

А.А. Чалкин, О.А. Кулинич, Н.И. Козырева, Е.Н. Арбузова

**К ИЗУЧЕНИЮ РОЛИ ВЕРШИННОГО КОРОЕДА *IPS ACUMINATUS*
В ТРАНСМИССИИ ФИТОПАТОГЕННЫХ НЕМАТОД
РОДА *BURSAPHELENCHUS***

Введение. Заболевание «вилт хвойных пород» относится к числу опасных болезней сосновых лесов. Возбудитель заболевания – сосновая стволовая нематода *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Buhner, 1934; Nickle, 1970) – внесена в перечни карантинных организмов многих стран мира [Webster, Mota, 2008]. Этот патоген был завезен из Северной Америки в Азию (Япония, Китай, Республика Корея) [Yang, Wang, 1989; Togashi, Jikumaru, 2007], а затем в Европу (Португалия, включая остров Мадейра, Испания) в конце 1990-х годов [Mota et al., 1999; Fonseca et al., 2012; Vicente et al., 2012] и продолжает интенсивно расширять свой инвазивный ареал [Inácio et al., 2015; EPPO, 2023].

Перенос нематод с дерева на дерево осуществляется ксилофильными жесткокрылыми усачами рода *Monochamus* (Megerle) (Coleoptera, Cerambycidae) [Wingfield et al., 1984; Linit, 1988; Akbulut, Stamps, 2012]. Личинки усачей питаются флоэмой, а позднее проделывают ход и окукливаются в ксилеме [Linsley, Chemsak, 1984]. Заселение жуков нематодами происходит в древесине перед выходом усачей из куколки. Химические вещества, вырабатываемые во время окукливания усачей, служат сигналом для заселения личинками (dauer) *B. xylophilus* жуков. Личинки нематод проникают через дыхательные отверстия жука и концентрируются преимущественно в трахейной системе [Necibi, Linit, 1998; Sone et al., 2011]. После выхода из куколки молодые жуки усачей проходят стадию дополнительного питания на молодых веточках здоровых сосен, и в этот период нематоды покидают жуков и проникают в ветки дерева через повреждения коры, наносимые жуками [Wingfield et al., 1984; Jikumaru, Togashi, 2003]. Также выход нематод из жуков осуществляется во время откладки яиц на ослабленные и поваленные деревья, когда самка усача делает насечки на коре. Таким образом, жизненные циклы нематод *B. xylophilus* и усачей *Monochamus* spp. синхронизированы [Linit, 1988].

Усачи рода *Monochamus* широко распространены в хвойных лесах северного полушария, и считается, что все они могут быть потенциальными переносчиками нематод *B. xylophilus*. Основными переносчиками этой нематоды в Азии являются усачи *M. alternatus* (Hope, 1842), *M. saltuarius* (Gebler, 1830), в Европе – *M. galloprovincialis* (Olivier, 1795). На территории России широко распространены усачи *Monochamus urussovii* (Fischer von Waldheim, 1806), *M. galloprovincialis*, *M. sutor* (Linnaeus, 1758), *M. saltuarius* (Gebler, 1830), *M. impluviatus* (Motschulsky, 1859), которые рассматриваются как потенциальные переносчики *B. xylophilus* [Linit, 1988; Necibi, Linit, 1998; Akbulut, Stamps, 2012].

Помимо усачей ослабленные деревья заселяются другими видами насекомых-ксилофагов, в частности, короедами родов *Ips*, *Tomicus*, *Orthotomicus* и *Pityogenes* [Knížek, 2011; Hlávková, Doležal, 2022], которые являются экологически и экономически значимыми вредителями сосновых древостоев. К числу наиболее широко распространенных видов, заселяющих ослабленные деревья, относятся короеды рода *Ips*. Обычно представители этого рода рассматриваются как вторичные вредители, заселяющие уже ослабленные древостои, однако при высокой плотности популяции они могут быть первичными вредителями. Примерами могут служить короед-типограф *Ips typographus* (Linnaeus, 1758), нанесший существенный ущерб еловым древостоям в европейской части РФ [Гниненко, Хегай 2018], и *Ips amitinus* (Eichhoff, 1871), вызвавший массовую гибель кедра сибирского в 2019 г. в Томской области на участках в сотни гектар [Керчев и др., 2018; Кулинич и др., 2022]. Среди 6 видов короедов, обитающих в РФ [Кулинич и др., 2022], а также в Европе, следует обратить внимание на вершинного короеда *Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827), который имеет в своем цикле стадию дополнительного питания, предпочитая заселять открытые к солнцу части деревьев (*Pinus* spp.) [Siitonen, 2014]. Иногда жуки этого вида могут заселять деревья других хвойных пород: *Abies* spp.; *Larix* spp. [Ижевский, 2005]. При средней длине тела от 2,2 до 3,9 мм [Cognato, 2015] жук делает ходы на участках с гладкой корой и тонкой флорой, а именно на верхней части ствола или ветвей. Самцы прогрызают внешнюю кору и создают новую галерею на границе флоры и заболони, строя брачную камеру. Каждая самка откладывает несколько яиц по обе стороны своего хода и покрывает их буровой мукой. Личинки и молодые жуки развиваются во флоре, питаются растительной тканью. После прохождения трех личиночных возрастов, окукливания и созревания молодые имаго вершинного короеда разлетаются для заселения других деревьев [Kirkendall, 1990].

Как вторичный вредитель, вершинный короед *I. acuminatus* заселяет деревья на ранних стадиях их угнетения [Hlávková, Doležal, 2022], что является незначительной угрозой для сосновых насаждений, однако при благоприятных условиях окружающей среды плотность популяции *I. acuminatus* может быстро возрасти, что приводит к увеличению вероятности повреждения молодых сосен. *I. acuminatus* – широко распространенный вид в Европе и некоторых районах Азии с географическим ареалом от Средиземноморья до Скандинавии и от Западной Европы до Азии [Cognato, 2015]. Кроме того, *I. acuminatus*, как и другие виды короедов, является переносчиком патогенных видов нематод [Полянина и др., 2019]. Не исключено, что данный вид короеда, обитая под корой дерева, зараженного *B. xylophilus*, также может быть переносчиком этого вида нематод. Исследования в полевых условиях по изучению возможности переноса короедами сосновой стволовой нематоды проводились рядом авторов [Robertson, 2008; Souse et al., 2011], однако однозначного ответа на вопрос, могут ли короеды быть переносчиками высокопатогенного вида нематод *B. xylophilus*, не получено [Bonifacio et al., 2015].

Учитывая вышеизложенное, нами выдвинута гипотеза о возможной ассоциации патогенной нематоды *B. xylophilus*, жука-переносчика *I. acuminatus* и их общего растения-хозяина – сосны *Pinus sylvestris* (Linnaeus, 1753).

Целью исследования стало изучение возможности заселения нематодами *B. xylophilus* вершинного короеда *I. acuminatus* (в контролируемых лабораторных условиях).

Материалы и методика исследования. Для проведения исследования по изучению возможности заражения нематодами *B. xylophilus* вершинного короеда *I. acuminatus* через древесину сосны обыкновенной (*P. sylvestris*) подготовлены два типа древесных образцов сосны (тип I и тип II) длиной 30 см и диаметром 6–10 см.

Подготовка древесных образцов (фрагментов ствола или толстых веток) для эксперимента.

Образцы древесины (I тип) сосны обыкновенной *P. sylvestris* с признаками заселения вершинным короедом *I. acuminatus* (Gyllenhal, 1827) были отобраны в очаге короеда в сосновом бору Брянской области (Фошнянское лесничество, квартал 24, выдел 18) в июле 2022 года. С крупных веток верхушечной части поваленных сосен возрастом 80-100 лет были выпилены 8 образцов длиной 30 см и диаметром 6–10 см, содержащие имаго и личинок вершинного короеда. Идентификация жуков была проведена морфологическим методом [Cognato, 2015].

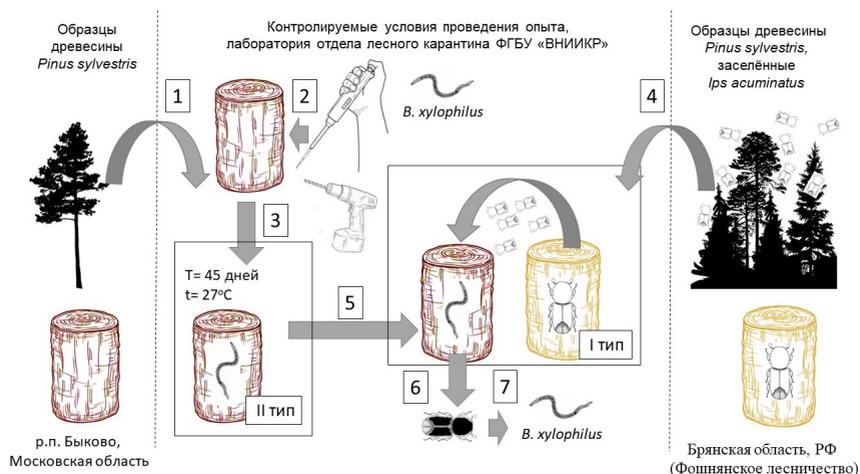


Рис. 1. Схема эксперимента по изучению заражения вершинного короеда *Ips acuminatus* сосновой стволовой нематодой *Bursaphelenchus xylophilus* через зараженные бревна сосны *Pinus sylvestris*

1, 2 – заражение образцов сосны нематодами *B. xylophilus*; 3 – инкубация зараженной *B. xylophilus* древесины сосны в термостате; 4 – внесение в садок древесных образцов сосны, заселенных короедами *I. acuminatus*; 5 – внесение в садок древесных образцов сосны, содержащих нематод *B. xylophilus*; 6 – извлечение жуков *I. acuminatus* из древесных образцов, зараженных нематодой *B. xylophilus*; 7 – выделение нематод из жуков *I. acuminatus*

Fig. 1. Design of the experiment with *Ips acuminatus* infestation with the *Bursaphelenchus xylophilus* nematode through infested *Pinus sylvestris* logs
 1, 2 – infestation of pine samples with *B. xylophilus* nematodes; 3 – incubation of pine wood infested with *B. xylophilus* in a thermostat; 4 – introduction of pine wood samples inhabited by *I. acuminatus* bark beetles into the cage; 5 – introduction of pine wood samples containing *B. xylophilus* nematodes into the cage; 6 – extraction of *I. acuminatus* beetles from wood samples infested with the *B. xylophilus* nematode; 7 – extraction of nematodes from *I. acuminatus* beetles

Древесные образцы (II тип) представляли собой фрагменты ствола сосны *P. sylvestris* (длиной 30 см, диаметром 6–10 см), отпиленные от 20-летнего визуально здорового дерева с опытного участка Всероссийского центра карантина растений (р.п. Быково, МО) в конце мая 2022 г. Всего было заготовлено 8 древесных образцов, торцы которых были запарафинированы. Далее в образцы был внесен нематодный инокулюм *B. xylophilus* (BxAm) объемом 400 мкл/образец, содержащий около 3000 нематод. Подсчет и определение нематод производили с использованием стереомикроскопа Carl Zeiss Stemi 508.

Изолят нематод *B. xylophilus* (BxAm) ID, GenBank: OR978580.1 был выделен из древесного упаковочного материала и хранился в лабораторных

условиях в чашке Петри на грибе *Botrytis cinerea* с периодическим (1-2 раза в год) культивированием нематод в ветках сосны.

Инокулом был введен двумя дозами в два отверстия диаметром 5 мм, просверленные в средней части образца до глубины, равной половине диаметра древесного образца, и расположенные на удалении 10 см от торцов заготовок с двух сторон. После введения инокулома отверстия были закрыты пленкой «Parafilm M», а фрагменты древесины обернуты в прозрачную пищевую пленку для сохранения влаги и помещены в термостат при температуре 27 °С на 45 суток для размножения в них нематод *B. xylophilus*.

Исследование древесных образцов и жуков вершинного короеда на присутствие нематод.

Все отобранные древесные образцы сосны (тип I) и часть заселявших их короедов *I. acuminatus* (15 особей), а также каждый из образцов типа II были обследованы на наличие в них нематод. Из древесины нематод выделяли вороночным методом Бермана при 24 ч. экспозиции и температуре 20–23 °С.

Нематод, ассоциированных с жуками, получали смывом водой с поверхности имаго короедов путем многократного встряхивания особей, помещенных в пробирку типа «эппендорф» объемом 1,5 мл с дистиллированной водой. Далее содержимое смыва просматривали под стереомикроскопом, а жуков препарировали, отделяя голову, среднегрудь и брюшко и помещая их в отдельные чашки Петри диаметром 6 см на 4-6 часов в воду.

Диагностику выявленных нематод проводили молекулярно-генетическим методом. Всего исследовано на наличие нематод 30 особей жуков *I. acuminatus* и 32 древесные пробы сосны *P. sylvestris*. Для идентификации нематод использовали метод прямого секвенирования по Сэнгеру. Для этого из каждой особи нематод выделяли ДНК с использованием набора серии «ДНК-Экстран 2» Синтол, Россия. С выделенными образцами ДНК проводили классическую ПЦР с праймерами: COI-F1 forward 5'-cct-act-atg-att-ggt-ggt-ttt-ggt-aat-tg-3' и COI-R2 reverse 5'-gta-gca-gca-gta-aaa-taa-gca-cg-3' [Kanzaki, Futai, 2002].

Опыты по изучению возможности переноса сосновой стволовой нематоды *B. xylophilus* короедами рода *Ips* проводили в контролируемых лабораторных условиях.

Результаты исследования и их обсуждение. Видовой состав нематод, выявленных в короедах I. acuminatus и древесине сосны обыкновенной из Брянской обл., до опыта (тип I)

Анализ древесных образцов сосны обыкновенной (I тип), собранных в очаге вершинного короеда (*I. acuminatus*) в Брянской области (до поста-

новки опыта), показал наличие в древесине нематод *Teratorhabditis synpapillata* (Sudhaus, 1985), *Micoletzkyia hylurginophila* (Rühm, 1956), *Micoletzkyia* sp. (табл. 1). Наиболее часто встречались виды рода *Micoletzkyia*. Они зарегистрированы в 75% проанализированных проб. Реже регистрировались нематоды *Teratorhabditis synpapillata* – 13%.

Род *Micoletzkyia* (Chromadorea: Diplogastridae) включает более 20 видов нематод, и большинство из них обнаружены в ходах или непосредственно в короедах Scolytinae (Curculionidae). Данные представители относятся к числу хищных нематод, питаются грибами, бактериями или другими микроорганизмами, а также нематодами [Grucmanova, Holusa, 2013; Susoy, Herrmann, 2014]. Ряд исследователей [Rühm, 1956; Grucmanova, Holusa, 2013] отмечают вершинного короеда *I. acuminatus* как переносчика нематод рода *Micoletzkyia*. А.Ю. Рыссом и С.А. Субботиным имаго и личиночные стадии (dauer juveniles) нематод *Micoletzkyia* spp. выделялись с поверхности разных видов жуков, собранных в Бурятии [Ryss, Subbotin, 2023].

Особи вершинного короеда *I. acuminatus*, отобранные из этих же веток сосны в Брянской области (тип I), были заселены нематодами *Bursaphelenchus doui* (Braasch, Gu, Burgermeister & Zhang, 2005), *Bursaphelenchus paraborgeri* (Wang & Gu, 2012) и *Teratorhabditis synpapillata*. Частота встречаемости первых двух видов в короедах составляла, соответственно, 45% и 50%.

Видовой состав нематод, выявленных в короедах I. acuminatus и древесине сосны обыкновенной, искусственно зараженной B. xylophilus, по окончании опыта (тип II)

При анализе древесины (тип II) после переноса в садок вместе с древесиной, содержащей жуков из Брянской области (тип I), выявлено четыре вида нематод: *Micoletzkyia* sp., *Teratorhabditis synpapillata*, *Bursaphelenchus doui* и *B. xylophilus*. При этом нематоды *B. xylophilus* обнаружены во всех древесных образцах.

Вид *Bursaphelenchus doui*, который не был обнаружен нами ранее в древесине из Брянской области (тип I), но выявлен в самом вершинном короеде, был выделен из древесинных образцов (тип II) впервые в конце опыта, и частота его встречаемости составила 25%. Это первая регистрация видов *Bursaphelenchus doui* (Braasch, Gu, Burgermeister & Zhang, 2004) и *Bursaphelenchus paraborgeri* (Wang & Gu, 2012) для территории Российской Федерации.

Bursaphelenchus doui впервые был выявлен в хвойных древесных упаковочных материалах, поступивших в Китай из Тайваня и Республики Корея [Braasch et al., 2004]. Позже этот вид регистрировался на лиственных породах [Han et al., 2009]. Вид *B. paraborgeri* также был впервые обнару-

жен в древесных упаковочных материалах лиственных пород, импортируемых с грузами в КНР из Малайзии [Wang, Gu, 2009].

На 25 сутки (15.08.2022 г.) после размещения древесины типов I и II в одном садке было установлено, что на древесных образцах, зараженных *B. xylophilus* (тип II), появились признаки заселения короедом. Из-под коры этих образцов были извлечены 15 особей имаго вершинного короеда, из них 12 особей содержали личиночные стадии различных видов нематод. В 7 жуках обнаружены личинки *B. xylophilus*.

В 8 проанализированных жуках *I. acuminatus* родительского поколения (старых особях), извлеченных из древесины типа II, нематод *B. xylophilus* не обнаружено. Смыть водой с поверхности всех просмотренных жуков дал отрицательный результат по содержанию каких-либо нематод.

Анализ 15 особей вершинного короеда в наших исследованиях показал присутствие различных нематод в разных сегментах тела жука (голова – 3%, среднегрудь – 91%, брюшко – 6%), при этом значительная их часть концентрировалась под элитрами. Исследования [Cardoza et al., 2006] также подтверждают, что нематоды локализуются в специализированных транспортных органах под надкрыльями жуков короедов – нематангиях [Полянина и др., 2019].

Нематоды рода *Bursaphelenchus* относятся к числу организмов, которые переносятся насекомыми и трофически связаны с грибами, находящимися в ходах насекомых-переносчиков. Некоторые виды, как, например, *B. mucronatus* и сосновая стволовая нематода *B. xylophilus*, также могут быть ксилофагами и питаться на клетках смоляных каналов [Wingfield et al., 1984]. При этом *B. xylophilus* относится к числу высокопатогенных организмов, способных вызывать быструю гибель древостоев.

Согласно проведенному анализу фитосанитарного риска [Кулинич и др., 2017; Kulnich et al., 1995] потенциальный ареал нематоды *B. xylophilus* – это значительная часть территории РФ. Вершинный короед широко распространен на территории Европы [Knížek, 2011; Cognato, 2015] и Российской Федерации [Кулинич и др., 2022]. Следует отметить, что короед *I. acuminatus* имеет в своем жизненном цикле фазу дополнительного питания, что показывает некоторое сходство с циклом развития черных усачей рода *Monochamus*, которые относятся к основным потенциальным переносчикам нематод *B. xylophilus*. Основываясь на результатах нашего опыта, можно сделать вывод, что теоретически вершинный короед может быть потенциальным переносчиком патогенного организма – сосновой стволовой нематоды *B. xylophilus*.

Таблица 1

Видовой состав и частота встречаемости нематод, выделенных из древесины сосны *Pinus sylvestris* и из населявших её короедов *Ips acuminatus* до опыта и после его завершения

Nematode species and their frequency of occurrence in *Pinus sylvestris* pine wood and in bark beetles *Ips acuminatus* inhabiting these trees before and at the end of the experiment

Виды выделенных нематод	ID номер в GenBank:	Частота встречаемости нематод, экз.			
		до постановки опыта		по окончании опыта	
		Древесина тип I ¹	Жуки <i>Ips acuminatus</i>	Древесина тип II ²	Жуки <i>Ips acuminatus</i>
<i>Micoletzkyia</i> sp.	KJ531145.1	6	0	4	4
<i>M. hylurginophila</i> (Rühm, 1956)	KJ531158.1	2	0	0	0
<i>Teratorhabditis synpapillata</i> Sudhaus, 1985	LN827630.1	1	8	2	3
<i>Bursaphelenchus doui</i> Braasch, Gu, Burgermeister & Zhang, 2005	FJ520228	0	6	2	3
<i>B. paraburgeri</i> Wang & Gu, 2012	HQ727728.1	0	8	0	5
<i>B. xylophilus</i> (Steiner & Buhner, 1934; Nickle, 1970)	OR978580.1	0	0	8	7
Количество проанализированных образцов		8	15	8	15

Примечание:

¹тип I – древесина сосны обыкновенной, заселенная жуками вершинного короеда из очага в Брянской области;

²тип II – древесина сосны обыкновенной, искусственно зараженная *B. xylophilus* для опыта (до опыта не была заселена какими-либо нематодами)

Вершинный короед и *B. xylophilus* имеют схожие температуры развития. Весенний лёт жуков начинается при дневной температуре 10–12 °С во второй-третьей декаде апреля.

В своем развитии от яйца до имаго нематоды проходят четыре личиночные стадии (L₁-L₄). Эмбриональное развитие *B. xylophilus* завершается

за 15–20 ч. Из яйца выходит личинка второго возраста (L_2), которая начинает самостоятельно питаться. Полный жизненный цикл на грибе *Botrytis cinerea* нематода завершает за 12 дней при +15 °С, за 6 дней при +20 °С, за 4–5 дней при +25 °С и за 3 дня при 30 °С [Mamiya, 1975]. Температурные пороги развития *B. xylophilus*, ниже или выше которых нематоды не развиваются, составляют +9,5 °С и +33 °С [Futai, 2008, 2013]. Схожие параметры (климатические факторы, растения-хозяева) и пересекающийся ареал обитания предполагают возможность трансмиссии короедом *I. acuminatus* нематоды *B. xylophilus* при инвазии её на территорию РФ.

Заключение. Проведенные исследования показали возможность заселения сосновой стволовой нематодой *B. xylophilus* жуков *I. acuminatus*. В связи с этим можно предположить возможность трансмиссии патогенного вида нематоды вершинным короедом. Следует также отметить, что в жизненном цикле вершинного короеда присутствует стадия дополнительного питания, в период которой особи активно выгрызают луб, в результате чего нематоды могут перейти из жука в здоровое дерево.

Вклад авторов. О.А. Кулинич, А.А. Чалкин – концептуализация и постановка исследования; Е.Н. Арбузова – культивирование нематод; Н.И. Козырева – проведение молекулярной диагностики; А.А. Чалкин – сбор материала, проведение опытов и анализ результатов исследований; О.А. Кулинич, Н.И. Козырева, Е.А. Арбузова – написание, рецензирование и редактирование текста.

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотруднику ФГБУ «ВНИИКР» к.б.н. А.В. Петрову за помощь в идентификации короедов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Гниненко Ю.И., Хезай И.В. Динамика усыхания еловых лесов в Московском регионе // Лесохозяйственная информация. 2018. № 2. С. 65–74. DOI: 10.24419/LNI.2304-3083.2018.2.07.

Ижевский С.С., Никитский Н.Б., Волков О.Г., Долгин М.М. Иллюстрированный справочник жуков-ксилофагов – вредителей леса и лесоматериалов Российской Федерации. Тула: Гриф и К°, 2005. 218 с.

Керчев И.А., Мандельштам М.Ю., Кривец С.А., Илинский Ю.Ю. Союзный короед *Ips amitinus* (Eichhoff, 1872) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) – новый чужеродный вид в Западной Сибири // Энтомологическое обозрение. 2019. Т. 98. № 3. С. 592–599. DOI: 10.1134/S0367144519030092.

Кулинич О.А., Козырева Н. И., Арбузова Е. Н. Сосновая стволовая нематода как угроза хвойным насаждениям России // Лесохозяйственная информация. 2017. № 3. С. 50–66. DOI: 10.24419/LNI.2304-3083.2017.3.05.

Кулинич О.А., Чалкин А.А., Ряскин Д.И., Арбузова Е.Н., Козырева Н.И., Петров А.В. Распространение и карантинный статус короедов рода *Ips* для России и других стран мира // Защита и карантин растений. 2022. № 4. С. 27–31. DOI: 10.47528/1026-8634_2022_4_27.

Полянина К.С., Манделъштам М.Ю., Рысс А.Ю. Краткий обзор ассоциаций ксилобионтных нематод с жуками-короедами (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) // Энтомологическое обозрение. 2019. Т. 98. № 3. С. 481–499. DOI: 10.1134/S0367144519030031.

Akbulut S., Stamps W.T. Insect vectors of the pinewood nematode: a review of the biology and ecology of *Monochamus* species // Forest Pathology. 2012. No. 42. P. 89–99. DOI: 10.1111/j.1439-0329.2011.00733.x.

Bonifácio L., Naves P., Sousa E. Vector-Plant // Pine wilt disease in Europe – biological interactions and integrated management. Lisbon: FNAPF-Federação Nacional das Associações de Proprietários Florestais, 2015. P. 125–158.

Braasch H., Gu J., Burgermeister W., Zhang J. *Bursaphelenchus doui* sp. n. (Nematoda: Parasitaphelenchidae) in packaging wood from Taiwan and South Korea—a new species of the xylophilus group // Russian Journal of Nematology. 2005. No. 13(1). P. 19.

Cardoza Y., Paskewitz S., Raffa K. Travelling through time and space on wings of beetles: a tripartite insect–fungi–nematode association // Symbiosis. 2006. No. 41. P. 71–79.

Cognato A.I. Biology, systematics, and evolution of *Ips* // Bark beetles. San Diego: Academic Press, 2015. P. 351–370.

EPPO Standard on diagnostics PM 7/4 (4) *Bursaphelenchus xylophilus* // EPPO Bulletin. 2023. No. 53. P. 156–183. DOI: 10.1111/epp.12915.

Fonseca L., Cardoso J. M. S., Lopes A., Pestana M., Abreu F., Nunes N., Mota M., Abrantes I. The pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, in Madeira Island // Helminthologia. 2012. No. 49. P. 96–103. DOI: 10.2478/s11687-012-0020-3.

Futai K. Pine Wilt in Japan: From First Incidence to Present // Pine Wilt Disease. Tokyo: Springer, 2008. P. 5–13. DOI: 10.1007/978-4-431-75655-2_2.

Futai K. Pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. Annu // Rev. Phytopathol. 2013. No. 51. P. 61–83. DOI: 10.19080/IJESNR.2018.12.555848.

Grucmanova S., Holusa J. Nematodes associated with bark beetles, with focus on the genus *Ips* (Coleoptera: Scolytinae) in central Europe // Acta Zoologica Bulgarica. 2013. No. 65. P. 547–556.

Han H., Chung Y. J., Shin S. C. First report of *Bursaphelenchus doui* on tulip tree (*Liriodendron tulipifera*) in Korea // Plant Disease. 2009. No. 93 (11). P. 1221–1221. DOI: 10.1094/PDIS-93-11-1221C.

Hlávková D., Doležal P. Cambioxylophagous pests of Scots pine: ecological physiology of European populations // Front. For. Glob. Change. 2022. DOI: 10.3389/ffgc.2022.864651.

Inácio M.L., Nobrega F., Vieira P., Bonifacio L., Naves P., Sousa E., Mota M. First detection of *Bursaphelenchus xylophilus* associated with *Pinus nigra* in Portugal and in Europe // Forest pathology. 2015. Vol. 45(3). P. 235–238. DOI: 10.1111/efp.12162.

Jikumaru S., Togashi K. Boarding abilities of *Bursaphelenchus mucronatus* and *B. xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) on *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae) // *Nematology*. 2003. Vol. 5(6). P. 843–849. DOI: 10.1163/156854103773040745.

Kanzaki N., Futai K. A PCR primer set for determination of phylogenetic relationships of *Bursaphelenchus* species within the *xylophilus* group // *Nematology*. 2002. No. 4(1). P. 35–41. DOI: 10.1163/156854102760082186.

Kirkendall L.R. Sperm is a limiting resource in the pseudogamous bark beetle *Ips acuminatus* (Scolytidae) // *Oikos*. 1990. No. 57. P. 80–87. DOI: 10.2307/3565740.

Knížek M. Curculionidae: Scolytinae // *Catalogue of palaearctic Coleoptera*. Stenstrup: Apollo Books, 2011. P. 204–251

Kulinich O.A., Kolossova N.V. The potential of the pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* to become established in countries of the former USSR // *Russian Journal of Nematology*. 1995. No. 3(1). P. 35–48.

Linit M. Nematode-vector relationships in the pine wilt disease system // *Journal of Nematology*. 1988. No. 20. P. 227–235.

Linsley E.G., Chemsak J.A. The Cerambycidae of North America, Part VII, No. 1: Taxonomy and Classification of the Subfamily Lamiinae, Tribes Parmenini through Acanthoderini. University of California Publications in Entomology, 102. Berkeley and Los Angeles, California: University of California Press, 1984. 258 p.

Mamiya Y. The life history of the pinewood nematode *Bursaphelenchus lignicolus* // *Japanese Journal of Nematology*. 1975. No. 5. P. 16–25. DOI: 14855/jjn1972.5.16.

Mota M.M., Braasch H., Bravo M.A., Penas A.C., Burgermeister W., Metge K., Sousa E. First report of *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal and in Europe // *Nematology*. 1999. Vol. 1(7). P. 727–734. DOI: 10.1163/156854199508757.

Necibi S., Linit M.J. Effect of *Monochamus carolinensis* on *Bursaphelenchus xylophilus* dispersal stage formation // *Journal of Nematology*. 1998. No. 30. P. 246–254.

Robertson L., García-Álvarez A., Arcos S.C., Díez-Rojo M.A., Mansilla J.P., Sanz R., Martínez C., Escuer M., Castresana L., Notario A., Bello A., Arias M. Potential insect vectors of *Bursaphelenchus* spp. (Nematoda: Parasitaphelenchidae) in Spanish pine forests // *Pine wilt disease: a worldwide threat to forest ecosystems*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2008. P. 221–234. DOI: 10.1007/978-1-4020-8455-3_19.

Rühm W. *Die Nematoden der Ipiden* // *Parasitologische Schriftenreihe*. Vol. 6. Iena: Gustav Fischer Verlag, 1956. 437 p.

Ryss A.Y., Subbotin S.A. New Records of Wood-and Bark-Inhabiting Nematodes from Woody Plants with a Description of *Bursaphelenchus zvyagintsevi* sp. n. (Aphelenchoididae: Parasitaphelenchinae) from Russia // *Plants*. 2023. Vol. 12(1). P. 382. DOI: 10.3390/plants12020382

Sitonen J. *Ips acuminatus* kills pines in southern Finland // *Silva Fennica*. 2014. No. 48(4). P. 1145. DOI: 10.14214/sf.1145

Sone K., Nagano S.I., Hata K. Abundance-dependent transmission of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae), to the

Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae), adult in its pupal chamber // Journal of Forest Research. 2011. No. 16. P. 82–86.

Sousa E., Rodrigues J.M., Bonifácio L.F., Naves P.M., Rodrigues A. Management and control of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, in Portugal // Nematodes: Morphology, functions and management strategies. 2011. P. 157–178.

Susoy V., Herrmann M. Preferential host switching and codivergence shaped radiation of bark beetle symbionts, nematodes of *Micoletzkyia* (Nematoda: Diplogastriidae) // Journal of Evolutionary Biology. 2014. No. 27. P. 889–898. DOI: 10.1111/jeb.12367.

Togashi K., Jikumaru S. Evolutionary change in a pine wilt system following the invasion of Japan by the pinewood nematode // *Bursaphelenchus xylophilus*. Ecological Research. 2007. No. 22. P. 862–868. DOI: 10.1007/s11284-007-0339-2.

Vicente C., Espada M., Vieira P., Mota M. Pine wilt disease: a threat to European forestry // European Journal of Plant Pathology. 2012. No. 133. P. 89–99. DOI: 10.1007/s10658-011-9924-x.

Wang J., Gu J. *Bursaphelenchus paraburgeri* sp. n. (Nematoda: Parasitaphelenchidae) in packaging wood from Malaysia // Nematology. 2012. No. 14(1). P. 39–50. DOI: 10.1163/138855411X575449.

Webster J., Mota M.M. Pine wilt disease: global issues, trade and economic impact // Pine wilt disease: a worldwide threat to forest ecosystems. Dordrecht: Springer Netherlands, 2008. P. 1–3.

Wingfield M.J., Blanchette R.A., Nicholls T.H. Is the pine wood nematode an important pathogen in the United States? // Journal of Forestry. 1984. No. 82. P. 232–235. DOI: 10.1139/x83-143.

Yang B., Wang Q. Distribution of the pinewood nematode in China and susceptibility of some Chinese and exotic pines to the nematode // Canadian Journal of Forest Research. 1989. No. 19. P. 1527–1530. DOI: 10.1139/x89-232

References

Akbulut S., Stamps W.T. Insect vectors of the pinewood nematode: a review of the biology and ecology of *Monochamus* species. *Forest Pathology*, 2012, no. 42, pp.89–99. DOI: 10.1111/j.1439-0329.2011.00733.x.

Bonifácio L., Naves P., Sousa E. Vector-Plant. Pine wilt disease in Europe – biological interactions and integrated management. Lisbon: FNAPF-Federação Nacional das Associações de Proprietários Florestais, 2015, pp. 125–158.

Braasch H., Gu J., Burgermeister W., Zhang J. *Bursaphelenchus doui* sp. n. (Nematoda: Parasitaphelenchidae) in packaging wood from Taiwan and South Korea—a new species of the xylophilus group. *Russian Journal of Nematology*, 2005, no. 13(1), p. 19.

Cardoza Y., Paskewitz S., Raffa K. Travelling through time and space on wings of beetles: a tripartite insect–fungi–nematode association. *Symbiosis*, 2006, no. 41, pp.71–79.

Cognato A.I. Biology, systematics, and evolution of *Ips*. *Bark beetles*. San Diego: Academic Press, 2015, pp. 351–370.

EPPO Standard on diagnostics PM 7/4 (4) *Bursaphelenchus xylophilus*. *EPPO Bulletin*, 2023, no. 53, pp. 156–183. DOI: 10.1111/epp.12915.

Fonseca L., Cardoso J. M. S., Lopes A., Pestana M., Abreu F., Nunes N., Mota M., Abrantes I. The pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, in Madeira Island. *Helminthologia*, 2012, no. 49, pp. 96–103. DOI: 10.2478/s11687-012-0020-3.

Futai K. Pine Wilt in Japan: From First Incidence to Present. *Pine Wilt Disease*. Springer: Tokyo, 2008, pp. 5–13. DOI: 10.1007/978-4-431-75655-2_2.

Futai K. Pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 2013, no. 51, pp. 61–83. DOI: 10.19080/IJESNR.2018.12.555848.

Gninenko Yu.I., Khegay I.V. Dynamics of drying out of spruce forests in the Moscow region. *Forestry information*, 2018, no. 2, pp. 65–74. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2018.2.07. (In Russ.)

Grucmanova S., Holusa J. Nematodes associated with bark beetles, with focus on the genus *Ips* (Coleoptera: Scolytinae) in central Europe. *Acta Zoologica Bulgarica*, 2013, no. 65, pp. 547–556.

Han H., Chung Y. J., Shin S. C. First report of *Bursaphelenchus doui* on tulip tree (*Liriodendron tulipifera*) in Korea. *Plant Disease*, 2009, no. 93 (11), pp. 1221–1221. DOI: 10.1094/PDIS-93-11-1221C.

Hlávková D., Doležal P. Cambioxylophagous pests of Scots pine: ecological physiology of European populations—a review. *Front. For. Glob. Change*, 2022. DOI: 10.3389/ffgc.2022.864651.

Inácio M.L., Nobrega F., Vieira P., Bonifacio L., Naves P., Sousa E., Mota M. First detection of *Bursaphelenchus xylophilus* associated with *Pinus nigra* in Portugal and in Europe. *Forest pathology*, 2015, vol. 45(3), pp. 235–238. DOI: 10.1111/efp.12162.

Izhevsky S.S., Nikitskij N.B., Volkov O.G., Lolgin M.M. Illustrated reference book of xylophagous beetles – pests of forests and timber of the Russian Federation. Tula: Grif and Ko, 2005. 218 p. (In Russ.)

Jikumaru S., Togashi K. Boarding abilities of *Bursaphelenchus mucronatus* and *B. xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) on *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Nematology*, 2003, vol. 5(6), pp. 843–849. DOI: 10.1163/156854103773040745.

Kanzaki N., Futai K. A PCR primer set for determination of phylogenetic relationships of *Bursaphelenchus* species within the *xylophilus* group. *Nematology*, 2002, no. 4(1), pp. 35–41. DOI: 10.1163/156854102760082186.

Kerchev I.A., Mandelstam M.Yu., Krivets S.A., Ilinsky Yu.Yu. Allied bark beetle *Ips amitinus* (Eichhoff, 1872) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) – a new alien species in Western Siberia. *Entomological Review*, 2019, no. 98(3), pp. 592–599. DOI: 10.1134/S0367144519030092. (In Russ.)

Kirkendall L.R. Sperm is a limiting resource in the pseudogamous bark beetle *Ips acuminatus* (Scolytidae). *Oikos*, 1990, no. 57, pp. 80–87. DOI: 10.2307/3565740.

Knížek M. Curculionidae: Scolytinae. *Catalogue of palaearctic Coleoptera*, Stenstrup: Apollo Books, 2011, pp. 204–251.

Kulinich O.A., Chalkin A.A., Ryaskin D.I., Arbuzova E.N., Kozyreva N.I., Petrov A.V. Distribution and quarantine status of bark beetles of the genus *Ips* for Russia and other countries of the world. *Plant Protection and Quarantine*, 2022, no. 4, pp. 27–31. DOI: 10.47528/1026-8634_2022_4_27. (In Russ.)

Kulinich O.A., Kolossova N.V. The potential of the pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* to become established in countries of the former USSR. *Russian Journal of Nematology*, 1995, no. 3(1), pp. 35–48.

Kulinich O.A., Kozyreva N.I., Arbuzova E.N. Pinewood nematode as a threat to coniferous in Russia. *Forestry information*, 2017, no. 3, pp. 50–66. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2017.3.05. (In Russ.)

Limit M. Nematode-vector relationships in the pine wilt disease system. *Journal of Nematology*, 1988, no. 20, pp. 227–235.

Linsley E.G., Chemsak J.A. The Cerambycidae of North America, Part VII, No. 1: Taxonomy and Classification of the Subfamily Lamiinae, Tribes Parmenini through Acanthoderini. University of California Publications in Entomology, 102. Berkeley and Los Angeles, California: University of California Press, 1984. 258 p.

Mamiya Y. The life history of the pinewood nematode *Bursaphelenchus lignicolus*. *Japanese Journal of Nematology*, 1975, no. 5, pp. 16–25. DOI: 14855/jjn1972.5.16.

Mota M. M., Braasch H., Bravo M. A., Penas A. C., Burgermeister W., Metge K., Sousa E. First report of *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal and in Europe. *Nematology*, 1999, vol. 1(7), pp. 727–734. DOI: 10.1163/156854199508757.

Necibi S., Limit M.J. Effect of *Monochamus carolinensis* on *Bursaphelenchus xylophilus* dispersal stage formation. *Journal of Nematology*, 1998, no. 30, pp. 246–254.

Polyanina K.S., Mandelstam M.Yu., Ryss A.Yu. Brief review of associations of xylobiont nematodes with bark beetles (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae). *Entomological Review*, 2019, vol. 98(3), pp. 481–499. DOI: 10.1134/S0367144519030031. DOI: 10.1134/S0367144519030031. (In Russ.)

Robertson L., García-Álvarez A., Arcos S.C., Díez-Rojo M.A., Mansilla J.P., Sanz R., Martínez C., Escuer M., Castresana L., Notario A., Bello A., Arias M. Potential insect vectors of *Bursaphelenchus* spp. (Nematoda: Parasitaphelenchidae) in Spanish pine forests. *Pine wilt disease: a worldwide threat to forest ecosystems*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2008, pp. 221–234. DOI: 10.1007/978-1-4020-8455-3_19.

Rühm W. Di Nematoden der Ipiden. *Parasitologische Schriftenreihe*, vol. 6. Iena: Gustav Fischer Verlag, 1956. 437 p.

Ryss A.Y., Subbotin S.A. New Records of Wood-and Bark-Inhabiting Nematodes from Woody Plants with a Description of *Bursaphelenchus zvyagintsevi* sp. n. (Aphelenchoididae: Parasitaphelenchinae) from Russia. *Plants*, 2023, vol. 12(1), p. 382. DOI: 10.3390/plants12020382

Siitonen J. *Ips acuminatus* kills pines in southern Finland. *Silva Fennica*, 2014, no. 48(4), p. 1145. DOI: 10.14214/sf.1145

Sone K., Nagano S.I., Hata K. Abundance-dependent transmission of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae), to

the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae), adult in its pupal chamber. *Journal of Forest Research*, 2011, no. 16, pp. 82–86.

Sousa E., Rodrigues J.M., Bonifácio L.F., Naves P.M., Rodrigues A. Management and control of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, in Portugal. *Nematodes: Morphology, functions and management strategies*, 2011, pp. 157–178.

Susoy V., Herrmann M. Preferential host switching and codivergence shaped radiation of bark beetle symbionts, nematodes of *Micoletzkyia* (Nematoda: Diplogastridae). *Journal of Evolutionary Biology*, 2014, no. 27, pp. 889–898. DOI: 10.1111/jeb.12367.

Togashi K., Jikumaru S. Evolutionary change in a pine wilt system following the invasion of Japan by the pinewood nematode. *Bursaphelenchus xylophilus*. *Ecological Research*, 2007, no. 22, pp. 862–868. DOI: 10.1007/s11284-007-0339-2.

Vicente C., Espada M., Vieira P., Mota M. Pine wilt disease: a threat to European forestry. *European Journal of Plant Pathology*, 2012, no. 133, pp. 89–99. DOI: 10.1007/s10658-011-9924-x.

Wang J., Gu J. *Bursaphelenchus paraborgeri* sp. n. (Nematoda: Parasitaphelenchidae) in packaging wood from Malaysia. *Nematology*, 2012, no. 14(1), pp. 39-50. DOI: 10.1163/138855411X575449.

Webster J., Mota M.M. Pine wilt disease: global issues, trade and economic impact. *Pine wilt disease: a worldwide threat to forest ecosystems*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2008, pp. 1–3.

Wingfield M.J., Blanchette R.A., Nicholls T.H. Is the pine wood nematode an important pathogen in the United States? *Journal of Forestry*, 1984, no. 82, pp. 232–235. DOI: 10.1139/x83-143.

Yang B., Wang Q. Distribution of the pinewood nematode in China and susceptibility of some Chinese and exotic pines to the nematode. *Canadian Journal of Forest Research*, 1989, no. 19, pp. 1527–1530. DOI: 10.1139/x89-232

Материал поступил в редакцию 23.02.2024

Чалкин А.А., Кулинич О.А., Козырева Н.И., Арбузова Е.Н. К изучению роли вершинного короёда *Ips acuminatus* в трансмиссии фитопатогенных нематод рода *Bursaphelenchus* // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. Вып. 251. С. 123–140. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.251.123-140

Одна из потенциальных угроз для хвойных лесов Российской Федерации – распространение вилта хвойных пород, вызываемого сосновой стволовой нематодой *Bursaphelenchus xylophilus*. Данный карантинный организм пока не выявлен в России, но распространён в соседних странах: Китае, Японии, Южной Кореи. В естественных сосновых насаждениях распространение *B. xylophilus*

осуществляется усачами рода *Monochamus*, однако увядающие деревья также заселяются другими видами насекомых-ксилофагов, в частности, короедами рода *Ips*. Представлены результаты исследований, проведенных в контролируемых лабораторных условиях, по возможности переноса вершинным короедом *Ips acuminatus* нематод *B. xylophilus*. С этой целью два типа бревен сосны (*Pinus sylvestris*), заселенные короедом *I. acuminatus* (I тип) и искусственно зараженные *B. xylophilus* (II тип), были помещены вместе в один садок. В результате установлено, что жуки заселили зараженные нематодой бревна сосны, а через 25 суток 47% отродившихся в зараженной древесине молодых жуков содержали личинок нематод *B. xylophilus*. Кроме этого вида, в жуках и древесине были выявлены нематоды *B. paraburgeri*, *B. doui*, а также *Teratorhabditis synpapillata*, *Micoletzkyia synpapillata*. Идентификация нематод проводилась с применением молекулярно-генетических методов диагностики. Наибольшее количество нематод в жуках (91%) находилось в среднегрудном отделе короедов под надкрыльями. При проведении смыва водой с поверхности жуков нематод не зафиксировано. Результаты исследований дают основание предполагать, что вершинный короед *I. acuminatus* может быть переносчиком патогенных нематод *B. xylophilus*.

Ключевые слова: *Ips acuminatus*, короед, *Bursaphelenchus xylophilus*, сосновая стволовая нематода, *Pinus sylvestris*.

Chalkin A.A., Kulnich O.A., Kozyreva N.I., Arbutova E.N. The research of the role of the sharp-toothed bark beetle *Ips acuminatus* in the transmission of phytopathogenic nematodes of the genus *Bursaphelenchus*. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2024, iss. 251, pp. 123–140 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2024.251.123-140

One of the potential threats to coniferous forests of the Russian Federation is the spread of pine wilt disease caused by the pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus*. This quarantine organism has not yet been detected in Russia, but is widespread in neighbouring countries: China, Japan, South Korea. In natural pine plantations the spreading of *B. xylophilus* is carried out by *Monochamus* beetles, but stressed trees are also infected by other insects, in particular by bark beetles of the genus *Ips*. The results of studies conducted under controlled laboratory conditions on the possibility of transfer of *B. xylophilus* nematodes by the bark beetle *Ips acuminatus* are presented. For this purpose, two types of pine (*Pinus sylvestris*) logs with *I. acuminatus* (type I) and artificially infested with *B. xylophilus* (type II) were placed together in one cage. *I. acuminatus* beetles were found in nematode-infested pine logs, and after 25 days, 47% of the emerging beetles in the infested wood contained the *B. xylophilus* juveniles. The nematodes *B. paraburgeri*, *B. doui*, *Teratorhabditis synpapillata*, *Micoletzkyia synpapillata* were also found in *I. acuminatus* beetles and wood. The nematodes were identified using molecular genetic diagnostic methods.

The highest number of nematodes in beetles (91%) was found in the mid-thoracic section of bark beetles under the elytra. No nematodes were found in the beetles during water flushing from the beetle surface. The results suggest that the bark beetle *I. acuminatus* may be a vector by pathogenic nematodes *B. xylophilus*.

Key words: *Ips acuminatus*, bark beetle, *Bursaphelenchus xylophilus*, pinewood nematode, *Pinus sylvestris*.

ЧАЛКИН Андрей Андреевич – научный сотрудник отдела лесного карантина ФГБУ «ВНИИКР». ORCID: 0000-0002-7937-4667. SPIN-код: 8575-3984. Web of Science Researcher ID: AET-9683-2022. Scopus AuthorID: 57220116459.

140150, ул. Пограничная, д. 32, р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия. E-mail: chalkin10@ya.ru

CHALKIN Andrey A. – Researcher at the Forest Quarantine Department of the Federal State Budgetary Institution «VNIICR». ORCID: 0000-0002-7937-4667. SPIN-code: 8575-3984. Web of Science Researcher ID: AET-9683-2022. Scopus Author ID: 57220116459.

140150. Pogranichnaya str. 32. Bykovo. Ramensky district. Moscow region. Russia. E-mail: chalkin10@ya.ru

КУЛИНИЧ Олег Андреевич – главный научный сотрудник, начальник отдела лесного карантина ФГБУ «ВНИИКР», доктор биологических наук. ORCID: 0000-0002-7531-4982. SPIN-код: 7656-5245. Web of Science Researcher ID: A-5534-2016. Scopus Author ID: 11940984400.

140150, ул. Пограничная, д. 32, р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия. E-mail: okulinich@mail.ru

KULINICH Oleg A. – DSc (Biological), Chief Scientific Associate, Head of Forest Quarantine Department of the Federal State Budgetary Institution «VNIICR». ORCID: 0000-0002-7531-4982. SPIN-code: 7656-5245. Web of Science Researcher ID: A-5534-2016. Scopus Author ID: 11940984400.

140150. Pogranichnaya str. 32. Bykovo. Ramensky district. Moscow region, Russia. E-mail: okulinich@mail.ru

КОЗЫРЕВА Наталья Ивановна – научный сотрудник отдела лесного карантина ФГБУ «ВНИИКР», кандидат биологических наук. ORCID: 0000-0002-1659-0258. SPIN-код: 6645-9389. Web of Science Researcher ID: JWP-5077-2024. Scopus Author ID: 57190217222.

140150, ул. Пограничная, д. 32, р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия. E-mail: nkozyreva014@gmail.com

KOZYREVA Natalya I. – PhD (Biological), Researcher at the Forest Quarantine Department of the Federal State Budgetary Institution «VNIИKR». ORCID: 0000-0002-1659-0258. SPIN-code: 6645-9389. Web of Science Researcher ID: JWP-5077-2024. Scopus Author ID: 57190217222.

140150, Pogranichnaya str. 32. Bykovo. Ramensky district. Moscow region, Russia. E-mail: nkozyreva014@gmail.com

АРБУЗОВА Елена Николаевна – старший научный сотрудник отдела лесного карантина ФГБУ «ВНИИКР», кандидат биологических наук. ORCID: 0000-0002-0547-2547. SPIN-код: 3315-4190. Web of Science Researcher ID: I-7153-2015. Scopus Author ID: 57222500674.

140150, ул. Пограничная, д. 32, р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия. E-mail: e.n.arbuzova@mail.ru

ARBUSOVA Elena N. – PhD (Biological), Senior Researcher at the Forest Quarantine Department of the Federal State Budgetary Institution «VNIИKR». ORCID: 0000-0002-0547-2547. SPIN-code: 3315-4190. Web of Science Researcher ID: I-7153-2015. Scopus Author ID: 57222500674.

140150, Pogranichnaya str. 32. Bykovo. Ramensky district. Moscow region. Russia. E-mail: e.n.arbuzova@mail.ru