ямчатая: поверхность тесты покрыта невысокими, более или менее усеченными на вершукке бугорками, каждый бугорок соответствует вершукке одной клетки экзотесты (см. рис. 4 а, с). Расстояния между отдельными бугорками неодинаковы, бугорки собраны группами (розетками) по 5–8, в центре розетки образуется ямка, более глубокая и широкая, чем углубление между соседними бугорками одной розетки. Вторичную скульптуру В.В. Ворончихин (1992) определяет как сетчато-струйчатую, формирующуюся за счет кутикулярных валиков, образующихся на месте стыка эпидермальных клеток. На наш взгляд, вторичная скульптура *S. varia* имеет более сложную организацию и может характеризоваться как радиально-складчато-сетчатая с явными элементами струистости или гребнистости. Складки направлены к центру розетки, а ячейки сетки соответствуют розеткам (см. рис. 4 а, с). Третичная скульптура не развита или представлена единичными незначительными фрагментами воска.

***Coronilla scorpioides*.** Экзотеста на поперечном срезе представлена удлиненными в радиальном направлении узкими тонкостенными клетками. Вершукки клеток экзотесты несколько сглажены. Первичная скульптура семян *C. scorpioides* бугорчато-ямчатая, где бугорок соответствует одной клетке экзотесты с ямкой в центре розетки (см. рис. 4 б, d). Вторичная скульптура поверхности семени радиально-складчато-сетчатая, складки направлены к центру розетки, а ячейки сетки соответствуют розеткам; вдоль границ соседних розеток образуются невысокие кутикулярные ребра, формирующие подобие невысокой сети с ячейками; каждая ячейка соответствует розетке, то есть группе клеток эпидермы. Третичная скульптура представлена фрагментарными наплывами воска,

- secondary sculpture – thin relief of cell walls, determined by cuticular deposits or specific types of thickenings;
- tertiary sculpture – epicuticular discharge.

A. Lateral seed surface ultrastructure

***Securigera varia*.** Primary seed sculpture of *S. varia*, like most representatives of the subfamily Papilionoideae, tuberculate-pitted: the surface of the testa is covered with low tubercles, more or less truncated at the apex, each tubercle corresponds to the apex of one cell of the exotesta (see Fig. 4 а, с). The distances between the individual tubercles are not the same, the tubercles are collected in groups (rosettes) of 5–8, a hole is formed in the center of the rosette, deeper and wider than the depression between adjacent tubercles of one rosette. Secondary sculpture by V.V. Voronchikhin (1992) defines it as reticulate-striate, formed due to cuticular ridges formed at the junction of epidermal cells. In our opinion, the

secondary sculpture of *S. varia* has a more complex organization and can be characterized as a radially folded-reticulate with obvious elements of striation or ridgeness. The folds are directed towards the center of the rosette, and the mesh cells correspond to the rosettes (see Fig. 4 а, с). Tertiary sculpture is not developed or is represented by single insignificant fragments of wax.

***Coronilla scorpioides*.** The exotesta on a transverse section is represented by narrow thin-walled cells elongated in the radial direction. The tops of the cells of the exotesta are somewhat smoothed. Primary seed sculpture of *C. scorpioides* is tuberculate-pitted, where the tubercle corresponds to one exotesta cell with a hole in the center of the rosette (see Fig. 4 б, d). The secondary sculpture of the seed surface is radially folded-reticulate, the folds are directed towards the center of the rosette, and the mesh cells correspond to the rosettes; along the borders of neighboring rosettes, low cuticular ribs are developed, forming a kind of low network with cells; each cell corresponds to a rosette, that is, a group of epidermal cells. The tertiary sculpture is represented by fragmentary influxes of wax, randomly scattered and covering a different number of rosettes, due to which the tuberosity of the spermoderm is formed (see Fig. 4 б, d).

B. Ultrasculpture of the seed surface in the area around the hilum

***Securigera varia*.** The primary ultrasculpture on the ridge around the hilum is rather deeply pitted, while the secondary ultrasculpture is pronounced radially folded with a transition to reticulate sculpture (mesh cells correspond to rosettes of exotesta cells). The micropyle area is characterized by a weak development of radial cuticle folds with a partial transition to an irregularly folded type (see Fig. 5a). Tertiary sculpture is practically not expressed.

хаотично разбросанными и покрывающими различное число розеток, благодаря чему и создается бугристость спермодермы (см. рис. 4 b, d).

Б. Ультраскульптура поверхности семени в области вокруг рубчика

***Securigera varia*.** Первичная ультраскульптура на валике вокруг рубчика довольно глубокоямчатая, а вторичная – выраженная радиально-складчатая с переходом к сетчатой скульптуре (ячейки сетки соответствуют розеткам клеток экзотесты). В области микропиле характерно слабое развитие радиальных складок кутикулы с частичным переходом к неправильно-складчатому типу (см. рис. 5а). Третичная скульптура практически не выражена.

***Coronilla scorpioides*.** Первичная ультраскульптура на валике вокруг рубчика щелевая, слегка сглаженная: промежутки в центре розетки и между ее клетками узкие, верхушки клеток экзотесты несколько сглажены, за счет чего рельефность в розетках выражена слабо, местами наблюдается переход к бугорчато-ямчатой скульптуре (см. рис. 5b).

Вторичная скульптура поверхности радиально-складчатая, несколько сглаженная, образуется за счет отложения кутикулы в виде радиальных складок и морщин. В отдельных местах, не закрытых наплывами воска, наблюдается переход к радиально-неправильно-складчатой скульптуре. Третичная скульптура присутствуют в виде слабых наплывов воска, прикрывающих меньшее число розеток, чем на боковой поверхности (см. рис. 5b).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее полное и точное представление о строении семени можно получить только при комплексном его изучении. Сканирующая электронная микроскопия расширяет возможности при идентификации близкородственных, морфологически схожих и трудноразличимых видов, в частности семейства Бобовые. Так, на основе изучения с помощью СЭМ семенной кожуры близкородственных сорных видов *S. varia* и *C. scorpioides* нам удалось выявить новые дополнительные признаки, на основании которых более четко и достоверно могут

***Coronilla scorpioides*.** The primary ultrasculpture on the ridge around the scar is slit, slightly smoothed: the gaps in the center of the rosette and between its cells are narrow, the tops of the cells of the exotesta are somewhat smoothed, due to which the relief in the rosettes is weakly expressed, in some places there is a transition to tuberculate-pitted sculpture (see Fig. 5b).

The secondary sculpture of the surface is radially folded, somewhat smoothed, formed due to the deposition of the cuticle in the form of radial folds and wrinkles. In some places, not covered by wax influxes, there is a transition to a radially irregularly folded sculpture. Tertiary sculpture is present in the form of weak wax deposits covering a smaller number of rosettes than on the side surface (see Fig. 5b).

CONCLUSION

The most comprehensive and precise knowledge about the seed structure can be obtained by its complex study. Scanning electron microscopy gives more possibilities to identify closely-related morphologically similar and easily-confused species, in particular, of Fabaceae family. Thus, based on SEM study of the seed skin of the closely-related weed species *S. varia* and *C. scorpioides*, we managed to identify additional characters which could serve as a base to a more precise and trustworthy characterization of the species differences (see Table 2).

Key differences in the third spermoderm sculpture of the lateral seed surface, which include *C. scorpioides* having fragmented sporadically dispersed wax pieces, with *S. varia* having none of them (see Fig. 4), are a considerable diagnostic character for their identification. This structure peculiarity can be sufficient for the seed diagnosis of the stated species with SEM in the conditions of the test laboratory. Considering this, additional SEM equipment for test laboratories is of great importance, as it helps to considerably facilitate the procedure of pest identification.

REFERENCES

1. Brouver V., Shtelin A. Handbook of seed science of agricultural, forestry and ornamental crops



Рис. 5. Ультраскульптура области рубчика: а – *S. varia*; б – *C. scorpioides* (фото авторов)



Fig. 5. Hilum area ultrasculpture: а – *S. varia*; б – *C. scorpioides* (photos by the authors)

Табл. 2. Диагностические признаки спермодермы *S. varia* и *C. scorpioides*

Виды	Ультраскульптура боковой поверхности семени	Ультраскульптура области около рубчика	Ультраструктура области рубчика	
			Форма рубчика	Микропиле
<i>Securigera varia</i>	Первичная		округлый, овальный	узко-треугольно-вильчатое
	бугорчато-ямчатая	глубокоямчатая		
	Вторичная			
	радиально-складчато-сетчатая с явными элементами струистости или гребнистости	радиально-складчатая с переходом к сетчатой скульптуре		
	Третичная			
	практически не выражена	практически не выражена		
<i>Coronilla scorpioides</i>	Первичная		округлый, обратнотрицевидный	широко-треугольно-вильчатое
	бугорчато-ямчатая	щелевая, слегка сглаженная		
	Вторичная			
	радиально-складчато-сетчатая	радиально-складчатая, несколько сглаженная		
	Третичная			
	наплывы воска, прикрывающие различное число розеток	слабые наплывы воска, прикрывающие меньшее число розеток		

Table 2. Spermoderm diagnostic characters of *S. varia* and *C. scorpioides*

Species	Ultrasculpture of the lateral surface of the seed	Ultrasculpture of the area near the hilum	Hilum area ultrastructure	
			Hilum shape	Micro-pyle
<i>Securigera varia</i>	Primary		round, oval	narrow triangular forked
	tuberculate-pitted deep-pitted			
	Secondary			
	radially folded-reticulate with obvious elements of striation or ridge	radially folded with a transition to mesh sculpture		
	Tertiary			
	practically not expressed	practically not expressed		
<i>Coronilla scorpioides</i>	Primary		rounded, obovate	wide-triangular-forked
	tuberculate-pitted			
	Secondary			
	radially folded mesh	radially folded, somewhat smoothed		
	Tertiary			
	influxes of wax covering a different number of rosettes	weak streaks of wax covering a smaller number of rosettes		

быть охарактеризованы межвидовые различия (см. табл. 2).

Существенные различия в третичной скульптуре спермодермы боковой поверхности семени, заключающиеся в наличии у *C. scorpioides* фрагментарных, хаотично разбросанных наплывов воска, отсутствующих у *S. varia* (см. рис. 4), являются значимым диагностическим признаком при их идентификации. Данной особенности строения может быть вполне достаточно для диагностики семян указанных видов с помощью СЭМ в условиях испытательной лаборатории. В связи с этим дополнительное оснащение испытательных лабораторий сканирующим электронным микроскопом является весьма актуальным, так как позволяет значительно упростить процедуру идентификации вредных организмов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Броувер В., Штелин А. Справочник по семеноведению сельскохозяйственных, лесных и декоративных культур с ключом для определения важнейших семян. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010, 694 с.
2. Ворончихин В.В. Сравнительная анатомия и ультраструктура семян представителей некоторых родов семейства Leguminosae Juss.: автореф. дис. ... канд. биол. наук. 03.00.05 / В.В. Ворончихин. М., 1992, 23 с.
3. Доброхотов В.Н. Семена сорных растений. М.: Сельхозиздат, 1961, 464 с.

with a key to identify the most important seeds [Spravochnik po semenovedeniyu selskokhozyaystvennykh, lesnykh i dekorativnykh kultur s klyuchom dlya opredeleniya vazhneyshikh semyan]. M.: Partnership scientific. ed. KMK, 2010, 694 p. (In Russ.)

2. Voronchikhin V.V. Comparative anatomy and ultrastructure of seeds of representatives of some genera of the family Leguminosae Juss. [Sravnitelnaya anatomiya i ultrastruktura semyan predstaviteley nekotorykh rodov semeystva Leguminosae Juss] dis. ... cand. biol. sciences. 03.00.05 / V.V. Voronchikhin. M., 1992, 23 p. (In Russ.)

3. Dobrokhoto V.N. Weed seeds [Semena sornyykh rasteniy]. Moscow: Selkhozizdat, 1961, 464 p. (In Russ.)

4. Kramina T.E. Ultrasculpture and spermoderm ultrastructure of the representatives of the genera *Lotus*, *Kebirita* and *Antoppetitia* (Leguminosae – Loteae) in a systematic and ecological-geographical context [Ultrasculptura i ultrastruktura spermodermy predstaviteley rodov *Lotus*, *Kebirita* i *Antoppetitia* (Leguminosae – Loteae) v sistematicheskom i ekologo-geograficheskom kontekste] // Memorial Kadensky collection / L.I. Lotova, A.K. Timonin. M., 2014; 129–157. (In Russ.)

4. Крамина Т.Е. Ультраскульптура и ультраструктура спермодермы представителей родов *Lotus*, *Kebirita* и *Antoppetitia* (Leguminosae – Loteae) в систематическом и эколого-географическом контексте // Мемориальный каденский сборник / Л.И. Лотова, А.К. Тимонин. М., 2014. С. 129–157.

5. Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений: учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2005, 736 с.

6. Майсурян Н.А., Атабекова А.И. Определитель семян и плодов сорных растений. М.: Колос, 1978, 288 с.

7. Цингер Н.В. Семя, его развитие и физиологические свойства. М.: Изд-во АН СССР, 1958, 285 с.

8. Шеметова Т.А. Ультраскульптура поверхности семян некоторых видов секции *Xiphidium Bunge* рода *Astragalus* L. (Fabaceae) // Turczaninowia. 2014. Т. 17. № 4. С. 154–164.

9. Barthlott W. Epidermal and seed surface characters of plants: systematic applicability and some evolutionary aspect // Nord. J. Bot. 1981. 1 (3): 345–355.

10. Ekici M., Yüzbaşıoğlu D., Aytaç Z. Morphology, pollen, seed structure and karyological study on *Astragalus ovalis* Boiss. and Balansa (sect. *Ammodendron*) in Turkey // International Journal of Botany. 2005. 1 (1): 74–78.

11. Vural C., Ekici M., Akan H., Aytaç Z. Seed morphology and its systematic implications for genus *Astragalus* L. sections *Onobrychoidei* DC., *Uliginosi* Gray and *Ornithopodium* Bunge (Fabaceae) // Plant. Syst. Evol. 2008. 274 (3–4): 255–263.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Разумова Елена Владимировна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, начальник научно-методического отдела Воронежского филиала ФГБУ «ВНИИКР», г. Воронеж, Россия; ORCID 0000-0003-2485-6439, ERazumova18@mail.ru.

Орлова Юлия Викторовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научно-методического отдела инвазивных видов растений ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; ORCID 0000-0002-3330-6976, e-mail: orl-jul@mail.ru.

Кулакова Юлиана Юрьевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник – начальник научно-методического отдела инвазивных видов растений ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; ORCID 0000-0002-9973-7584; e-mail: thymus73@mail.ru.

5. Kuznetsov V.V., Dmitrieva G.A. Plant Physiology: textbook for universities [Fiziologiya rasteniy: uchebnik dlya vuzov]. M.: Vysshaya shkola, 2005, 736 p. (In Russ.)

6. Maysuryan N.A., Atabekova A.I. Identification key to weed seeds and fruits [Opredelitel semyan i plodov sornykh rasteniy]. Moscow: Kolos, 1978, 288 p. (In Russ.)

7. Tsinger N.V. Seed, its development and physiological properties [Semya, yego razvitiye i fiziologicheskiye svoystva]. M.: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1958, 285 p. (In Russ.)

8. Shemetova T.A. Surface ultrasculpture of seeds of some species of the section *Xiphidium Bunge* of the genus *Astragalus* L. (Fabaceae) [Ultraskulptura poverkhnosti semyan nekotorykh vidov sektsii *Xiphidium Bunge* roda *Astragalus* L. (Fabaceae)] // Turczaninowia. 2014; 17: 4: 154–164. (In Russ.)

9. Barthlott W. Epidermal and seed surface characters of plants: systematic applicability and some evolutionary aspect // Nord. J. Bot. 1981. 1 (3): 345–355.

10. Ekici M., Yüzbaşıoğlu D., Aytaç Z. Morphology, pollen, seed structure and karyological study on *Astragalus ovalis* Boiss. and Balansa (sect. *Ammodendron*) in Turkey // International Journal of Botany. 2005. 1 (1): 74–78.

11. Vural C., Ekici M., Akan H., Aytaç Z. Seed morphology and its systematic implications for genus *Astragalus* L. sections *Onobrychoidei* DC., *Uliginosi* Gray and *Ornithopodium* Bunge (Fabaceae) // Plant. Syst. Evol. 2008. 274 (3–4): 255–263.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Elena Razumova, PhD in Biology, Senior Researcher, Head of Research and Methodology Department, Voronezh Branch of FGBU “VNIKR”, Voronezh, Russia; ORCID 0000-0003-2485-6439, ERazumova18@mail.ru.

Yulia Orlova, PhD in Biology, Senior Researcher, Research and Methodology Department of Invasive Plant Species, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; ORCID 0000-0002-3330-6976, e-mail: orl-jul@mail.ru.

Yuliana Kulakova, PhD in Biology, Leading Researcher, Head of Research and Methodology Department of Invasive Plant Species, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; ORCID 0000-0002-9973-7584; e-mail: thymus73@mail.ru.

Обнаружение *Ambrosia artemisiifolia* L. в Пензенской области: история вопроса и оценка возможной натурализации вида в регионе

* СУХОЛОЗОВА Е.А.¹, СУХОЛОЗОВ Е.А.²

¹ Пензенский филиал ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), г. Пенза, Россия, 440014

² МАУ «Пензенский зоопарк», г. Пенза, Россия, 440026

¹ ORCID 0000-0003-1272-4586,
e-mail: E_kobozeva@mail.ru

² e-mail: e.sukholozov@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Ambrosia artemisiifolia L. – североамериканское однолетнее ветроопыляемое растение короткого дня, сумевшее проникнуть в разные регионы России и непрерывно продолжающее свою экспансию. Вид входит в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза. В статье приведена систематизированная и актуализированная информация из различных источников о присутствии вида на территории Пензенской области. Представлены данные о проведенном мониторинге амброзии полыннолистной в регионе за 2019–2022 гг. В результате обследования 78 посевов сельскохозяйственных культур (пшеница, лен, соя, сахарная свекла) общей площадью более 11,4 тыс. га *Ambrosia artemisiifolia* не выявлена. Флористические наблюдения по основным магистралям региона, проведенные в 2022 г., подтвердили обнаружение А.Н. Афониным и Ю.С. Ли (персональное сообщение) в 2021 г. ценопопуляции амброзии полыннолистной на обочине трассы М-5 в Кузнецком районе Пензенской области. Ценопопуляция вида занимала площадь не менее 0,6 га, была обильно представлена низкорослыми растениями в стадии бутонизации и начала пыления. В статье показаны данные о предполагаемых путях распространения вида по территории Пензенской области и возможных способах заноса новых семян. Обсуждается вопрос о смещении общей границы распространения вида на север и возможности натурализации вида в новых условиях за счет отбора наиболее устойчивых генотипов и дальнейшего глобального изменения климата. В связи с этим представляется актуальным продолжение систематического мониторинга территории области для своевременного выявления очагов амброзии полыннолистной и предотвращения их дальнейшего распространения.

Ключевые слова. Амброзия полыннолистная, карантинный объект, передвижение границы ареала.

Detection of *Ambrosia artemisiifolia* L. in Penza Oblast: background and assessment of the possible adaptation of the species in the region

* EKATERINA A. SUKHOLOZOVA¹,
EVGENY A. SUKHOLOZOV²

¹ Penza Branch of FGBU “All-Russian Plant Quarantine Center” (FGBU “VNIICR”), Penza, Russia, 440014

² Penza Zoo, Penza, Russia, 440026

¹ ORCID 0000-0003-1272-4586,
e-mail: E_kobozeva@mail.ru

² e-mail: e.sukholozov@mail.ru

ABSTRACT

Ambrosia artemisiifolia L. – is a North American annual wind-pollinated short-day plant, which managed to get introduced into different regions of Russia and continues its expansion. The species is included in the Common List of Quarantine Pests of the Eurasian Economic Union. The article provides systematized and updated information from various sources on the presence of the species in Penza Oblast. The data on the monitoring of *A. artemisiifolia* in the region for 2019–2022 are presented. As a result of a survey of 78 crops of agricultural crops (wheat, flax, soybeans, sugar beets) with a total area of more than 11.4 thousand hectares, *Ambrosia artemisiifolia* was not detected. Floristic observations along the main highways of the region, carried out in 2022, confirmed the discovery by A.N. Afonin and Yu.S. Li (personal communication) in 2021 of the *A. artemisiifolia* cenopopulation on the side of the M-5 highway in the Kuznetsk district of Penza Oblast. The cenopopulation of the species occupied an area of at least 0.6 ha and was abundantly represented by low-growing plants at the stage of budding and the beginning of dusting. The article shows data on the alleged distribution routes of the species across the territory of Penza Oblast and possible pathways for new achenes. The question of the shift of the general border of the distribution of the species to the north and the possibility of naturalization of the species in new conditions due to the selection of the most stable genotypes and further global climate change are discussed. In this regard, it seems relevant to continue systematic monitoring of the territory of the region for the timely detection of *A. artemisiifolia* outbreaks and to prevent their further expansion.

Key words. *Ambrosia artemisiifolia*, quarantine object, range border movement.

ВВЕДЕНИЕ



а территорию Российской Федерации из Северной Америки проникло множество растений. Особую опасность представляют растения рода *Ambrosia* L., 1753, которые в местах успешной натурализации могут не только отрицательно сказываться на биоразнообразии естественных сообществ, наносить значительный экономический ущерб сельскому хозяйству, но при этом и пагубно влиять на здоровье людей. Амброзия полыннолистная *Ambrosia artemisiifolia* L., 1753 – наиболее широко распространенный вид амброзий, за короткий срок сумевший проникнуть на обширные территории России и продолжающий свою экспансию (Афонин и др., 2019; Виноградова и др., 2009; Есипенко, 2009, 2018; Никитин, 1983; О распространении..., 1994; и др.). Впервые вид был обнаружен в 1918 г. в окрестностях Ставрополя и примерно в то же время – в Краснодарском крае (Есипенко, 2018). В настоящее время основные площади, занятые амброзией полыннолистной, находятся на юге России: на территории Северного Кавказа, Ростовской и Волгоградской областей, Калмыкии. Локальные очаги вида выявлены в Курской, Белгородской, Воронежской, Астраханской, Саратовской и Оренбургской областях, помимо них – в Дагестане, Башкортостане (Виноградова и др., 2009; Есипенко, 2018), в Волжско-Камском регионе (О распространении..., 1994), на юге Западной Сибири, в Алтайском, Хабаровском, Приморском краях (Виноградова и др., 2009; Есипенко, 2018). С учетом того, как успешно осуществилась инвазия *A. artemisiifolia* во многих регионах России, потребовалось государственное регулирование вида: он был включен в перечни карантинных объектов разных лет (Соглашение между..., 1987; приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 26 декабря 2007 г. № 673; приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 15 декабря 2014 г. № 501; Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 30 ноября 2016 г. № 158), в отношении него были разработаны методы борьбы.

По данным сайта Россельхознадзора (Россельхознадзор..., 2023) на 29 марта 2023 г., в Российской Федерации по *A. artemisiifolia* установлено 897 карантинных фитосанитарных зон в 31 регионе. В последнем опубликованном «Национальном докладе о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации в 2021 году» содержится информация о том, что общая площадь карантинных зон по амброзии полыннолистной составила 7 262 210,913 га (Национальный доклад..., 2022).

Несмотря на разработку и применение внушительного арсенала средств борьбы, включая химические, агротехнические и карантинные фитосанитарные меры, амброзия полыннолистная продолжает проникать в новые регионы РФ. В исследованиях последних лет (Афонин, 2019; Определение эколого-географического..., 2022) уточнена современная фактическая граница натурализации вида на европейской территории России. Эта граница проходит по югу Брянской, Курской и Саратовской областей, северу Воронежской области

INTRODUCTION



any plants have been introduced into the territory of the Russian Federation from North America. Of particular danger are plants of the genus *Ambrosia* L., 1753, which, in places of successful naturalization, can not only adversely affect the biodiversity of natural communities, cause significant economic damage to agriculture, but also adversely affect human health. *Ambrosia artemisiifolia* L., 1753 is the most widely distributed species of ambrosia, which managed to penetrate vast territories of Russia in a short time and continues its expansion (Afonin et al., 2019; Vinogradova et al., 2009; Esipenko, 2009, 2018; Nikitin, 1983; On the distribution..., 1994; etc.). The species was first detected in 1918 in the vicinity of Stavropol and at about the same time in Krasnodar Krai (Esipenko, 2018). At present, the main areas occupied by *A. artemisiifolia* are located in the south of Russia: in the North Caucasus, Rostov Oblast and Volgograd Oblast, Kalmykia. Local outbreaks of the species were detected in the Kursk Oblast, Belgorod Oblast, Voronezh Oblast, Astrakhan Oblast, Saratov Oblast and Orenburg Oblast, in addition to them – in Dagestan, Bashkortostan (Vinogradova et al., 2009; Esipenko, 2018), in the Volga-Kama region (On the distribution..., 1994), in the south of Western Siberia, in Altai Krai, Khabarovsk Krai and Primorsky Krai (Vinogradova et al., 2009; Esipenko, 2018). Taking into account how successful the invasion of *A. artemisiifolia* was in many regions of Russia, state regulation of the species was required: it was included in the lists of quarantine pests of different years (Agreement between..., 1987; order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated December 26, 2007 No. 673; Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated December 15, 2014 No. 501; Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission dated November 30, 2016 No. 158), control methods have been developed.

According to the website of Rosselkhoznadzor (Rosselkhoznadzor..., 2023), as of March 29, 2023, 897 quarantine phytosanitary zones have been established in the Russian Federation for *A. artemisiifolia* in 31 regions. The latest published “National report on the quarantine phytosanitary state of the territory of the Russian Federation in 2021” contains information that the total area of quarantine zones for *A. artemisiifolia* was 7,262,210.913 ha (National Report..., 2022).

Despite the development and use of an impressive arsenal of control means, including chemical, agrotechnical and quarantine phytosanitary measures, *A. artemisiifolia* continues to get introduced into new regions of the Russian Federation. In recent studies (Afonin, 2019; Definition of ecological-geographical..., 2022), the modern actual boundary of the species naturalization in the European territory of Russia has been clarified. This border runs along the south of Bryansk Oblast, Kursk Oblast and Saratov Oblast, the north of Voronezh Oblast (Definition of ecological and geographical..., 2022). According to scientists, the difference between the potential and

(Определение эколого-географического..., 2022). По мнению ученых, разница между потенциальной и реализованной эколого-географическими границами натурализации амброзии полынно-листной на территории европейской части России составляет примерно 100–200 км. Граница распространения *A. artemisiifolia* может продвигаться еще дальше на север – в Брянскую, Орловскую, Липецкую, Тамбовскую, Саратовскую, Оренбургскую области, южную половину Пензенской области, на юг Ульяновской, Самарской областей и Башкортостана (Определение эколого-географического..., 2022).

Поскольку вид представляет опасность для сельскохозяйств (в силу своей конкурентоспособности) и человека (из-за возможности вызывать аллергические реакции), быстро распространяется, успешно акклиматизируется в новых регионах РФ, важно систематизировать и актуализировать информацию о присутствии вида и на территории Пензенской области. Необходимость такого исследования подкрепляется также возможностью регулярных заносов в связи с наличием стабильных торговых связей и развитой транспортной инфраструктурой со всеми соседними с Пензенской областью территориями, где амброзия полыннолиственная присутствует: Саратовской областью (Определение эколого-географического..., 2022), Республикой Мордовией и Ульяновской областью (О распространении..., 1994), Рязанской и Тамбовской областями (на 27 февраля 2023 г., одна и две карантинные фитосанитарные зоны соответственно) (Россельхознадзор..., 2023).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ обнаружений амброзии полыннолистной в пределах Пензенской области проведен на основе различных источников: литературных данных, посвященных флоре и растительности Пензенской области (Васюков, 2004; Васюков, Саксонов, 2020; Солянов, 2001), интернет-ресурсов (inaturalist.org), персональных сообщений специалистов (А.Н. Афонин, Ю.С. Ли), собственных полевых исследований полей сельскохозяйственных культур и обочин полевых, автомобильных дорог и магистралей.

Флористические наблюдения проводили в 2019–2022 гг. на автомобиле по основным транспортным магистралям в пределах Пензенской области (Р-158 г. Нижний Новгород – г. Саратов, Р-207 г. Пенза – г. Балашов – г. Михайловка, Р-208 г. Пенза – г. Тамбов, М-5 «Урал» г. Москва – г. Челябинск) и по второстепенным трассам (г. Сердобск – р. п. Беково – р. п. Тамала, г. Белинский – р. п. Тамала, г. Каменка – р. п. Пачелма, р. п. Пачелма – р. п. Башмаково, р. п. Башмаково – р. п. Земетчино, с. Кувак-Никольское – с. Вадинск, «Пенза – Тамбов» – с. Яковлевка, с. Яковлевка – р. п. Тамала, с. Яковлевка – р. п. Беково, М-5 «Урал» – с. Наровчат).

Хотя амброзия полыннолиственная не была ранее зарегистрирована на полях Пензенской области, в 2019–2022 гг. был проведен мониторинг посевов, чтобы удостовериться в ее отсутствии. За это время было обследовано 49 посевов пшеницы общей площадью более 8200 га, 21 поле льна масличного общей площадью более 2000 га, 5 посевов сои площадью 812 га и 3 поля сахарной свеклы площадью около 250 га (см. табл. 1).

Исследования проводили по краю и в основной части посевов. Обследовали весь периметр поля

realized ecological and geographical boundaries of the naturalization of *A. artemisiifolia* in the European part of Russia is approximately 100–200 km. The border of distribution of *A. artemisiifolia* can move even further to the north – to the Bryansk Oblast, Oryol Oblast, Lipetsk Oblast, Tambov Oblast, Saratov Oblast, Orenburg Oblast, the southern half of Penza Oblast, to the south of Ulyanovsk Oblast, Samara Oblast and Bashkortostan (Definition of ecological and geographical..., 2022).

Since the species is dangerous for crops (due to its competitiveness) and humans (due to the possibility of causing allergic reactions), it spreads rapidly, successfully adapts in new regions of the Russian Federation, it is important to systematize and update information about the presence of the species in Penza Oblast. The need for such a study is also supported by the possibility of regular drifts due to the presence of stable trade relations and a developed transport infrastructure with all territories adjacent to Penza Oblast where *A. artemisiifolia* is present: Saratov Oblast (Definition of ecological and geographical..., 2022), the Republic of Mordovia and Ulyanovsk Oblast (On the distribution..., 1994), Ryazan Oblast and Tambov Oblast (as of February 27, 2023, the one and two quarantine phytosanitary zones, respectively) (Rosselkhozadzor..., 2023).

MATERIALS AND METHODS

An analysis of *A. artemisiifolia* detections within Penza Oblast was carried out on the basis of various sources: literature data on the flora and vegetation of Penza Oblast (Vasyukov, 2004; Vasyukov, Saxonov, 2020; Solyanov, 2001), Internet resources (inaturalist.org), personal messages specialists (A.N. Afonin, Yu.S. Li), own field studies of crop fields and field roadsides, roads and highways.

Floristic observations were carried out in 2019–2022 by car along the main transport routes within Penza Oblast (R-158 Nizhny Novgorod – Saratov, R-207 Penza – Balashov – Mikhailovka, R-208 Penza – Tambov, M-5 “Ural” Moscow – Chelyabinsk) and along secondary routes (Serdobsk – Bekovo – Tamala, Belinsky – Tamala, Kamenka – Pachelma, Pachelma – Bashmakovo, Bashmakovo – Zemetchino, Kuvak-Nikolskoye – Vadinsk, Penza – Tambov – Yakovlevka, Yakovlevka – Tamala, Yakovlevka – Bekovo, M-5 “Ural” – Narovchat).

Although *A. artemisiifolia* was not previously registered in the fields of Penza Oblast, in 2019–2022 crops were monitored to make sure it was not present. During this time, 49 wheat crops with a total area of more than 8,200 ha, 21 oil flax fields with a total area of more than 2,000 ha, 5 soybean crops with an area of 812 ha, and 3 sugar beet crops with an area of about 250 ha were surveyed (see Table 1).

Research was carried out along the edge and in the main part of the crops. The entire perimeter of the field was surveyed either on foot or, where possible, moving by car at a minimum speed. The study of the main part of the array was carried out by laying deep into the field from two to several transects

либо пешком, либо, где это возможно, передвигаясь на автомобиле с минимальной скоростью. Исследование основной части массива проводили путем прокладывания вглубь поля от двух до нескольких трансект длиной от 20 до 100 м (в зависимости от площади посевов). Стандартные схемы осмотра не применяли из-за сложной конфигурации большинства исследованных полей.

При обнаружении *A. artemisiifolia* определяли обилие вида по шкале Друде, размер растений, фенофазу, в которой пребывало большинство растений вида, географические координаты, краткое описание местообитания и сопутствующих видов растений (по методике экспедиционных обследований, предложенной Афониным и др. (2019)).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Находки *Ambrosia artemisiifolia* L. в Пензенской области по данным разных источников

Первый гербарный сбор амброзии полыннолистный на территории Пензенской области был сделан В.М. Васюковым и А.П. Сухоруковым

with a length of 20 to 100 m (depending on the area of crops). Standard inspection schemes were not used due to the complex configuration of most of the studied fields.

When detecting *A. artemisiifolia*, the abundance of the species was determined according to the Drude scale, plant size, phenophase in which most of the plants of the species lived, geographic coordinates, a brief description of the habitat and associated plant species (according to the method of expeditionary surveys proposed by Afonin et al. (2019)).

RESULTS AND DISCUSSION

Detections of *Ambrosia artemisiifolia* L. in the Penza region according to different sources

The first herbarium collection of *A. artemisiifolia* in Penza Oblast was made by V.M. Vasyukov and A.P. Sukhorukov on June 30, 2000 in the Tamala district of Penza Oblast on the embankment of the Tamala railway station (Solyanov, 2001) (see Table 2). Subsequently, *A. artemisiifolia* was reported quite rarely and again on the railway tracks in Tamala, Serdobsk, and Penza (Vasyukov, 2004; Vasyukov and Saxonov, 2020;

Табл. 1. Мониторинг *Ambrosia artemisiifolia* L. в посевах сельскохозяйственных культур Пензенской области в 2019–2022 гг.

Table 1. Monitoring of *Ambrosia artemisiifolia* L. in agricultural crops of Penza Oblast in 2019–2022

Year of examination	Культура	Culture	Район исследований	Research area	Координаты	Площадь поля, га		
2019	Озимая пшеница	Winter wheat	Тамалинский	Tamalinsky	52.793800, 43.533050	293		
					52.794480, 43.541114	498		
					52.756430, 43.544510	237		
					52.756590, 43.555340	232		
	Сердобский	Serdobsky	52.778050, 43.886540	54				
					Бековский	Bekovsky	52.486245, 43.552130	189
					Кольшлейский	Kolyshleysky	52.820720, 44.450500	251
52.812740, 44.464130	161							
2020	Озимая пшеница	Winter wheat	Кольшлейский	Kolyshleysky	52.803357, 44.493202	221		
					52.800996, 44.511333	111		
	Яровая пшеница	Spring wheat			52.813050, 44.467390	408		
							Бековский	Bekovsky
	Сердобский	Serdobsky	52.397250, 44.081680	178				
			52.395780, 44.08060	203				
	Пензенский	Penzensky	53.036166, 44.771721	238				
			53.033895, 44.779172	363				
	Малосердобинский	Maloserdobinsky	52.474446, 45.206296	255				
			52.474352, 45.209792	423				
	Наровчатский	Narovchatsky	53.73107, 43.67059	130				
			53.93202, 43.60084	113				
	Яровая пшеница	Spring wheat			53.767513, 43.641062	65		
					53.766680, 43.644632	127		
Озимая пшеница	Winter wheat	Кузнецкий	Kuznetsky	53.092770, 46.312259	50			
2021	Озимая пшеница	Winter wheat	Башмаковский	Bashmakovsky	53.216426, 43.066862	55		
					53.219568, 43.110786	37		
			Вадинский	Vadinsky	53.628441, 43.290695	27		

Табл. 1. Продолжение

Table 1. Continuation

Год обследования

Year of examination	Культура	Culture	Район исследований	Research area	Координаты	Площадь поля, га			
examination	Культура	Culture	исследований	Research area	Coordinates	Field area, ha			
2021	Масличный лен	Oil flax	Башмаковский	Bashmakovsky	53.08229, 42.85944	85			
					53.16058, 42.77430	210			
					53.17502, 42.79479	200			
					53.16166, 42.79605	150			
					53.13269, 42.67630	1,8			
					53.18331, 42.86830	210			
					53.17594, 42.90657	54,5			
					53.17588, 42.90622	59,1			
					53.14096, 42.89382	170			
					53.17257, 43.05841	15,2			
					53.17694, 43.10432	140			
					53.15635, 42.83590	40,4			
					53.19217, 42.71000	76,3			
					53.11811, 43.05875	5			
	53.14827, 43.06243	71,9							
	Пензенский	Penzensky	53.00163, 44.46820	61,2					
			52.98618, 44.48543	210					
			52.98542, 44.50977	100					
	Вадинский	Vadinsky	53.64110, 43.09003	56,6					
			53.65359, 43.09821	69,3					
			53.64315, 43.07377	110					
	Соя	Soy-beans	Пензенский	Penzensky	52.99387, 44.52308	170			
					52.99160, 44.53357	170			
Белинский			Belinsky	52.98946, 42.91183	190				
				52.99697, 42.96358	210				
Сахарная свекла	Sugar beet	Башмаковский	Bashmakovsky	52.99839, 42.98442	72				
				53.17634, 43.02953	92,4				
2022	Озимая пшеница	Winter wheat	Тамалинский	Tamalinsky	53.16935, 43.08173	34,7			
					53.17582, 42.75716	120			
					52.687070, 43.580669	117			
					52.693870, 43.556801	42			
						52.672063, 43.538733	340		
						52.535401, 43.244243	64		
						Белинский	Belinsky	52.912225, 43.400566	20
								Яровая пшеница	Spring wheat
	53.307548, 43.317516	82							
	Озимая пшеница	Winter wheat				53.308384, 43.311265	52		
						53.306487, 43.313774	72		
	Яровая пшеница	Spring wheat	Каменский	Kamensky	53.16043, 44.31742	93			
					Пензенский	Penzensky	53.14058, 44.30588	44	
			53.14961, 44.33366	166					
			53.16703, 44.35482	216					
			53.17572, 44.39711	200					
			53.19051, 44.42113	22					
			53.18751, 44.42766	52					
			53.18221, 44.43361	12					
			53.09153, 44.37168	417					
			53.02213, 44.39672	286					
			Спасский	Spassky	53.687506, 43.535240	900			
Вадинский	Vadinsky	53.721780, 43.024960	44						
		53.733835, 43.025647	26						

30.06.2000 в Тамалинском районе Пензенской области на насыпи железнодорожной станции Тамала (Солянов, 2001) (см. табл. 2). В последующем *A. artemisiifolia* встречали довольно редко и снова на железнодорожных путях в р. п. Тамала, г. Сердобске и г. Пензе (Васюков, 2004; Васюков, Саксонов, 2020; Горбушина, 2021; Фролова, 2021) (см. табл. 2). В 2021 г. амброзия полыннолистная была впервые обнаружена и на обочине трассы М-5 в районе пгт Евлашево (А.Н. Афонин, Ю.С. Ли, персональное сообщение, 2021). Было отмечено, что найденная ценопопуляция занимала южную и северную обочину дороги с разным обилием полосой до 100 м.

**Собственные полевые исследования
2019–2022 гг.**

В результате проведенных обследований посевов сельскохозяйственных культур Пензенской области (см. табл. 1) в 2019–2022 гг. *Ambrosia artemisiifolia* не выявлена.

Зафиксированная А.Н. Афоным и Ю.С. Ли в 2021 г. ценопопуляция амброзии полыннолистной по обочине автодороги недалеко от пгт Евлашево

Gorbushina, 2021; Frolova, 2021) (Table 2). In 2021, *A. artemisiifolia* was first detected on the side of the M-5 highway in the area of the village of Evlashevo (A.N. Afonin, Yu.S. Li, personal communication, 2021). It was noted that the cenopopulation detected occupied the southern and northern roadsides with different abundances in a strip up to 100 m.

**Personal field research
2019–2022**

As a result of surveys of agricultural crops in Penza Oblast (see Table 1) in 2019–2022 *Ambrosia artemisiifolia* was not detected.

Recorded by A.N. Afonin and Yu.S. Li in 2021, the *A. artemisiifolia* cenopopulation along the roadside near the village of Yevlashevo was also detected by us in 2022. The cenopopulation was still located both on the southern and northern parts of the highway and occupied the roadside at least 100 m long with a total area of 0.6 ha. Specimens of *A. artemisiifolia* were quite often detected, but they grew only along the roadside, slightly descending along the roadside embankment, and were not recorded in the adjacent field. Plants are low

Табл. 2. Обнаружения *Ambrosia artemisiifolia* L. в Пензенской области

Год обнаружения	Район обнаружения	Координаты	Тип местообитания	Исследователи	Источник данных
2000	Тамалинский р-н, ж.-д. ст. Тамала	–	железнодорожная насыпь	В.М. Васюков, А.П. Сухоруков	Солянов, 2001
	г. Сердобск, р. п. Тамала; г. Пенза	–	железнодорожные пути	*	Васюков, 2004; Васюков, Саксонов, 2020
2021	Сердобский р-н	52.447908, 44.174652	железнодорожная насыпь	Т.В. Горбушина	https://www.inaturalist.org/observations/92321335
2021	г. Пенза, микрорайон Северная Поляна	53.235431, 45.02012	железнодорожная насыпь	Е. Фролова	https://www.inaturalist.org/observations/92225410
2021	Кузнецкий р-н, 2,5 км восточнее пгт Евлашево	53.11417, 46.88406	обочины автомобильной дороги	А.Н. Афонин, Ю.С. Ли	А.Н. Афонин, Ю.С. Ли, персональное сообщение
2022	Кузнецкий р-н, 2,5 км восточнее пгт Евлашево	53.11417, 46.88406	обочины автомобильной дороги	Е.А. Сухолозова, Е.А. Сухолозов	собственное наблюдение

Table 2. Detections of *Ambrosia artemisiifolia* L. in Penza Oblast

Year of detection	Detection area	Coordinates	Habitat	Researchers	Data source
2000	Tamalinsky district, railway station Tamala	–	railway embankment	V.M. Vasyukov, A.P. Sukhorukov	Solyanov, 2001
	Serdobsk, Tamala; Penza	–	railways	*	Vasyukov, 2004; Vasyukov, Saksonov, 2020
2021	Serdobsky district	52.447908, 44.174652	railway embankment	T.V. Gorbushina	https://www.inaturalist.org/observations/92321335
2021	Penza, Severnaya Polyana microdistrict	53.235431, 45.02012	railway embankment	E. Frolova	https://www.inaturalist.org/observations/92225410
2021	Kuznetsky district, 2.5 km east of the village of Yevlashevo	53.11417, 46.88406	roadsides	A.N. Afonin, Yu.S. Li	A.N. Afonin, Yu.S. Li, personal message
2022	Kuznetsky district, 2.5 km east of the village of Yevlashevo	53.11417, 46.88406	roadsides	E.A. Sukholozova, E.A. Sukholozov	own observation

была обнаружена нами и в 2022 г. Ценопопуляция по-прежнему располагалась как с южной, так и с северной стороны трассы и занимала придорожную обочину длиной не менее 100 м и общей площадью около 0,6 га. Экземпляры *A. artemisiifolia* встречались довольно обильно, но произрастали только по обочине, немного спускаясь по придорожной насыпи, и не встречались в рядом расположенном поле. Растения низкорослые, в общей массе 15–20 см (максимум до 30 см) высотой (см. рисунок). 27 июля они находились большей частью в фазе бутонизации, некоторые – в начале пыления.

На обочине автомагистрали наряду с *A. artemisiifolia* преобладали *Elymus repens* (L.) Gould, 1947, *Polygonum arenastrum* Boreau, 1857, *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., 1812, довольно обильно встречался *Medicago lupulina* L., 1753, рассеяно – *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., 1844, *Trifolium hybridum* L., 1753, единично – *Plantago major* L., 1753, *Chenopodium album* L., 1753, *Taraxacum officinale* F.H. Wigg. (1780), *Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey, 1831, *Conyza canadensis* (L.) Cronquist, 1943, *Convolvulus arvensis* L., 1753.

Амброзия полыннолистная – это однолетнее короткодневное ветроопыляемое растение с широким экологическим диапазоном. В исследованиях последних лет (Афонин, 2019; Адаптивный потенциал..., 2022; Определение эколого-географического..., 2022) показано, что при продвижении вида на север происходит отбор таких его генотипов, которые ориентированы на зацветание при более длинном дне, что мы и наблюдали в исследованной ценопопуляции вида недалеко от пгт Евлашево. Это увеличивает продолжительность репродуктивного периода и дает дополнительные ресурсы тепла для созревания завязавшихся семян. С другой стороны, удлинение репродуктивного периода амброзии полыннолистной происходит за счет сокращения периода вегетативного роста. Это приводит к упрощению вегетативной организации растений северных популяций, низкорослости, уменьшению мощности корневой системы, что, в свою очередь, обуславливает значительное уменьшение конкурентоспособности в фитоценозе. Именно поэтому в северных популяциях, в том числе и пензенских, вид распространяется преимущественно в нарушенных сообществах: на откосах дорог, участках строительства и т. п. А.Н. Афонин с соавторами (Адаптивный потенциал, 2022; Определение эколого-географического..., 2022) предполагает, что в результате естественного отбора в подобных сообществах, возможно, произойдет селекция наиболее скороспелых генотипов *A. artemisiifolia* и сохранившиеся наиболее устойчивые генотипы образуют натурализовавшуюся популяцию и продвинуется еще на север. Дальнейшее расширение современного ареала амброзии полыннолистной связано и с глобальными климатическими изменениями (Адаптивный потенциал, 2022; Определение эколого-географического..., 2022).

Обнаруженная ценопопуляция *A. artemisiifolia* у пгт Евлашево находится пока в пределах территории потенциальной эколого-географической ниши, модель которой была представлена в статье А.Н. Афолина и др. (Определение эколого-географического..., 2022).

Дальнейшее продвижение существующей ценопопуляции амброзии полыннолистной и занос новых плодов обусловлены в первую очередь

growing, with a total mass of 15–20 cm (maximum up to 30 cm) tall (see Fig.). On July 27, they were mostly in the budding phase, some were at the beginning of dusting.

On the side of the motorway, along with *A. artemisiifolia*, there were *Elymus repens* (L.) Gould, 1947, *Polygonum arenastrum* Boreau, 1857, *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., 1812, quite abundant *Medicago lupulina* L., 1753, dispersed – *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., 1844, *Trifolium hybridum* L., 1753, sporadically – *Plantago major* L., 1753, *Chenopodium album* L., 1753, *Taraxacum officinale* F.H. Wigg. (1780), *Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey, 1831, *Conyza canadensis* (L.) Cronquist, 1943, *Convolvulus arvensis* L., 1753.

A. artemisiifolia is an annual, short-day, wind-pollinated plant with a wide ecological range. In recent studies (Afonin, 2019; Adaptive potential..., 2022; Definition of ecological and geographical..., 2022), it has been shown that when a species moves north, its genotypes are selected that are oriented towards flowering with a longer day, which we observed in the studied cenopopulation of the species near the village of Evlashevo. This increases the duration of the reproductive period and provides additional heat resources for the maturation of the set seeds. On the other hand, the lengthening of the reproductive period of *A. artemisiifolia* occurs due to the reduction of the period of vegetative growth. This leads to a simplification of the vegetative organization of plants of northern populations, short stature, and a decrease in the power of the root system, which, in turn, causes a significant decrease in competitiveness in the phytocenosis. That is why in the northern populations, including Penza, the species occurs mainly in disturbed communities: on the slopes of roads, construction sites, etc. A.N. Afonin et al. (Adaptive potential, 2022; Definition of ecological-geographical..., 2022) suggests that as a result of natural selection in such communities, the selection of the most early maturing genotypes of *A. artemisiifolia* may occur and the remaining most stable genotypes form a naturalized population and advance another north. Further expansion of the modern range of *A. artemisiifolia* is also associated with global climate change (Adaptive potential, 2022; Definition of ecological and geographical..., 2022).

The detected *A. artemisiifolia* cenopopulation near Yevlashevo is still within the territory of a potential ecological and geographical niche, the model of which was presented in the article by A.N. Afonina et al. (Definition of ecological and geographical..., 2022).

Further expansion of the existing *A. artemisiifolia* cenopopulation and the introduction of new fruits are primarily due to the anthropogenic factor: accidental spills from trucks during the transportation of contaminated plant products; the creation of powerful air currents moving at a considerable speed along the highway, capable of carrying the achenes of the species to new places. Wind and melt water, of course, take part in the dispersal of the species in roadside conditions. In addition, according to recent observations made in Kazakhstan, *A. artemisiifolia* is also characterized by endozoochory (Kazenas, Berezhovikov, 2020): *Passer montanus*, *Fringilla coelebs*, and



Рисунок. Ценопопуляция *A. artemisiifolia* на обочине дороги (фото Е.А. Сухолозовой)

Fig. *A. artemisiifolia* cenopopulation on the roadside (photo by E.A. Sukholozova)

антропогенным фактором: случайными просыпаниями из грузовых машин в ходе перевозки засоренной растительной продукции; созданием передвигающимися на значительной скорости по трассе грузовиками мощных воздушных потоков, способных переносить семена вида на новые места. В расселении вида в условиях обочины, конечно, принимают участие ветер и талые воды. Кроме того, по недавним наблюдениям, сделанным в Казахстане, для *A. artemisiifolia* характерна и эндозоохория (Казенас, Березовиков, 2020): сеянками амброзии полыннолистной кормятся полевые воробьи *Passer montanus*, зяблики *Fringilla coelebs*, юрки *Fringilla montifringilla*. Все эти виды присутствуют и в орнитофауне Пензенской области (Фролов и др., 2022), а значит, также потенциально могут участвовать в распространении вида.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С момента первого обнаружения *A. artemisiifolia* в Пензенской области прошло 23 года. Большинство последующих находок были связаны с заносом

Fringilla montifringilla feed on *A. artemisiifolia* achenes. All these species are also present in the avifauna of Penza Oblast (Frolov et al., 2022), which means that they can also potentially participate in the distribution of the species.

CONCLUSION

23 years have passed since the first report of *A. artemisiifolia* in Penza Oblast. Most of the subsequent detections were associated with skidding along railway tracks. Such periodic detection of *A. artemisiifolia* indicates that the species did not form stable populations. However, the resumption of the *A. artemisiifolia* cenopopulation on the side of the highway for two years, the retention of the occupied territory with a sufficient abundance of the species indicate the possible beginning of its naturalization and the shift of the northern boundary of the species range. Due to the fact that there is a change in the timing of flowering by a longer day compared to the southern populations (Adaptive potential..., 2022), the reproductive period is lengthened, which allows ragweed to form normal fruits in the conditions of Penza Oblast. However, an increase in the reproductive period occurs due to a reduction in the period of vegetative growth, therefore, the plants of the studied cenopopulation are undersized, with a less powerful root system, and therefore less competitive, so far confined to ruderal habitats – roadsides and slopes.

Thus, taking into account the general trend of shifting the northern border of *A. artemisiifolia* to the north, the ecological plasticity of the species, it is important to continue the systematic

survey of the area in order to timely identify outbreaks of the quarantine species and prevent their further spread.

Acknowledgement. The authors express their deep gratitude to A.N. Afonin (St. Petersburg State University, Institute of Geosciences) for information on the cenopopulation of *A. artemisiifolia* in the Kuznetsk district of Penza Oblast and discussion of the materials of this article. The authors are sincerely grateful to Yu.Yu. Kulakova (Bykovo, VNIKIR) and N.N. Luneva (St. Petersburg, VIZR) for constructive discussion of the article during its preparation.

REFERENCES

1. Afonin A.N., Fedorova Yu.A., Li Yu.S. Character of occurrence and abundance of common ragweed

по железнодорожным путям. Такое периодическое обнаружение амброзии полыннолистной свидетельствует о том, что вид устойчивых популяций не образовывал. Однако, возобновление ценопопуляции *A. artemisiifolia* на обочине автомобильной дороги в течение двух лет, удержание занятой территории с достаточным обилием вида говорят о возможном начале его натурализации и смещении северной границы ареала вида. За счет того, что происходит изменение сроков цветения на более длинный день по сравнению с южными популяциями (Адаптивный потенциал..., 2022), репродуктивный период удлиняется, что позволяет амброзии полыннолистной в условиях Пензенской области сформировать нормальные плоды. Однако, увеличение репродуктивного периода происходит за счет сокращения периода вегетативного роста, поэтому растения исследованной ценопопуляции низкорослые, с менее мощной корневой системой, а значит, и менее конкурентоспособные, приуроченные пока к рудеральным местообитаниям – обочинам и откосам дорог.

Таким образом, учитывая общую тенденцию смещения северной границы амброзии полыннолистной на север, экологическую пластичность вида, важно продолжать систематическое обследование области для своевременного выявления очагов карантинного вида и предотвращения дальнейшего их распространения.

Благодарность. Авторы выражают глубокую благодарность А.Н. Афонину (Санкт-Петербург, СПбГУ, Институт наук о Земле) за информацию о ценопопуляции *A. artemisiifolia* в Кузнецком районе Пензенской области и обсуждение материалов настоящей статьи. Авторы искренне признательны Ю.Ю. Кулаковой (р. п. Быково, ФГБУ «ВНИИИР») и Н.Н. Луневоу (Санкт-Петербург, ВИЗР) за конструктивное обсуждение статьи в ходе ее подготовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афонин А.Н., Федорова Ю.А., Ли Ю.С. Характеристика частоты встречаемости и обилия амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.) в связи с оценкой потенциала ее распространения на Европейской территории России // Российский журнал биологических инвазий. 2019. № 2. С. 1–9.
2. Афонин А.Н., Баранова О.Г., Кулакова Ю.Ю., Федорова Ю.А., Владимиров Д.Р., Герус А.В., Герус Е.Ю., Григорьевская А.Я., Закота Т.Ю. Адаптивный потенциал амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L. (Asteraceae)) в связи с ее продвижением на север: опыт биоклиматического и эколого-географического анализа и моделирования распространения инвазионного вида // Журнал общей биологии. 2022. Т. 83. № 1. С. 71–80.
3. Афонин А.Н., Баранова О.Г., Федорова Ю.А., Абрамова Л.М., Бочко Т.Ф., Коцарева Н.В., Ли Ю.С., Милюткина Е.А., Пикалова Н.А., Прохоров В.Е., Сенатор С.А. Определение эколого-географического потенциала продвижения *Ambrosia artemisiifolia* L. на север Европейской территории России на основе сравнения северных границ первичного и вторичного ареалов // Российский журнал биологических инвазий. 2022. Т. 15. № 1. С. 2–12.
4. Васюков В.М. Растения Пензенской области (конспект флоры). Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004, 184 с.

(*Ambrosia artemisiifolia* L.) with evaluation of its distribution potential in European Russia [Kharakteristika chastoty vstrechayemosti i obiliya ambrozii polynno-listnoy (*Ambrosia artemisiifolia* L.) v svyazi s otsenkoy potentsiala yeye rasprostraneniya na Yevropeyskoy territorii Rossii] // Russian Journal of Biological Invasions. 2019. No. 2. P. 1–9. (In Russ.)

2. Afonin A.N., Baranova O.G., Kulakova Yu.Yu., Fedorova Yu.A., Vladimirov D.R., Gerus A.V., Gerus E.Yu., Grigoryevskaya A.Ya., Zakota T.Yu. The adaptive potential of ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L. (Asteraceae)) in connection with its advancement to the north: an experience of bioclimatic and ecological-geographical analysis and modeling of the distribution of an invasive species [Adaptivnyy potentsial ambrozii polynno-listnoy (*Ambrosia artemisiifolia* L. (Asteraceae)) v svyazi s yeye prodvizheniyem na sever: opyt bioklimaticheskogo i ekologo-geograficheskogo analiza i modelirovaniya rasprostraneniya invazionnogo vida] // Journal of General Biology. 2022. Vol. 83. No. 1. P. 71–80. (In Russ.)

3. Afonin A.N., Baranova O.G., Fedorova Yu.A., Abramova L.M., Bochko T.F., Kotsareva N.V., Li Yu.S., Milyutina E.A., Pikalova N.A., Prokhorov V.E., Senator S.A. Determination of the ecological and geographical potential of *Ambrosia artemisiifolia* L. advancement to the north of the European territory of Russia based on a comparison of the northern boundaries of the primary and secondary ranges [Opredeleniye ekologo-geograficheskogo potentsiala prodvizheniya *Ambrosia artemisiifolia* L. na sever Yevropeyskoy territorii Rossii na osnove sravneniya severnykh granits pervichnogo i vtorichnogo arealov] // Russian Journal of Biological Invasions. 2022. Vol. 15. No. 1. P. 2–12. (In Russ.)

4. Vasyukov V.M. Plants of Penza Oblast (compendium of flora) [Rasteniya Penzenskoy oblasti (konspekt flory)]. Penza: Penz Publishing House. state un-ty, 2004, 184 p. (In Russ.)

5. Vasyukov V.M., Saksonov S.V. Synopsis of the flora of Penza Oblast [Konspekt flory Penzenskoy oblasti] / Flora of the Volga basin. Vol. IV; scientific ed. prof. S.V. Saxons. Tolyatti: Anna, 2020, 211 p. (In Russ.)

6. Vinogradova Yu.K., Maiorov S.R., Khorun L.V. Black Book of Flora of Central Russia (Alien species of plants in ecosystems of Central Russia) [Chernaya kniga flory Sredney Rossii (Chuzherodnyye vidy rasteniy v ekosistemakh Sredney Rossii)]. Moscow: GEOS, 2009, 494 p. (In Russ.)

7. Esipenko L.P. The history of the control of adventitious weeds in Russia by biological methods and the prospects for its use in the suppression of ragweed *Ambrosia artemisiifolia* L. (Asteraceae) [Istoriya borby s adventivnoy sornoy rastitelnostyu v Rossii biologicheskimi metodami i perspektivy yego ispolzovaniya v podavlenii ambrozii polynno-listnoy *Ambrosia artemisiifolia* L. (Asteraceae)] // Nauka Kuban. 2009. No. 3. P. 4–9. (In Russ.)

8. Esipenko L.P. Biological substantiation of methods and means of reducing the harmfulness and limiting the spread of ragweed *Ambrosia artemisiifolia* L.

5. Васюков В.М., Саксонов С.В. Конспект флоры Пензенской области / Флора Волжского бассейна. Т. IV; науч. ред. проф. С.В. Саксонов. Тольятти: Анна, 2020, 211 с.

6. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России (Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России). М.: ГЕОС, 2009, 494 с.

7. Есипенко Л.П. История борьбы с адвентивной сорной растительностью в России биологическими методами и перспективы его использования в подавлении амброзии полыннолистной *Ambrosia artemisiifolia* L. (Asteraceae) // Наука Кубани. 2009. № 3. С. 4–9.

8. Есипенко Л.П. Биологическое обоснование приемов и средств снижения вредоносности и ограничения распространения амброзии полыннолистной *Ambrosia artemisiifolia* L. (Ambrosieae, Asteraceae): дис. ... доктора биол. наук: 06.01.07. – СПб. – 2018. – 316 с.

9. Казенас В.Л., Березовиков Н.Н. Семена амброзии полыннолистной *Ambrosia artemisiifolia* – новая пища зимующих зябликов *Fringilla coelebs*, юрков *Fringilla montifringilla* и полевых воробьев *Passer montanus* в Семирежье // Русский орнитологический журнал. 2020. Т. 29. № 2003. С. 5588–5592.

10. Никитин В.В. Сорные растения флоры СССР. Л.: Наука, 1983, 454 с.

11. Димитриев А.В., Абрамов Н.В., Мининзон И.Л., Папченков В.Г., Пузырев А.Н., Раков Н.С., Силаева Т.Б. О распространении *Ambrosia artemisiifolia* (Asteraceae) в Волжско-Камском регионе // Ботанический журнал. 1994. Т. 79. № 1. С. 79–84.

12. Солянов А.А. Флора Пензенской области. Пенза: ПГПУ им. В.Г. Белинского, 2001, 310 с.

13. Фролов В.В., Анисимова Г.А., Ермаков О.А. Изменения авифауны Пензенской области за период 1926–2022 гг. // Полевой журнал биолога. 2022. Т. 4. № 1. С. 45–79.

14. Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации в 2021 году [Электронный ресурс]. – URL: https://fsvps.gov.ru/sites/default/files/files/monitoring/nacdoklad_2021_iz_prf.pdf (дата обращения: 31.03.2023).

15. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 26 декабря 2007 г. № 673 «Об утверждении Перечня карантинных объектов» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902081981#6540IN> (дата обращения: 31.03.2023).

16. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 15 декабря 2014 г. № 501 «Об утверждении Перечня карантинных объектов» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420245004?ysclid=lfz7olxqld881224066> (дата обращения: 31.03.2023).

17. Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 30 ноября 2016 г. № 158 «Об утверждении единого перечня карантинных объектов Евразийского экономического союза» [Электронный ресурс]. – URL: https://fsvps.gov.ru/fsvps-docs/ru/news/files/20348/158_reshenie.pdf (дата обращения: 31.03.2023).

18. Россельхознадзор/Полезная информация/Карантинные фитосанитарные зоны [Электронный ресурс]. – URL: <https://old.fsvps.gov.ru/fsvps/usefulinf> (дата обращения: 31.03.2023).

(Ambrosieae, Asteraceae) [Biologicheskoye obosnovaniye priyemov i sredstv snizheniya vredonosnosti i ogranicheniya rasprostraneniya ambrozii polynolistnoy *Ambrosia artemisiifolia* L. (Ambrosieae, Asteraceae)]: dis. ... doctor of biol. Sciences: 06.01.07. – St. Petersburg. – 2018. – 316 p. (In Russ.)

9. Kazenas V.L., Berezovikov N.N. Seeds of ragweed *Ambrosia artemisiifolia* – new food for wintering finches *Fringilla coelebs*, brambling *Fringilla montifringilla* and field sparrows *Passer montanus* in Semirechye [Semena ambrozii polynolistnoy *Ambrosia artemisiifolia* – novaya pishcha zimuyushchikh zyblikov *Fringilla coelebs*, yurkov *Fringilla montifringilla* i polevykh vorob'yev *Passer montanus* v Semirechye] // Russian Ornithological Journal. 2020. Vol. 29. No. 2003. P. 5588–5592. (In Russ.)

10. Nikitin V.V. Weeds of the flora of the USSR [Sornyye rasteniya flory SSSR]. L.: Nauka, 1983, 454 p. (In Russ.)

11. Dimitriev A.V., Abramov N.V., Mininzon I.L., Papchenkov V.G., Puzyrev A.N., Rakov N.S., Silaeva T.B. On the distribution of *Ambrosia artemisiifolia* (Asteraceae) in the Volga-Kama region [O rasprostraneni *Ambrosia artemisiifolia* (Asteraceae) v Volzhsko-Kamskom regione] // Botanical journal. 1994. Vol. 79. No. 1. P. 79–84. (In Russ.)

12. Solyanov A.A. Flora of Penza Oblast [Flora Penzenskoy oblasti]. Penza: PSPU im. V.G. Belinsky, 2001, 310 p. (In Russ.)

13. Frolov V.V., Anisimova G.A., Ermakov O.A. Changes in the avifauna of Penza Oblast in 1926–2022 [Izmeneniya avifauny Penzenskoy oblasti za period 1926–2022 gg.] // Field journal of a biologist. 2022. Vol. 4. No. 1. P. 45–79. (In Russ.)

14. National report on the quarantine phytosanitary state of the territory of the Russian Federation in 2021 [Electronic resource]. – URL: https://fsvps.gov.ru/sites/default/files/files/monitoring/nacdoklad_2021_iz_prf.pdf (last accessed: 31.03.2023).

15. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated December 26, 2007 No. 673 “On Approval of the List of Quarantine Objects” [Electronic resource]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902081981#6540IN> (last accessed: 31.03.2023).

16. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated December 15, 2014 No. 501 “On approval of the List of quarantine objects” [Electronic resource]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420245004?ysclid=lfz7olxqld881224066> (last accessed: 31.03.2023).

17. Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission dated November 30, 2016 No. 158 “On approval of a unified list of quarantine objects of the Eurasian Economic Union” [Electronic resource]. – URL: https://fsvps.gov.ru/fsvps-docs/ru/news/files/20348/158_reshenie.pdf (last accessed: 31.03.2023).

18. Rosselkhozнадзор/Useful information/Quarantine phytosanitary zones [Electronic resource]. – URL: <https://old.fsvps.gov.ru/fsvps/usefulinf> (last accessed: 31.03.2023).

19. Соглашение между Правительством Союза Советских Социалистических Республик и Правительством Французской Республики о сотрудничестве в области карантина и защиты растений (Париж, 11 марта 1987 г.) [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/12120047/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/?ysclid=lfz76ik5a0158296621> (дата обращения: 31.03.2023).

20. iNaturalist. Амброзия полыннолистная из: Сердобский р-н, Пензенская обл., Россия за 22.08.2021 в 11:14 от: Татьяна Горбушина. Железнодорожная насыпь [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.inaturalist.org/observations/92321335> (дата обращения: 31.03.2023).

21. iNaturalist. Амброзия полыннолистная из: Пенза, Пензенская обл., Россия, 440015 за 23.08.2021 в 11:55 от: Evgeniya Frolova [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.inaturalist.org/observations/92225410> (дата обращения: 31.03.2023).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сухолозова Екатерина Александровна, научный сотрудник Пензенского филиала ФГБУ «ВНИИКР», г. Пенза, Россия; *e-mail: E_kobozeva@mail.ru.*

Сухолозов Евгений Александрович, ученый секретарь МАУ «Пензенский зоопарк», г. Пенза, Россия; *e-mail: e.sukholozov@mail.ru.*

19. Agreement between the Government of the Union of Soviet Socialist Republics and the Government of the French Republic on cooperation in the field of quarantine and plant protection (Paris, March 11, 1987) [Electronic resource]. – URL: <https://base.garant.ru/12120047/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/?ysclid=lfz76ik5a0158296621> (last accessed: 31.03.2023).

20. iNaturalist. *Ambrosia artemisiifolia* from: Serdobsky district, Penza Oblast, Russia for 08/22/2021 at 11:14 from: Tatyana Gorbushina. Railway embankment [Electronic resource]. – URL: <https://www.inaturalist.org/observations/92321335> (last accessed: 31.03.2023).

21. iNaturalist. *Ambrosia artemisiifolia* from: Penza, Penza Oblast, Russia, 440015 for 08/23/2021 at 11:55 from: Evgeniya Frolova [Electronic resource]. – URL: <https://www.inaturalist.org/observations/92225410> (last accessed: 31.03.2023).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ekaterina Sukholozova, Researcher, Penza Branch, FGBU “VNIKR”, Penza, Russia; *e-mail: E_kobozeva@mail.ru.*

Evgeny Sukholozov, Scientific Secretary of Penza Zoo, Penza, Russia; *e-mail: e.sukholozov@mail.ru.*

Особенности биологии гравера обыкновенного *Pityogenes chalcographus* в Карелии

* ЛЯБЗИНА С.Н.¹, ЗЛОБИН Д.П.²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910

¹ Карельский филиал ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185000

¹ ORCID 0000-0003-3386-5724, e-mail: slyabzina@petsu.ru

² ORCID 0009-0009-1563-5571, e-mail: dmit.zl@yahoo.com

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся сведения о биологии гравера обыкновенного *Pityogenes chalcographus* Linnaeus, 1761 в Карелии. Представлены данные о встречаемости *P. chalcographus* в районах хвойных насаждений с разными климатическими зонами (среднетаежная зона и Крайний Север). Имаго гравера отлавливали с помощью феромонных ловушек производства ФГБУ «ВНИИКР». Ловушки выставляли в нескольких типах биоценозов – на ветровальных участках и в хвойных лесах (ельники и сосняки зеленомошные) – на 1 вегетационный сезон. Сравнивается плотность гравера в биоценозах природных охраняемых зон (заповедник «Кивач» и национальный парк «Паанаярви») и лесничествах. Наибольшее количество *P. chalcographus* в хвойных биоценозах отмечено в среднетаежной зоне (Прионежский и Пряжинский районы), где в ловушку за сезон попадает в среднем около 1 тыс. особей; в северных районах число отловленных особей уменьшается в 2 раза. В изучаемых лесничествах установлена невысокая численность гравера в сборах, что подтверждает контроль лесных служб за состоянием лесных насаждений. Напротив, ветровальные участки природных охраняемых зон являются локальными резерватами для вредителя. В статье указаны сроки лёта гравера на территории изучаемого региона, даны сведения о зимующих фазах вредителя. Количество отловленных самцов и самок в ловушках приблизительно в равном соотношении, что подтверждает высокую чувствительность диспенсера на основе агрегационного феромона халькографа для обоих полов. Это также предполагает возможность использовать данный феромон для изъятия вредителя из популяции при интегрированном методе борьбы.

Ключевые слова. Короеды, ксилобионты, феромон, феромониторинг, фитосанитарное состояние, Карелия.

Notes about *Pityogenes chalcographus* biology in Karelia

* SVETLANA N. LYABZINA¹, DMITRY P. ZLOBIN²

^{1,2} Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia, 185910

¹ Karelia Branch of FGBU "All-Russian Plant Quarantine Center" (FGBU "VNI IKR"), Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia, 185000

¹ ORCID 0000-0003-3386-5724, e-mail: slyabzina@petsu.ru

² ORCID 0009-0009-1563-5571, e-mail: dmit.zl@yahoo.com

ABSTRACT

The article provides the data on the biology of *Pityogenes chalcographus* Linnaeus, 1761 in Karelia. It outlines the data on the occurrence of *P. chalcographus* in areas of coniferous plantations with different climatic zones (mid-taiga zone and the Far North). The imagoes were collected with pheromone traps of FGBU "VNI IKR". The traps were set in several biocenoses – on windfall areas and in coniferous forests (green moss spruce and pine forests) – for 1 growing season. The *P. chalcographus* density is compared in biocenoses of natural protected areas (Kivach Reserve and Paanajarvi National Park) and forestries. Most *P. chalcographus* in coniferous biocenoses were noted in the middle taiga zone (Prionezhsky and Pryazhinsky districts), where an average of about 1 thousand individuals get into a trap per season; in the northern regions, the number of captured individuals decreases by 2 times. In the studied forest areas, a low number of *P. chalcographus* in collections was established, which confirms the control of forest services over the state of forest plantations. On the contrary, windfall areas of natural protected areas are local reserves for the pest. The article indicates the terms of *P. chalcographus* flight in the territory of the studied region, and provides information on the wintering phases of the pest. The number of captured males and females in traps is approximately equal, which confirms the high sensitivity of the dispenser based on the chalcogran aggregation pheromone for both sexes. This also suggests the possibility of using this pheromone to remove the pest from the population with an integrated control method.

Key words. Bark beetles, xylobionts, pheromone, pheromonitoring, phytosanitary status, Karelia.

ВВЕДЕНИЕ



ороед гравер обыкновенный *Pityogenes chalcographus* Linnaeus, 1761 (подсем. Scolytinae) является частым компонентом хвойных биocenозов, и его всегда рассматривают в комплексе сообщества ксилобионтов. В северных регионах европейской части РФ гравер обыкновенный, наряду с типографом и пальцеходным лубоедом, является одним из наиболее часто встречаемых короедов (Мозолевская и др., 1991; Павлов, 2009; Мандельштам, Селиховкин, 2020). Несмотря на то, что этот вид относится ко вторичным вредителям и активно заселяет уже ослабленные деревья, повышение его численности предполагает проведение обязательных санитарных мер в локальных местах. Гравер обыкновенный нападает на усыхающие ель, сосну или пихту (Аверкиев, 1984), наиболее благоприятны для заселения гравера порубочные остатки. Данный кормовой субстрат способствует быстрому размножению и создает благоприятные условия для расселения гравера в прилегающие насаждения (Markovic, Stojanovic, 2010).

Целью наших исследований являлось изучение особенностей распространения и фенологии гравера обыкновенного в Республике Карелии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в лесных зонах четырех районов Республики Карелии: Кондопожском, Пряжинском, Прионежском (средняя тайга) и Лоухском (северная тайга). Биocenозы представлены преобладанием сосновых и темнохвойных лесов, где лесообразователями выступают сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), ель сибирская и европейская (*Picea obovata* Ledeb. и *P. abies* (L.) Karsten).

Имаго *Pityogenes chalcographus* отлавливали с помощью феромонных ловушек производства ФГБУ «ВНИИКР» с диспенсером, содержащим агрегационный феромон халькогран. Ловушки с феромоном на 1 вегетационный сезон выставляли в нескольких местах с разной антропогенной нагрузкой: в особо охраняемых природных территориях (заповедник «Кивач», национальный парк «Паанаярви») и районных лесничествах. Сбор проводили в естественных биocenозах: хвойных лесах (ельники и сосняки зеленомошные) и участках, разрушенных антропогенными и природными факторами (ветровалы, вырубки и прочее). За период исследования (2019–2022 гг.) отловлено более 20 тыс. особей.

В заповеднике на модельных деревьях осуществляли энтомологический сбор и наблюдения по заселению и фенологии вида. Всего было охвачено более 300 модельных деревьев. Дополнительные результаты исследований были также получены путем проведения лесопатологических обследований по общепринятым в защите леса методикам (Мозолевская и др., 1984).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Гравер обыкновенный распространен по всей территории Карелии, но с разной плотностью. Наибольшее количество особей отмечено в среднетаежной зоне (Прионежский район). В ненарушенных хвойных лесах этой зоны в ловушку

INTRODUCTION

Pityogenes chalcographus Linnaeus, 1761 (subfam. Scolytinae) is a frequent component of coniferous biocenoses, and it is always considered in the complex of the xylobiont community. In the northern regions of the European part of the Russian Federation, *P. chalcographus*, along with *Ips typographus* and *Xylechinus pilosus*, is one of the most common bark beetles (Mozolevskaya et al., 1991; Pavlov, 2009; Mandelshtam, Selikhovkin, 2020). Despite the fact that this species belongs to secondary pests and actively colonizes already weakened trees, an increase in its abundance requires the implementation of mandatory sanitary measures in local areas. *P. chalcographus* attacks drying spruce, pine or fir (Averkiev, 1984), logging residues are most favorable for its colonization. This fodder substrate promotes rapid reproduction and creates favorable conditions for the settling of *P. chalcographus* in adjacent plantations (Markovic, Stojanovic, 2010).

The objective of this research was to study the distribution and phenology of *P. chalcographus* in the Republic of Karelia.

MATERIALS AND METHODS

The studies were carried out in the forest zones of four districts of the Republic of Karelia: Kondopozhsky District, Pryazhinsky District, Prionezhsky District (middle taiga) and Loukhsky District (northern taiga). Biocenoses are represented by the predominance of pine and dark coniferous forests, mainly formed by *Pinus sylvestris* L., *Picea obovata* Ledeb. and *P. abies* (L.) Karsten.

The imagoes of *Pityogenes chalcographus* were collected with pheromone traps produced by FGBU “VNIKCR” with a dispenser containing aggregation pheromone chalcogran. Pheromone traps for one growing season were set in several places with different anthropogenic load: in specially protected natural areas (Kivach Reserve, Paanajarvi National Park) and district forestries. The collection was carried out in natural biocenoses: coniferous forests (green moss spruce and pine forests) and areas destroyed by anthropogenic and natural factors (windfalls, clearings, etc.). During the study period (2019–2022), more than 20 thousand individuals were collected.

In the reserve, entomological collection and observations on the population and phenology of the species were carried out on model trees. In total, more than 300 model trees were covered. Additional research results were also obtained by conducting forest pathological surveys according to the methods generally accepted in forest protection (Mozolevskaya et al., 1984).

RESULTS AND DISCUSSION

P. chalcographus is spread in the territory of Karelia, though with different density. Most individuals were noted in the middle taiga zone (Prionezhsky District). In the undisturbed coniferous forests of this zone, on average, about 1000 individuals get into a trap per season, and in the North, twice as few (see Table). In all studied areas of district forestries, a low population of

Таблица. Встречаемость имаго гравера обыкновенного *Pityogenes chalcographus* в исследуемых районах Республики Карелии (РК) на 1 га, шт. за 1 вегетационный период

Районы РК	Ельник зеленомошный				Сосняк зеленомошный			
	Места исследования	Участки, разрушенные антропогенными и природными факторами	Координаты GPS	Ненарушенные участки	Участки, разрушенные антропогенными и природными факторами	Координаты GPS	Ненарушенные участки	Координаты
Лоухский	Национальный парк «Паанаярви»	456	66.19, 30.48	285	66.19, 30.47	-	207	66.24, 30.58
	Лоухское лесничество	-	-	267	66.10, 30.56	-	186	65.83, 31.00
Кондопожский	Заповедник «Кивач»	4256	62.28, 33.97	1092	62.26, 33.99	7065	2303	62.25, 34.00
	Кондопожское лесничество	-	-	646	62.28, 33.78	-	994	62.10, 33.97
Прионежский	Прионежское лесничество	3056	61.72, 34.23	1003	61.67, 34.13	-	709	61.96, 34.22
Пряжинский	Пряжинское лесничество	-	-	1054	61.80, 33.88	-	964	61.79, 33.88

Примечание: «-» – необходимых для исследования биocoнозов в изучаемом районе не выявлено.

Table. *Pityogenes chalcographus* imagoes occurrence in the studied districts of the Republic of Karelia (RK) per 1 ha, pcs. for 1 growing season

RK districts	Spruce forest with green mosses				Pine forest with green mosses			
	Sites of study	Sites destroyed by anthropogenic and natural factors	GPS coordinates	Undisturbed areas	Coordinates	Sites destroyed by anthropogenic and natural factors	Undisturbed areas	Coordinates
Louhsky District	Paanajarvi National Park	456	66.19, 30.48	285	66.19, 30.47	-	207	66.24, 30.58
	Louhsky forestry	-	-	267	66.10, 30.56	-	186	65.83, 31.00
Kondopozhsky District	Kivach Reserve	4256	62.28, 33.97	1092	62.26, 33.99	7065	2303	62.25, 34.00
	Kondopozhsky forestry	-	-	646	62.28, 33.78	-	994	62.10, 33.97
Prionezhsky District	Prionezhsky forestry	3056	61.72, 34.23	1003	61.67, 34.13	-	709	61.96, 34.22
Pryazhinsky District	Pryazhinsky forestry	-	-	1054	61.80, 33.88	-	964	61.79, 33.88

Note: "-" - no biocoenoses necessary for the study were found in the study area.

за сезон попадает в среднем около 1 тыс. особей, а на Севере их число уменьшается в 2 раза (см. таблицу). Во всех изученных участках районных лесничеств отмечена невысокая численность *P. chalcographus*, что предполагает хорошее санитарное состояние лесонасаждений. Для того чтобы препятствовать развитию очагов стволовых вредителей, в республике ежегодно проводится плановая санитарная рубка, своевременная утилизация ветровальных и усыхающих деревьев, а также возобновление лесных насаждений.

Среди изучаемых площадок самая высокая численность гравера обыкновенного отмечена только в заповеднике «Кивач» (см. таблицу). Эти места характеризуются участками, разрушенными при воздействии природных и антропогенных факторов (пожарища, вывалы хвойных деревьев и наличие порубочных остатков при очистке высоковольтных линий, пролегающих через территорию заповедника). Вместе с типографом и целым комплексом ксилобионтов в таких очагах гравер ускоряет интенсивность отмирания ослабленных деревьев. Кроме того, в заповеднике периодически регистрируют вспышки размножения пилильщика *Neodiprion sertifer* (Geoffroy, 1785) (Кутенкова, 2001). Сильное объедание хвои подроста сосны личинками пилильщика может привести к его усыханию, что также привлекает короедов. Ветровалы на охраняемых территориях для многих вредителей являются локальными резерватами (Markovic, Stojanovic, 2010), однако высокая численность ксилобионтов там поддерживается непродолжительное время, и они разлетаются по окружающим биотопам (Налдеев, 2009). В других (ненарушенных) участках заповедника плотность гравера невысокая (см. таблицу).

Гравер обыкновенный – это мелкий, блестящий жук длиной 1,8–2,6 мм, надкрылья коричневые. У гравера обыкновенного хорошо выражен половой диморфизм: у самца лоб плоский, у самки лоб имеет полукруглую, довольно глубокую впадину посередине между глазами. Также есть отличия по строению тачки: у самцов она хорошо выражена и по краям с каждой стороны имеется по 3 конусовидных зубца, у самок она сильно редуцирована и представляет собой лишь мелкие бугорки (см. рис. 1).

Численное соотношение самцов и самок в сборах феромонными ловушками имеет тенденцию к небольшому превалированию последних,

P. chalcographus was noted, which suggests a good sanitary condition of forest plantations. In order to prevent the development of stem pest outbreaks, planned sanitary felling, timely disposal of windfall and drying trees, as well as the renewal of forest plantations are carried out annually in the republic.

Among the studied sites, the largest population of *P. chalcographus* was noted only in the Kivach Reserve (see Table). These places are characterized by areas destroyed under the influence of natural and anthropogenic factors (fires, fells of coniferous trees and the presence of logging residues during the cleaning of high-voltage lines that run through the territory of the reserve). Together with *Ips typographus* and a whole complex of xylobionts, *P. chalcographus* accelerates the intensity of the dying off of weakened trees in such outbreaks. In addition, outbreaks of *Neodiprion sertifer* (Geoffroy, 1785) are reported from time to time in the reserve (Kutenkova, 2001). Severe feeding on pine needles undergrowth by *Neodiprion sertifer* larvae can lead to its drying out, which also attracts bark beetles. Windblows in protected areas are local reserves for many pests (Markovic and Stojanovic, 2010), however, a high number of xylobionts is maintained there for a short time, and they scatter over the surrounding biocenoses (Naldeen, 2009). In other (undisturbed) areas of the reserve, the engraver density is low (see Table).

P. chalcographus – it is a small, shiny beetle, 1.8–2.6 mm long, with brown elytra. *P. chalcographus* has a pronounced sexual dimorphism: the male has a flat frons, the female has a semicircular frons, rather deep depression in the middle between the eyes. There are also differences in the structure of the declivity: in males it is well expressed and there are 3 cone-shaped spines along the edges on each side, in females it is greatly reduced and consists of only small tubercles (see Fig. 1).

The numerical ratio of males and females in collections with pheromone traps tends to slightly predominate the latter, and this is manifested in all areas of the study (see Fig. 2). The used dispenser based on the aggregation pheromone chalcogran confirms high sensitivity for both sexes, which makes it possible to use it to remove the pest from the population.

P. chalcographus colonizes trees with a diameter of 8–28 cm almost from the base of the trunk, and on larger trunks, colonies of this species are successful only in the area of transitional and thin bark (see Fig. 3). The galleries of *P. chalcographus* are clearly distinguishable: on the inner side of the bark, the beetles arrange a nuptial chamber (mating habits), from which several uterine galleries radiate (see Fig. 4).

During the year, *P. chalcographus* has one generation. The flight of beetles begins in mid-May, and the peak occurs at the end of June – beginning of July. Trapping of beetles completely ends in the third week of August and almost simultaneously with *Ips typographus*. In the north of the studied region, the activity starts two weeks later, and the peak falls on mid-July. In autumn, all stages of development of *P. chalcographus*, except for eggs, can be detected in galleries under the bark. At the same time, light-colored imagoes



Рис. 1. Гравер обыкновенный *Pityogenes chalcographus* Linnaeus, 1761: а – самец; б – самка (фото С.Н. Лябзиной и Д.П. Злобина)

Fig. 1. *Pityogenes chalcographus* Linnaeus, 1761: a – male; b – female (photo by S.N. Lyabzina and D.P. Zlobin)

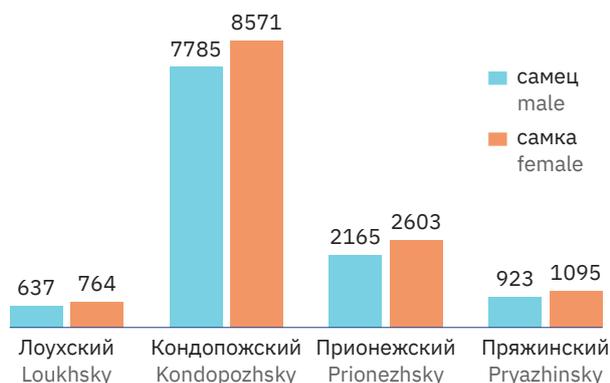


Рис. 2. Численное соотношение самцов и самок в сборах феромонными ловушками в исследуемых районах Республики Карелии

Fig. 2. The numerical ratio of males and females in collections by pheromone traps in the studied areas of the Republic of Karelia

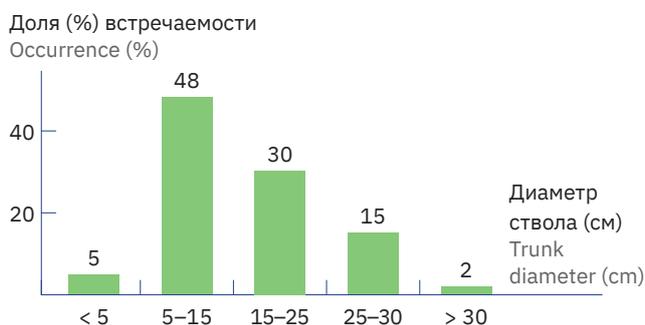


Рис. 3. Частота встречаемости (%) гравера обыкновенного *P. chalcographus* под корой сосны разного диаметра

Fig. 3. Occurrence (%) of *P. chalcographus* under the bark of pine trees of different diameters

и это проявляется во всех районах исследования (см. рис. 2). Используемый диспенсер на основе агрегационного феромона халькограна подтверждает высокую чувствительность для обоих полов, что дает возможность его применения для изъятия вредителя из популяции.

Короед-гравер заселяет деревья диаметром 8–28 см практически от основания ствола, а на более крупных стволах поселения этого вида успешны только в области переходной и тонкой коры (см. рис. 3). Ходы гравера обыкновенного хорошо различимы: на внутренней стороне коры жуки устраивают брачную камеру, от которой лучеобразно отходят несколько маточных ходов (см. рис. 4).

В течение года у гравера обыкновенного наблюдается 1 генерация. Лёт жуков начинается в середине мая, а пик приходится на конец июня – начало июля. Отлов жуков в ловушки полностью заканчивается в третьей декаде августа и почти одновременно с короедом-типографом. На севере исследуемого региона сроки начала активности сдвигаются на 2 недели, а пик приходится на середину июля. Осенью под корой можно обнаружить в ходах все стадии развития *P. chalcographus*, кроме яиц. При этом светлоокрашенные имаго встречаются чаще, что говорит о молодом поколении. Весной молодые жуки вылетают в поисках дополнительного питания, а личинки и куколки продолжают свое развитие.

Активность лёта жуков в Карелии близка к таковой в регионах центральной Белоруссии (Кухта, 2012). По мнению ряда авторов, у гравера обыкновенного в течение сезона возможна частичная



Рис. 4. Ходы гравера обыкновенного *P. chalcographus* (фото С.Н. Лябзиной и Д.П. Злобина)

Fig. 4. Galleries of *P. chalcographus* (photo by S.N. Lyabzina and D.P. Zlobin)

are more common, which indicates a younger generation. In spring, young beetles fly out in search of additional food, and larvae and pupae continue their development.

The summer activity of beetles in Karelia is close to that in the regions of central Belarus (Kukhta, 2012). According to some authors, *P. chalcographus* can have a partial realization of the second generation during the season, which is capable of forming the earliest hatching young beetles of the first generation (Averkiev, 1984; Kukhta, 2012).

P. chalcographus population is considerably reduced by the bark bugs *Eपुरaea* spp., *Rhizophagus* spp. and *Thanasimus formicarius* (L., 1758) (Peltonen, Heiliövaara, 1999). However, for most bark beetles, the main factor regulating population density is the principle of interference (Lindeman, 2004). An increase in the number of individuals leads to an increase in the mortality of next generations at vulnerable stages of their development. The death generally occurs at the larval stage due to lack of food, mutual harm in dense settlements, or direct cannibalism.

CONCLUSION

P. chalcographus is spread throughout the territory of Karelia, but with different density. The largest number of bark beetles was collected in protected areas of the

реализация второго поколения, которое способно формировать наиболее рано отрождающихся молодых жуков первой генерации (Аверкиев, 1984; Кухта, 2012).

Среди хищников-подкорников существенно снижают численность гравера обыкновенного *Epruraea* spp., *Rhizophagus* spp. и *Thanasimus formicarius* (L., 1758) (Peltonen, Heliövaara, 1999). Однако для большинства короедов основным фактором, регулирующим плотность популяции, является принцип интерференции (Линдеман, 2004). Рост численности особей ведет к увеличению смертности следующих поколений на уязвимых стадиях их развития. Гибель потомства происходит, как правило, на стадии личинки по причине недостатка пищи, взаимного поражения в плотных поселениях либо прямого каннибализма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гравер обыкновенный распространен по всей территории Карелии, но с разной плотностью. Наибольшее количество короеда отлавливалось в охраняемых зонах республики; напротив, в изучаемых местах лесничеств (Кондопожском, Лоухском, Прионежском и Пряжинском районах) отмечена невысокая его численность, что позволяет сделать предположение о хорошем санитарном состоянии насаждений.

В течение года в Карелии у гравера обыкновенного происходит 1 генерация: лёт жуков начинается в середине мая и завершается в третьей декаде августа. Пик активности приходится на конец июня – начало июля. На севере республики все сроки лёта сдвигаются на 2 недели. Перезимовывает гравер обыкновенный под корой хвойных деревьев на всех стадиях развития, кроме яйца.

Применяемый диспенсер на основе агрегационного феромона халькогран показал высокую эффективность отлова в отношении обоих полов, что позволяет предложить использование феромона производства ФГБУ «ВНИИКР» для борьбы с данным вредителем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверкиев И.С. Атлас вреднейших насекомых леса. М.: Лесная промышленность, 1984, 72 с.
2. Кутенкова Н.Н. Вспышка размножения рыжего соснового пилильщика (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) в заповеднике «Кивач» в 1990–1992 гг. // Изучение беспозвоночных животных в заповедниках (сборник науч. трудов) / ред. И.М. Кежнер. М. 2001. С. 151–179.
3. Кухта В.Н. Особенности биологии гравера обыкновенного (*Pityogenes chalcographus* L.) в центральной части Беларуси // Молодежь в науке – 2011: прил. к журн. «Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі». Минск. 2012. Ч. 3. С. 99–102.
4. Линдеман Г.В. Роль паразитов, хищников и внутривидовой конкуренции в динамике численности различных экологических групп короедов // Лесоведение. 2004. № 2. С. 50–54.
5. Мандельштам М.Ю., Селиховкин А.В. Короеды Северо-Запада России (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae): история изучения, состав и генезис фауны // Энтомологическое обозрение. 2020. Т. 99. № 3. С. 631–665.
6. Мозолевская Е.Г., Катаев О.А., Соколова Э.С. Методы лесопатологического обследования очагов

republic; on the contrary, in the studied forest areas (Kondopozhsky, Loukhsky, Prionezhsky and Pryazhinsky districts), its low population was noted, which allows us to make an assumption about the good sanitary condition of plantations.

During the year, *P. chalcographus* has one generation in Karelia: the flight of beetles begins in mid-May and ends in the third week of August. The peak of activity falls on the end of June – the beginning of July. In the north of the republic, the flight starts two weeks later. *P. chalcographus* overwinters under the bark of coniferous trees at all stages of development, except for the egg.

The used dispenser based on the aggregation pheromone chalcogran showed high catching efficiency for both sexes, which allows us to suggest using the pheromone produced by FGBU “VNIKR” to control this pest.

REFERENCES

1. Averkiev I.S. Atlas of the most harmful insects of the forest [Atlas vredneyshikh nasekomykh lesa]. M.: Lesnaya promyshlennost, 1984, 72 p. (In Russ.)
2. Kutenkova N.N. An outbreak *Neodiprion sertifer* Geoffr. in the Kivach Nature Reserve in 1990–1992. [Vspyshka razmnozheniya ryzhego sosnovogo pilil'shchika (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) v zapovednike «Kivach» v 1990–1992 gg.] // Study of invertebrates in nature reserves (collection of scientific papers) / ed. I.M. Kezhner. M. 2001; 151–179. (In Russ.)
3. Kukhta V.N. Features of the biology of *Pityogenes chalcographus* L. in the central part of Belarus [Osobennosti biologii gravera obyknovennogo (*Pityogenes chalcographus* L.) v tsentral'noy chasti Belarusi] // Molodezh v nauke – 2011: app. to the journal “Western National Academy of Sciences of Belarus”. Minsk. 2012; 3: 99–102. (In Russ.)
4. Lindeman G.V. The role of parasites, predators and intraspecific competition in the population dynamics of various ecological groups of bark beetles [Rol parazitov, khishchnikov i vnutrividovoy konkurenttsii v dinamike chislennosti razlichnykh ekologicheskikh grupp koroyedov] // Lesovedenie. 2004; 2: 50–54. (In Russ.)
5. Mandelshtam M.Yu., Selikhovkin A.V. Bark and Ambrosia beetles (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) of north-western Russia: history of the study, composition and genesis of the fauna [koroyedy severo-zapada Rossii (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae): istoriya izucheniya, sostav i genezis fauny] // Entomological review. 2020; 99: 3: 631–665. (In Russ.)
6. Mozolevskaya E.G., Kataev O.A., Sokolova E.S. Methods of forest pathological examination of outbreaks of stem pests and diseases of the forest [Metody lesopatologicheskogo obsledovaniya ochagov stvolovykh vreditel'ey i bolezney lesa]. M.: Lesnaya promyshlennost, 1984, 152 p. (In Russ.)
7. Mozolevskaya E., Galasyeva T., Chemeris M. Species composition and features of the distribution of xylophagous insects in the Kivach Reserve [Vidovoy sostav i osobennosti rasprostraneniya

стволовых вредителей и болезней леса. М.: Лесная промышленность, 1984, 152 с.

7. Мозолевская Е., Галасьева Т., Чемерис М. Видовой состав и особенности распространения насекомых-ксилофагов в заповеднике «Кивач». В кн.: Энтомологические исследования в заповеднике «Кивач». Петрозаводск, 1991. С. 78–101.

8. Налдеев Д.Ф. Вспышка массового размножения кородея-типографа в национальном парке «Водлозерский» Республики Карелия // Лесной вестник. 2009. № 5. С. 128–130.

9. Павлов В.С. Исследование видового разнообразия жесткокрылых-ксилофагов Лапландского заповедника // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. СПб. 2009. С. 223–230.

10. Markovic C., Stojanovic A. Differences in bark beetle (*Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus*) abundance in a strict spruce reserve and the surrounding spruce forests of Serbia // Phytoparasitica. 2010. Vol. 38. № 1. P. 31–37.

11. Peltonen M., Heliövaara K. Attack density and breeding success of bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) at different distances from forest-clearcut edge // Agricultural and Forest Entomology. 1999. Vol. 1. № 4. P. 237–242.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Лябзина Светлана Николаевна, доктор биологических наук, доцент Петрозаводского государственного университета, г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия; младший научный сотрудник Карельского филиала ФГБУ «ВНИИКР», г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия; ORCID 0000-0003-3386-5724, email: slyabzina@petsu.ru.

Злобин Дмитрий Павлович, студент 5-го курса Петрозаводского государственного университета, г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия; ORCID 0009-0009-1563-5571, e-mail: dmit.zl@yahoo.com.

nasekomykh-ksilofagov v zapovednike «Kivach»). In: Entomological research in the Kivach Reserve. Petrozavodsk, 1991; 78–101. (In Russ.)

8. Naldeen D.F. An outbreak of *Ips typographus* in the national park “Vodlozersky” of the Republic of Karelia [Vspyshka massovogo razmnzheniya koroyeda-tipografa v natsional’nom parke «Vodlozerskiy» Respubliki Kareliya] // Forest Bulletin. 2009; 5: 128–130. (In Russ.)

9. Pavlov V.S. Study of the species diversity of xylophagous beetles of the Lapland Reserve [Issledovaniye vidovogo raznoobraziya zhestkokrylykh-ksilofagov Laplandskogo zapovednika] // Izvestia Sankt-Peterburgskoy lesotehneskoj akademii. SPb. 2009; 223–230. (In Russ.)

10. Markovic C., Stojanovic A. Differences in bark beetle (*Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus*) abundance in a strict spruce reserve and the surrounding spruce forests of Serbia // Phytoparasitica. 2010. Vol. 38. № 1. P. 31–37.

11. Peltonen M., Heliövaara K. Attack density and breeding success of bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) at different distances from forest-clearcut edge // Agricultural and Forest Entomology. 1999. Vol. 1. № 4. P. 237–242.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Svetlana Lyabzina, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor of Petrozavodsk State University, Junior Researcher of the Karelia Branch of FGBU “VNIKR”, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia; ORCID 0000-0003-3386-5724, email: slyabzina@petsu.ru.

Dmitry Zlobin, student of Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia; ORCID 0009-0009-1563-5571, e-mail: dmit.zl@yahoo.com.

Здесь может быть ваша статья!

Журнал «Фитосанитария. Карантин растений» приглашает авторов для публикации своих научных работ

Редакция журнала «Фитосанитария. Карантин растений» рада предложить вам возможность публикации ваших статей на страницах журнала. Наша цель – привлечение внимания к наиболее актуальным проблемам карантина растений специалистов сельского хозяйства и всех заинтересованных в этом людей.

В журнале рассматриваются основные направления развития науки и передового опыта в области карантина и защиты растений, публикуется важная информация о новых методах и средствах, применяемых как в России, так и за рубежом, а также о фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации.

Мы доносим до широкого круга читателей объективную научно-просветительскую и аналитическую информацию: мнения ведущих специалистов по наиболее принципиальным вопросам карантина растений, данные о значимых новейших зарубежных и отечественных исследованиях, материалы тематических конференций.

Редакция журнала «Фитосанитария. Карантин растений» приглашает к сотрудничеству как выдающихся деятелей науки, так и молодых ученых, специалистов-практиков, работающих в области фитосанитарии, для обмена опытом, обеспечения устойчивого фитосанитарного благополучия и для новых научных дискуссий.

ЗАДАЧИ ЖУРНАЛА

- Изучение основных тенденций развития науки в области карантина растений
- Анализ широкого круга передовых технологий в области мониторинга и лабораторных исследований по карантину растений
- Обсуждение актуальных вопросов карантина растений

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫМ СТАТЬЯМ

К публикации принимаются статьи на двух языках: русском и английском, содержащие результаты собственных научных исследований, объемом до 15 страниц, но не менее 3 (при одинарном интервале и размере шрифта 12). Оптимальный объем статьи – от 1500 слов. Статьи большего объема могут быть приняты по согласованию с редакцией журнала.

СТРУКТУРА ПРЕДОСТАВЛЯЕМОЙ СТАТЬИ*

1. УДК, название статьи.
2. Инициалы, фамилия автора.
3. Место работы автора, город, страна, ORCID ID, адрес электронной почты.
4. Аннотация (краткое точное изложение содержания статьи, включающее фактические сведения и выводы описываемой работы): 200–250 слов, но не более 2000 знаков с пробелами.
5. Ключевые слова (5–10 слов, словосочетаний), наиболее точно отображающие специфику статьи.
6. Введение.
7. Материалы и методы.
8. Результаты и обсуждения.
9. Выводы/заключение.
10. Список литературы (т. е. список всей использованной литературы, ссылки на которую даются в самом тексте статьи): правила составления направляются автору по запросу.
11. Информация об авторах: приводится полная информация о каждом из авторов (место работы, город, страна, ORCID ID, адрес электронной почты).
12. Иллюстративные материалы (фотографии, рисунки) допускаются хорошей контрастности, с разрешением не ниже 300 точек на дюйм (300 dpi), оригиналы прикладываются к статье отдельными файлами в формате .tiff или .jpeg (иллюстрации, не соответствующие требованиям, будут исключены из статей, поскольку достойное их воспроизведение типографским способом невозможно). Необходимо указать авторство каждой фотографии (Ф. И. О. фотографа или ссылку).
13. В редакцию необходимо предоставить две рецензии на статью («внешнюю» и «внутреннюю»).

** В таком же порядке и структуре предоставляется англоязычный перевод статьи.*

Работа должна быть предоставлена в редакторе WORD, формат DOC, шрифт Times New Roman, размер шрифта – 12, межстрочный интервал – одинарный, размер полей – по 2 см, отступ в начале абзаца – 1 см, форматирование по ширине. Рисунки, таблицы, схемы, графики и пр. должны быть обязательно пронумерованы, иметь источники и помещаться на печатном поле страницы. Название таблицы – над таблицей; название рисунка/графика – под рисунком/графиком.

БОЛЕЕ ПОДРОБНЫЕ УСЛОВИЯ ПУБЛИКАЦИИ СТАТЕЙ ВЫ МОЖЕТЕ УЗНАТЬ В НАШЕЙ РЕДАКЦИИ:

Адрес: 140150, Россия, Московская область, г. Раменское, р. п. Быково, ул. Пограничная, д. 32

Контактное лицо: Зиновьева Светлана Георгиевна

Телефон: 8 (499) 707-22-27, e-mail: zinoveva-s@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»)



– Научное и методическое обеспечение деятельности Россельхознадзора, его территориальных управлений и подведомственных ему учреждений в сфере карантина и защиты растений

– Установление карантинного фитосанитарного состояния подкарантинных материалов и территории Российской Федерации путем проведения лабораторных экспертиз и мониторингов

– Научное сотрудничество с национальными и международными организациями в области карантина растений

- Ведущее учреждение в Российской Федерации по синтезу и применению феромонов для выявления карантинных и некарантинных вредителей и борьбы с ними
- ФГБУ «ВНИИКР» – партнер международной программы по координации научных исследований в области карантина растений EUPHRESKO II (European Phytosanitary REsearch COordination)
- В ФГБУ «ВНИИКР» создан и действует Технический комитет по стандартизации ТК 42 «Карантин и защита растений»
- Ведущее научно-методическое учреждение в составе Координационного совета по карантину растений государств – участников СНГ
- 19 филиалов на территории Российской Федерации
- Головное научно-методическое учреждение по реализации Плана первоочередных мероприятий, направленных на гармонизацию карантинных фитосанитарных мер государств – членов Таможенного союза

140150, Россия,
Московская область,
г. Раменское, р. п. Быково,
ул. Пограничная, д. 32

Тел./факс:
8 (499) 707-22-27

e-mail: office@vniikr.ru
<http://www.vniikr.ru>