

УДК 632.6.04/.08

СОСНОВАЯ СТВОЛОВАЯ НЕМАТОДА *BURSAPHELENCHUS XYLOPHILUS* (STEINER & BUHRER) NICKLE И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ АККЛИМАТИЗАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ

А. А. Чалкин^{1*}, О. А. Кулинич^{1,2}, Е. Н. Арбузова¹, А. Ю. Рысс³

¹ Всероссийский центр карантина растений (ул. Пограничная, 32, р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия, 140150), *chalkin10@ya.ru

² Институт проблем экологии и эволюции (Ленинский пр., 33, Москва, Россия, 119071)

³ Зоологический институт РАН (Университетская наб., 1, Санкт-Петербург, Россия, 199034)

Сосновая стволовая нематода *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhner) Nickle относится к числу наиболее опасных для хвойных насаждений и внесена в перечни карантинных организмов различных стран, в том числе и Российской Федерации. Представленный материал содержит основную информацию о биологии и распространении *Bursaphelenchus xylophilus* в мире, а также приведен анализ факторов возможной акклиматизации сосновой стволовой нематоды на территории Республики Карелия. Анализ фитосанитарного риска – важный инструмент в современном изучении карантина растений. Основываясь на многофакторном изучении различных показателей окружающей среды и их динамики изменчивости, возможно установить риск инвазий, акклиматизации и распространения в новом ареале определенного карантинного организма. Своевременное изучение и достоверная оценка фитосанитарного риска помогают в выборе эффективных фитосанитарных (карантинных) мер в соответствии с особенностями биологии конкретного вредного организма и путей его распространения. Авторами приведена карта Карелии с преобладающими хвойными породами и изотермами летнего и зимнего периодов. На основании результатов фитосанитарного риска сделаны выводы о способности к выживанию сосновой стволовой нематоды на указанной территории ввиду преобладания сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), которая является растением-хозяином этого вредителя. На всей территории региона широко распространены жуки-усачи рода *Monochamus*, которые способны переносить нематод рода *Bursaphelenchus*. Установлено, что климатические условия Республики Карелия не будут способствовать интенсивному развитию нематод *Bursaphelenchus xylophilus* ввиду отсутствия продолжительных периодов со стабильно высокой температурой воздуха окружающей среды.

Ключевые слова: сосновая стволовая нематода; *Bursaphelenchus xylophilus*; вилт хвойных пород; распространение; Республика Карелия

Для цитирования: Чалкин А. А., Кулинич О. А., Арбузова Е. Н., Рысс А. Ю. Сосновая стволовая нематода *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhner) Nickle и возможности ее акклиматизации в Республике Карелия // Труды Карельского научного центра РАН. 2022. № 1. С. 63–76. doi: 10.17076/bg1512

Финансирование. Исследование осуществлялось при финансовой поддержке РФФИ, грант № 20-04-00569-а (А. Ю. Рысс и О. А. Кулинич), а также из средств федерального бюджета на выполнение госзадания ФГБУ ВНИИКР, № АААА-А20-120072060002-6 (221062900145-6) (О. А. Кулинич), № АААА-А20-120072060002-6 (221062900143-2) (Е. Н. Арбузова), и РАН, № АААА-А19-119020690109-2 (А. Ю. Рысс). При подготовке статьи использованы Коллекции нематод ЗИН РАН (Санкт-Петербург), ИПЭЭ РАН (Москва) и ФГБУ ВНИИКР.

A. A. Chalkin^{1*}, O. A. Kulinich^{1,2}, E. N. Arbuzova¹, A. Yu. Ryss³. THE PINE WOOD NEMATODE *BURSAPHELENCHUS XYLOPHILUS* (STEINER & BUHRER) NICKLE: FEASIBILITY OF ITS ACCLIMATISATION IN THE REPUBLIC OF KARELIA

¹ All-Russian Research Institute of Plant Quarantine (32 Pogranichnaya St., 140150 Bykovo, Ramensky District, Moscow Region, Russia), *chalkin10@ya.ru

² Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences (33 Leninskii Ave., 119071 Moscow, Russia)

³ Zoological Institute, Russian Academy of Sciences (1 Universitetskaya Nab., 199034 St. Petersburg, Russia)

The article contains basic information on the biology and distribution of *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhner) Nickle, as well as analysis of the factors for possible acclimatisation of pine wood nematode in the Republic of Karelia. Pest risk analysis is an important tool in modern plant quarantine studies, based on multi-factor study of various environmental indicators and their dynamic variability, enabling the study of the risk of invasions, establishment and spread in a new area for a particular quarantine organism. Timely assessment of pest risk helps select effective phytosanitary (quarantine) measures according to the biology of the pest and its dispersal pathways. We provide a map of Karelia with predominant conifers and summer and winter isotherms. It is concluded from the phytosanitary risk assessment that the pine wood nematode can survive in Karelia due to predominance of Scots pine (*Pinus sylvestris*), the host plant of this pest, throughout the region and the wide distribution of Monochamus beetles, which can host nematodes of the genus *Bursaphelenchus*. However, the climatic conditions in Karelia will not favour intensive development of *Bursaphelenchus xylophilus* due to the absence of prolonged periods with high ambient temperatures.

Key words: pine wood nematode; *Bursaphelenchus xylophilus*; conifer wilt; spreading; Republic of Karelia

For citation: Chalkin A. A., Kulinich O. A., Arbuzova E. N., Ryss A. Yu. The pine wood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhner) Nickle: feasibility of its acclimatisation in the Republic of Karelia. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre of RAS*. 2022. No. 1. P. 63–76. doi: 10.17076/bg1512

Funding. The study was financially supported by the RFBR, grant No. 20-04-00569-a (A. Yu. Ryss and O. A. Kulinich), as well as by the Russian federal budget for the government assignment of the FSBI VNIKR, No. АААА-А20-120072060002-6 (221062900145-6) (O. A. Kulinich), No. АААА-А20-120072060002-6 (221062900143-2) (E. N. Arbuzova), and RAS, No. АААА-А19-119020690109-2 (A. Yu. Ryss). The paper was prepared with the use of the Nematode Collections of the ZIN RAS (St. Petersburg), IEE RAS (Moscow) and FSBI VNIKR.

Введение

Сосновая стволовая нематода является опасным для хвойных насаждений организмом. Нематода распространена в Северной Америке, была занесена в Азию (Японию, Китай, Республику Корея) и затем в Европу (Португалия,

Испания), где вызывает массовую гибель сосновых древостоев [Fielding, Evans, 1996; Dwinell, 1997]. Учитывая пути возможного заноса этого опасного организма и угрозу для хвойных насаждений, многие страны мира, в том числе Россия, включили *B. xylophilus* в перечень карантинных организмов и ввели эмбарго на импорт

необработанной древесины и древесных продуктов из тех регионов мира, где распространена сосновая стволовая нематода. Вид также входит в перечень карантинных организмов Евразийского экономического союза (ЕАЭС). В статье приведен краткий анализ фитосанитарного риска при возможном заносе *B. xylophilus* на территорию Карелии.

Основные сведения о таксономии, биологии и распространении сосновой стволовой нематоды

Таксономия

Вид: *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhner, 1934) Nickle, 1970. Класс: Chromadorea, отряд: Rhabditida, семейство: Aphelenchoididae, род: *Bursaphelenchus*. Синонимы: *Aphelenchoides xylophilus* Steiner & Buhner; *Bursaphelenchus lignicolus* Mamiya & Kiyohara.

Общепринятые названия: Pine wood nematode (PWN), Pine wilt disease (PWD), сосновая стволовая нематода, сосновая древесная нематода, увядание хвойных пород.

Впервые вид *B. xylophilus* был выделен из древесины бревна сосны в США в 1934 г. и отнесен к роду *Aphelenchoides*. В дальнейшем переведен в род *Bursaphelenchus* Fuchs, 1937. Длина нематод *Bursaphelenchus xylophilus* около 800–900 мкм, ширина – 20 мкм, считается, что данный организм занесен в Азию в начале XX столетия, но впервые выявлен в Японии в 1972 г. при установлении причины массовой гибели сосен. Первоначально организм описан как новый вид *B. lignicolus* Mamiya & Kiyohara, однако в дальнейшем был сведен в синоним *B. xylophilus* [Nickle et al., 1981]. На рис. 1 изображено строение самца сосновой стволовой нематоды.

Род *Bursaphelenchus* в настоящее время включает более 130 видов, большинство которых связаны с древесиной и стволовыми насекомыми, являющимися их переносчиками [Ryss et al., 2005]. В роде выделена отдельная группа родственных видов *Xylophilus* [Рысс, Субботин, 2017], при этом наибольшая сложность возникает при дифференциации близкородственных видов *B. xylophilus*, *B. mucronatus*, *B. fraudulentus*, точная идентификация которых возможна только на основании методов молекулярной диагностики [Hoyer et al., 1998; Braasch et al., 1999; Burgermeister et al., 2009; EPPO..., 2013]. Следует отметить, виды *B. xylophilus* и *B. mucronatus* (подвиды *B. mucronatus mucronatus*, *B. mucronatus kolyomensis*) имеют сходный цикл развития, аналогичные растения-хозяева и одинаковых жуков-переносчиков.

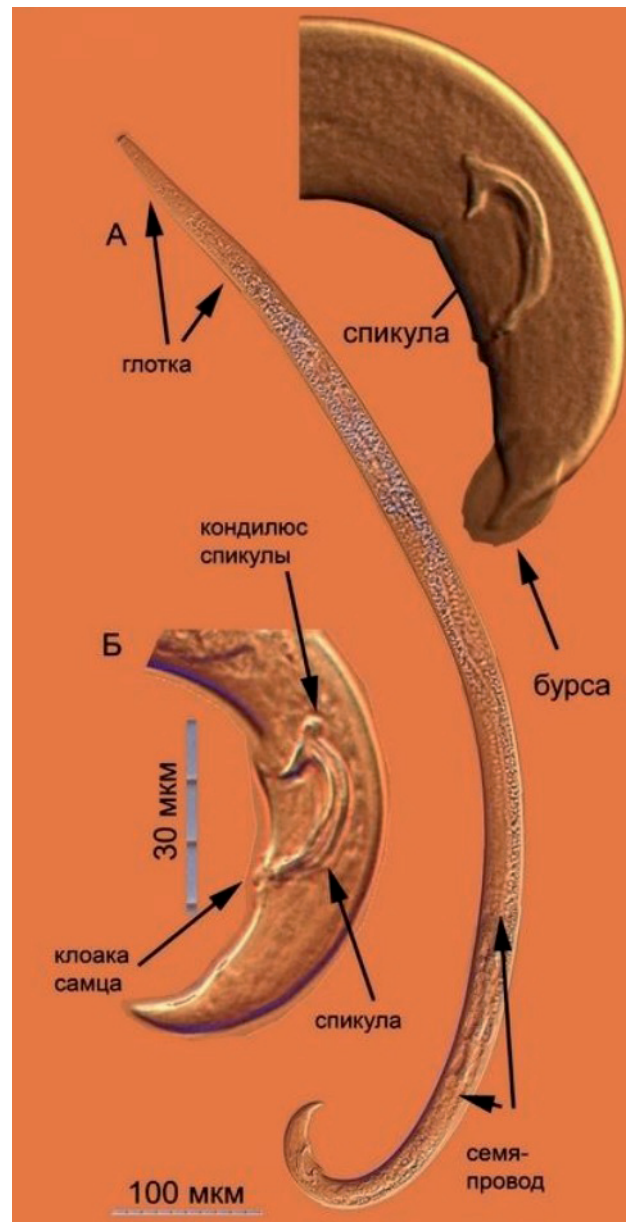


Рис. 1. Самец сосновой стволовой нематоды (фото А. Ю. Рысса)

Fig. 1. A male pine wood nematode (photo by A. Yu. Ryss)

Распространение в мире

Сосновая стволовая нематода впервые обнаружена в 1934 г. в древесине сосны во Флориде (США), однако дальнейшие исследования (биология, вредоносность и пр.), связанные с этим видом, относятся к 80-м годам XX века. Установлено, что *B. xylophilus* широко распространен в США и южных провинциях Канады, обнаружен в Мексике, однако больших очагов поражений, как в Азии и Европе, не наблюдается [Sutherland, 2008], поскольку местные хвойные породы устойчивы к этому патогену.

Страны, включившие *Bursaphelenchus xylophilus* в перечень карантинных организмов [по: EPPO..., 2021]

Countries which have listed *Bursaphelenchus xylophilus* as a quarantine organism [after: EPPO..., 2021]

Страна/организация Country/organization	Год включения в перечень карантинных организмов Year of inclusion in the list of quarantine organisms
Африка / Africa	
Марокко / Morocco	2018
Тунис / Tunisia	2012
Южная Америка / South America	
Аргентина / Argentina	2019
Бразилия / Brazil	2018
Парагвай / Paraguay	1995
Уругвай / Uruguay	1995
Чили / Chile	2019
Азия / Asia	
Бахрейн / Bahrain	2003
Израиль / Israel	2009
Иордания / Jordan	2013
Китай / China	1993
Европа / Europe	
Азербайджан / Azerbaijan	2007
Грузия / Georgia	2018
Европейский союз (ЕС) European Union (EU)	2019
Евразийский экономический совет (ЕАЭС) Eurasian Economic Council (EAEU)	2016
Молдова / Moldova	2006
Норвегия / Norway	2012
Турция / Turkey	2016
Украина / Ukraine	2019

Сегодня *B. xylophilus* находится в карантинном перечне многих стран мира (табл.).

На азиатском континенте вид *B. xylophilus* впервые обнаружен в Японии, где начал вызывать болезнь соснового увядания, что впервые было описано в 1905 г. [Yano, 1913], однако данный патоген установлен как источник заболевания лишь в 1971 г. [Kiyohara, Tokushige, 1971] и в настоящее время присутствует почти на всех островах Японского архипелага. В Китае впервые увядание хвойных отмечено в 1982 г. в окрестностях г. Нанкина [Wang, 2009], а в Республике Корея – в 1988 г. [Shin, 2008]. В дальнейшем нематода широко распространилась на территории этих стран.

В Европе нематода *B. xylophilus* выявлена в 1999 г. в Португалии в погибших соснах *Pinus pinaster* в окрестностях Лиссабона [Mota et al., 1999; Sousa et al., 2001, 2002; Mota, Vieira, 2008]. В настоящее время общая площадь, на которой *B. xylophilus* распространен в Португалии, превышает 50% всей территории страны. Несмотря на принимаемые фитосанитарные меры, происходило дальнейшее распространение нематоды, и в 2008 г. обнаружился очаг *B. xylophilus* в Испании, на границе с Португалией [Abelleira et al., 2011], который был успешно ликвидирован. Распространение сосновой стволовой нематоды показано на рис. 2. Подсчитано, что ежегодные потери в лесном хозяйстве ЕС при дальнейшем распространении нематоды *B. xylophilus* в Европе и отсутствии контроля за этим патогеном могут составить от 300 млн до 3 млрд евро [Soliman et al., 2012]. В большей степени ущерб будет нанесен хвойным насаждениям в странах Центральной и Южной Европы.

В России первые обследования лесонасаждений на присутствие *B. xylophilus* были начаты с Приморского края, как района наиболее вероятного нахождения данного вида [Kulinich et al., 1994]. В дальнейшем обследованы лесонасаждения других регионов европейской и азиатской частей РФ [Рысс, Субботин, 2017; Кулинич и др., 2020]¹. В результате обнаружен только близкородственный вид *B. mucronatus*.

Проведенный анализ фитосанитарного риска для территории Российской Федерации показал, что нематода *B. xylophilus* может акклиматизироваться на значительной части территории РФ и ежегодный возможный прямой и косвенный ущерб в случае адаптации организма составит 47,8–112,2 млрд рублей [Kulinich, Kolossova, 1995; Кулинич и др., 2013].

Биология

Bursaphelenchus xylophilus имеет сложный жизненный цикл развития, с участием насекомых (дисперсионный цикл) и без участия насекомых (пропагативный цикл).

Нематоды, попадая в ткани растения-хозяина, начинают быстро размножаться и расселяться по всему дереву, включая корневую систему.

¹ Исследования О. А. Кулинича и А. Ю. Рысса были поддержаны РФФИ (20-04-00569 А «Эволюция, систематика и пути преобразования жизненных циклов паразитических стволовых нематод (Nematoda: Rhabditida: Tylenchina и Rhabditina) в процессах естественной и антропогенной трансформации экосистем»).

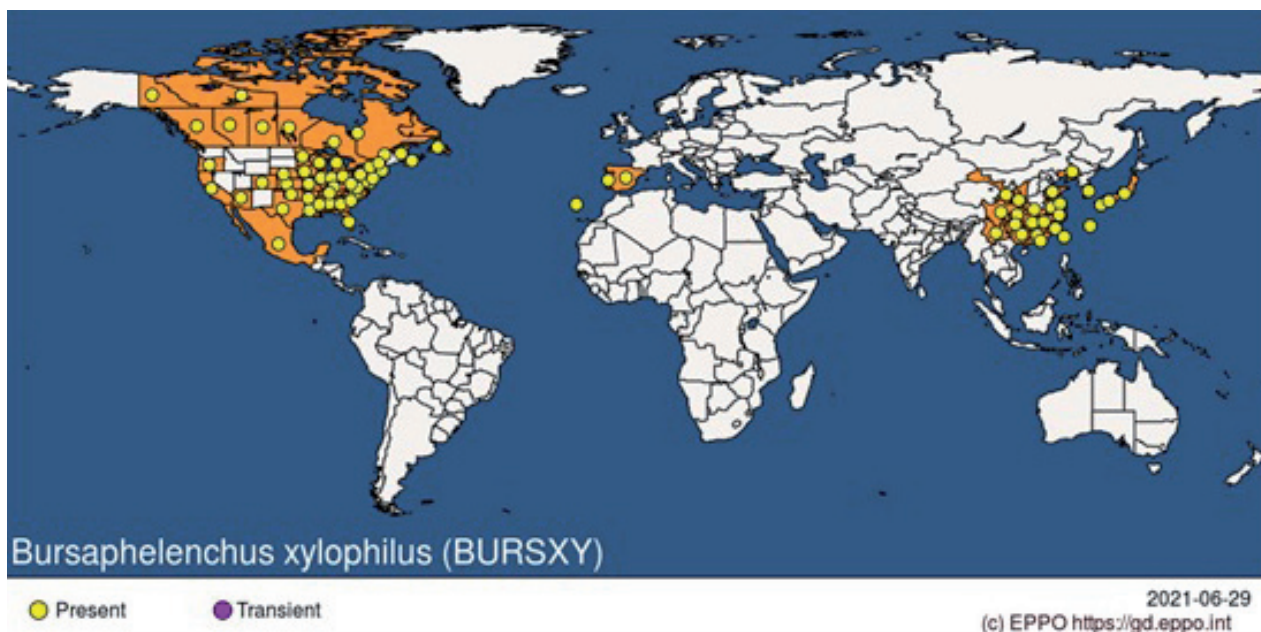


Рис. 2. Распространение сосновой стволовой нематоды *Bursaphelenchus xylophilus* в мире [по: EPPO..., 2021]
 Fig. 2. Distribution of the pine wood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* worldwide [after: EPPO..., 2021]

При этом нематоды могут питаться как на клетках тканей растения (при нахождении их в живом дереве), так и на гифах грибов, которые присутствуют в древесине погибшего дерева. Это грибы родов *Fusarium*, *Botrytis*, а также деревоокрашивающие грибы *Ceratocystis*. Для вида *B. xylophilus* всегда присуще наличие самцов и самок. В своем развитии от яйца до имаго нематоды проходят четыре личиночные стадии (L_1 – L_4). Эмбриональное развитие *B. xylophilus* завершается за 15–20 ч. Из яйца выходит личинка 2-го 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 и +33 °С [Futai, 2008, 2013]. Одна самка производит в среднем 79 яиц в течение 28 дней [Mamiya, Furukawa, 1977].

Перенос нематод с дерева на дерево (дисперсионный путь развития нематод) осуществляется усачами рода *Monochamus* (рис. 3) [Wingfield et al., 1983; Linit et al., 1988]. Особенность этого этапа развития в том, что в древесине погибшего дерева, где присутствуют нематоды, после линьки пропативной личинки нематоды 2-го возраста (L_2) образуется дисперсионная личинка 3-го возраста (L_{III}), физиологически отличающаяся от личинки

L_3 , образующейся при пропативном пути развития. Дисперсионная личинка L_{III} устойчива к низким и высоким температурам, дефициту пищи и влаги и в зимний период находится в этой стадии. К концу зимы нематоды еще раз линяют, и дисперсионная личинка L_{III} преобразуется в личинку 4-го возраста, получившую название даурларва (dauerlarvae), или трансмиссивная личинка (L_{IV}). Время образования этой личинки связано с появлением в куколке усача имаго. Трансмиссивные личинки L_{IV} , адаптированные физиологически к жуку-переносчику, проникают в него через его дыхальца и расселяются по всему телу насекомого, концентрируясь в большой численности в трахейной системе.

После выхода жуков весной из куколки они активно питаются (стадия дополнительного питания) на побегах хвойных деревьев в кроне в течение 2–4 недель. В этот период происходит массовый выход личинок нематод (L_{IV}) из жука. В результате питания жуков на побегах веточек остаются надгрызы коры, через которые нематоды проникают в здоровое дерево. Питаясь на эпителиальных клетках смоляных каналов, нематоды быстро размножаются и расселяются по всему дереву. В результате дерево гибнет. После стадии дополнительного питания на побегах самки жуков откладывают яйца на ослабленные, погибшие или срубленные деревья. Здесь также происходит выход личинок нематод (L_{IV}) из жуков. При таком цикле развития нематод *B. xylophilus* и усачей



Рис. 3. Схема вилта хвойных пород, вызываемого сосновой стволовой нематодой *Bursaphelenchus xylophilus* [по: Wingfield, 1987]

Fig. 3. Scheme of the conifer wilt caused by the pine trunk nematode *Bursaphelenchus xylophilus* [after: Wingfield, 1987]

Monochamus spp. именно нематода является первичным агентом, вызывающим гибель дерева, а усачи рассматриваются как вторичные стволовые вредители.

Насекомые-переносчики

Исследование различных видов насекомых, связанных с хвойными породами, на наличие в них нематод *B. xylophilus*, а именно представителей семейств Cerambycidae, Curculionidae, Scolytidae, Buprestidae, Elateridae, Siricidae, Cercopidae и Rhinotermitidae и др. [Linit, 1988, 1990; Sousa et al., 2002; Ryss et al., 2005; Mota, Vieira, 2008; Akbulut, Stamps, 2011; Futai, 2013], показало, что только усачи рода *Monochamus* в своем жизненном цикле связаны с этими видами нематод. Имеются факты обнаружения нематод в других насекомых (например, в короедах), но считается, что это случайное явление [Naves et al., 2016]. В мире насчитывается около 150 видов усачей рода *Monochamus*. На территории России распространено шесть видов (*M. urussovi*, *M. galloprovincialis*, *M. sutor*, *M. saltuarius*, *M. impluviatus*, *M. nitens*), которые рассматриваются как потенциальные переносчики нематод *B. xylophilus*. Все виды усачей (кроме *M. nitens*) широко распространены в нашей стране.

Абиотические факторы

Важными факторами, влияющими на проявление вилта хвойных пород, вызываемого нематодами *B. xylophilus*, являются температура и количество осадков в регионе произрастания деревьев. Высокая температура, дефицит осадков, засуха способствуют интенсивному увяданию хвойных деревьев, неустойчивых к *B. xylophilus*.

Считается, что увядание хвойных деревьев происходит интенсивно, если среднемесячная температура воздуха самого жаркого летнего месяца (июль или август) составляет +25 °C или выше. При среднемесячной температуре +20 °C болезнь и гибель деревьев растягивается на больший срок, как, например, в горных районах Японии и Китая (районах с низкими температурами), где гибель местных видов сосен происходит за два года [Mamiya, 1984]. Прогностическая модель распространения *B. xylophilus* показывает, что сосновая стволовая нематода не представляет большой угрозы для хвойных лесонасаждений скандинавских стран и Финляндии, т. к. температура летних месяцев в этом регионе ниже 20 °C [Gruffudd et al., 2016; Schenk et al., 2020]. Результаты показывают, что современный финский климат слишком прохладен для развития как PWD, так и PWN

в здоровых деревьях [Tuomola et al., 2021]. Характерной особенностью является то, что в регионах Северной Америки и Японии, где встречаются сосновая нематода *Bursaphelenchus xylophilus* и ее насекомые-переносчики, болезнь соснового увядания у восприимчивых сосен проявляется только там, где средняя температура воздуха превышает 20 °С в течение длительного времени [Rutherford, Webster, 1987].

Проведенный анализ [Kulinich, Kolossova, 1995] показал, что значительная часть территории России (юг европейской части РФ, Хабаровский и Приморский край) входит в зону, где возможно развитие вилта хвойных пород, вызываемого *B. xylophilus*. Кроме того, угроза инвазии и развития заболевания существенно повышается в годы с неординарно жарким летом, когда среднемесячная температура воздуха значительно выше среднестатистической (например, среднемесячная температура июля и августа в Воронежской области в 2010 г. превышала +26 °С, что на 6° выше нормы).

Растения-хозяева

Проведены многочисленные исследования по установлению степени устойчивости различных хвойных пород к *B. xylophilus*. Первые симптомы патологической реакции растений на воздействие паразитов наблюдаются уже через 24 ч. после внедрения нематод. При благоприятных условиях гибель дерева при поражении его нематодой *B. xylophilus* происходит к концу лета. К числу восприимчивых к *B. xylophilus* относятся виды сосен *Pinus densiflora*, *P. koraiensis*, *P. sylvestris*, а также *Larix sibirica*, которые широко произрастают на территории РФ.

Распространение нематоды в Республике Карелия

Влияние изменений климатических условий

Развитие *B. xylophilus* и проявление заболевания деревьев сильно зависит от климатических факторов, информация о которых приведена выше. Среднегодовая температура воздуха на территории Карелии изменяется от 0 °С на севере до +3 °С на юге [Волков, 2008; Назарова, 2014]. Самый холодный месяц – январь (–12... –13 °С в северной части, –9... –10 °С в южной). Абсолютный минимум температуры воздуха для Карелии был зафиксирован в январе 1940 г. в Олонце и составил

–54 °С. Самым теплым месяцем является июль (+14...+15 °С на севере и +16...+17 °С на всей остальной территории республики). Абсолютный максимум температуры воздуха составил +36 °С (июль 1972 г., Пудож). Изотермы июля и января для территории Республики Карелия приведены на рис. 4. Лето (устойчивый переход среднесуточных температур воздуха через +10 °С) наступает в конце мая на юге и в середине июня на севере республики. Средняя продолжительность летнего сезона 2,5–3,5 месяца.

На территории Карелии, относящейся к зоне избыточного увлажнения, в среднем за год выпадает 550–750 мм осадков. Годовое их количество возрастает в направлении с севера на юг. Среднемесячное количество осадков июля составляет 80 мм. Для сравнения, суточная температура воздуха в Японии в +25 °С в течение 55 дней и количество осадков менее 33 мм в течение 40 дней способствуют интенсивной гибели сосен от нематод [Takeshita et al., 1975].

Основываясь на многолетних климатических данных, можно сделать вывод, что в случае заноса *B. xylophilus* на территорию Карелии проявление увядания хвойных древостоев, вызываемого патогеном, наблюдаться не будет, ввиду отсутствия продолжительного летнего периода со среднемесячной температурой 20 °С и выше. Однако проявление увядания будет возможно в отдельные годы с неординарно высокой температурой в летний сезон. К примеру, лето 2021 года стало самым жарким за весь период инструментальных наблюдений. По данным Карельского ЦГМС, среднемесячная температура превышала климатическую норму на 5 градусов. Аномально жаркая погода держалась 17 дней: с 19 по 27 июня и с 7 по 16 июля. Среднесуточная температура в эти периоды превышала норму в июне на 7–14,5 градуса, в июле – на 7–10 градусов. Согласно исследованиям [Hirata et al., 2017], сценарии показали расширение уязвимых регионов в северных частях Европы, Азии и Северной Америки в будущих климатических условиях на период с 2050–2070 годы.

Переносчики

На территории Карелии распространены три вида усачей рода *Monochamus*: большой черный еловый усач *M. urussovi*, малый черный еловый усач *M. sutor*, черный сосновый усач *M. galloprovincialis*. Виды зарегистрированы во всех 16 районах Республики Карелия [Ижевский и др., 2005; Справочник..., 2021].

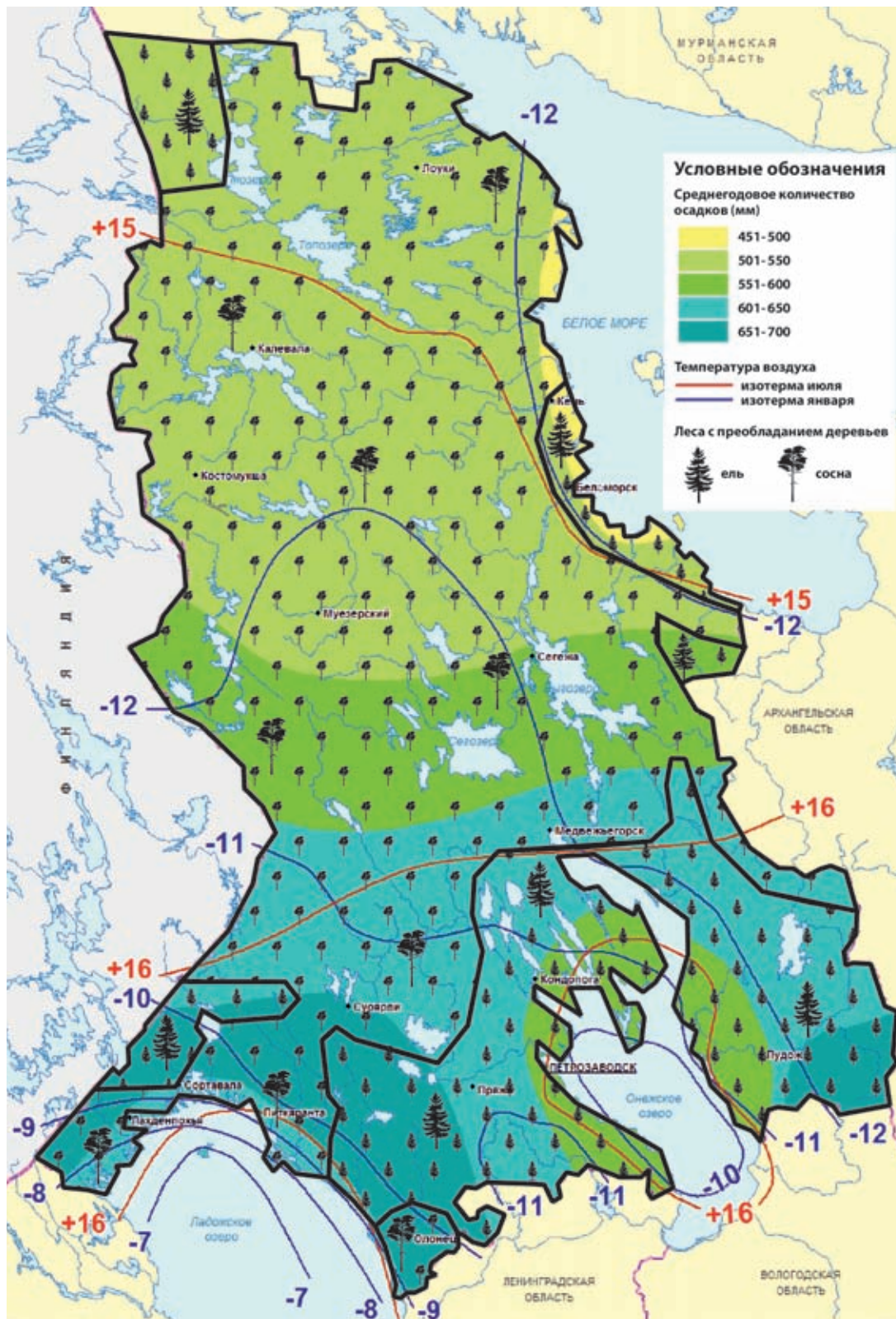


Рис. 4. Климатическая карта Республики Карелия с преобладающими хвойными древостоями и данными средней июльской и январской температуры воздуха

[по: <http://nwpi.krc.karelia.ru/atlas/home/priroda/klimat/index.html>; Волков, 2008; Назарова, 2014]

Fig. 4. Climate map of the Republic of Karelia with the dominant conifer stands and data on average July and January air temperatures

[after: <http://nwpi.krc.karelia.ru/atlas/home/priroda/klimat/index.html>; Volkov, 2008; Nazarova, 2014]

Хвойные насаждения Карелии

Лесами покрыто 52,9 % (9267,1 тыс. га) территории Карелии. В республике доминируют сосновые леса – 65 %, ельники занимают 23 %, лиственные – 12 % [Ананьев, Мошников, 2016]. Из хвойных насаждений преобладают ель европейская *Picea abies* и сосна обыкновенная *Pinus sylvestris*. Последний вид является растением-хозяином для нематод *B. xylophilus*.

Нематологические исследования хвойных лесонасаждений, проведенные в 2016–2020 гг., показали присутствие древесной хвойной нематоды *B. mucronatus* (близкородственного вида *B. xylophilus*) только в древесине сосны *Pinus sylvestris* [Чалкин и др., 2021]. Этот вид нематоды был также выявлен в древесных упаковочных материалах, поступивших в Карелию с грузами из Китая [Зинников и др., 2010].

Условия проникновения патогена

В анализе фитосанитарного риска отмечается несколько путей возможного проникновения (интродукции) нематоды *B. xylophilus* с хвойными породами из зоны, где вид широко распространен, в свободную от данной нематоды зону:

- с завозимым посадочным материалом хвойных растений,
- с завозимыми ветвями хвойных культур, включая рождественские деревья,
- с завозимыми лесоматериалами и продуктами их переработки (неокоренным лесом, пиломатериалами, щепой, порубочными остатками и пр.),
- с древесными упаковочными материалами хвойных пород при перемещении различных грузов (поддоны, обрешетка, стойки и др. крепежная древесина).

Именно таким путем произошел занос нематоды из Китая в Португалию. Службой карантин растений Финляндии фактически ежегодно регистрируется *B. xylophilus* в древесных упаковочных материалах в импортируемых грузах из США и Китая [Кулинич и др., 2013].

Заключение

Учитывая большой товарооборот Республики Карелия со странами ЕС и Китая, возникает угроза завоза сосновой стволовой нематоды *B. xylophilus*, прежде всего с древесными упаковочными материалами, а также саженцами деревьев хвойных пород из стран распространения данного вредного организма.

На территории региона произрастают восприимчивые к сосновой стволовой нематоды хвойные породы и распространены переносчики нематод – жуки рода *Monochamus*. Основываясь на проведенном кратком анализе, можно предположить, что вид *B. xylophilus* сможет выжить на территории Карелии, но климатические условия региона не будут способствовать его интенсивному развитию, а значит, и проявлению заболевания вилт хвойных пород, вызываемого этим патогеном.

Литература

Ананьев В. А., Мошников С. А. Структура и динамика лесного фонда Республики Карелия // Известия вузов. Лесной журнал. 2016. № 4(352). С. 19–29. doi: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.19

Волков А. Д. Типы леса Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. 180 с.

Зинников Д. Ф., Морозов Д. Н., Кухарева А. В. Экспертиза на выявление древесных нематод в Республике Карелия // Защита и карантин растений. 2010. № 6. С. 46–47.

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

Кулинич О. А., Арбузова Е. Н., Чалкин А. А., Козырева Н. И., Рысс А. Ю. Распространение сосновой стволовой нематоды *Bursaphelenchus xylophilus* в мире и результаты обследования хвойных насаждений в Российской Федерации. Современные проблемы лесозащиты и пути их решения: Матер. II Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию со дня рождения проф. Н. И. Федорова и 90-летию каф. лесозащиты и древесиноведения. Минск, 30 ноября – 4 декабря 2020 г. / Под ред. В. Б. Звягинцева, М. О. Середич. Минск: БГТУ, 2020. С. 363–367.

Кулинич О. А., Магомедов У. Ш., Раутапяя Й., Хукка О., Арбузова Е. Н., Козырева Н. И. Тара – объект возможного заноса карантинных организмов // Защита и карантин растений. 2013. № 32. С. 37–40.

Назарова Л. Е. Климат Республики Карелия (Россия): температура воздуха, изменчивость и изменения // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10, № 1. С. 746–749.

Рысс А. Ю., Субботин С. А. Козэволюция стволовых нематод рода *Bursaphelenchus* Fuchs, 1937 с насекомыми-переносчиками и растениями-хозяевами // Журнал общей биологии. 2017. Т. 78, № 3. С. 13–42.

Справочник по карантинному фитосанитарному состоянию территории Российской Федерации на 1 января 2021 / Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор); под общ. ред. зам. руководителя Россельхознадзора Ю. А. Швабаускене. М., 2021.

Чалкин А. А., Зинников Д. Ф., Лябзина С. Н., Синкевич О. В. Вредители и болезни лесных биоценозов особо охраняемых природных территорий

Республики Карелия // Фитосанитария. Карантин растений. 2021. № 2(6). С. 62–68.

Abelleira A., Picoaga A., Mansilla J. P., Aguin O. Detection of *Bursaphelenchus xylophilus*, causal agent of pine wilt disease on *Pinus pinaster* in Northwestern Spain // Plant Disease. 2011. Vol. 95, no. 6. P. 776. doi: 10.1094/PDIS-12-10-0902

Akbulut S., Stamps W. T. Insect vectors of the pinewood nematode: a review of the biology and ecology of *Monochamus* species // For. Pathol. 2011. Vol. 42. P. 89–99. doi: 10.1111/j.1439-0329.2011.00733.x

Braasch H., Metge K., Burgermeister W. *Bursaphelenchus* species (Nematoda: Parasitaphelenchidae) found in coniferous trees in Germany and their ITS-RFLP patterns // Nachrichtenbl. Dt. Pflanzenschutzdienst. 1999. Bd. 51. P. 312–320. doi: 10.1111/j.1744-7348.2006.00042.x

Burgermeister W., Braasch H., Metge K., Gu J., Schroder T., Woldt E. ITS-RFLP analysis, an efficient tool for identification of *Bursaphelenchus* species // Nematol. 2009. No. 11. P. 649–668. doi: 10.1163/156854108/399182

Dwinell L. D. The pinewood nematode: regulation and mitigation // Annu. Rev. Phytopathol. 1997. Vol. 35, no. 1. P. 153–166.

Schenk M., Loomans A., den Nijs L., Hoppe B., Kinkar M., Vos S. Pest survey card on *Bursaphelenchus xylophilus* // EFSA supporting publication. 2020. Vol. 17(2). 1782E. 32 p. doi: 10.2903/sp.efsa.2020.EN-1782

EPPO Global Database, 2021. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/BURSXY/categorization> (дата обращения: 01.01.2021).

EPPO Standards PM 7/4 (3). Diagnostic. *Bursaphelenchus xylophilus* // Bull. OEPP/EPPO. 2013. Vol. 43(1). P. 105–118.

Fielding N. J., Evans H. F. The pine wood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner and Buhner) Nickle (= *B. lignicolus* Mamiya and Kiyohara): an assessment of the current position // Forestry. 1996. Vol. 69(1). P. 35–46. doi: 10.1093/FORESTRY/69.1.35

Futai K. Pine wilt in Japan: From first incidence to present // Pine Wilt Disease / Eds. S. Zhao B. G., Futai K., Sutehrland J. R., Takeuchi Y. 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. Vol. 51. P. 61–83. doi: 10.19080/IJESNR.2018.12.555848

Gruffudd H. R., Jenkins T. A. R., Evans H. F. Using an evapotranspiration model (ETpN) to predict the risk and expression of symptoms of pine wilt disease (PWD) across Europe // Biol. Invasions. 2016. Vol. 18, no. 10. P. 2823–2840. doi: 10.1007/s10530-016-1173-7

Hirata A., Nakamura K., Nakao K., Kominami Yu., Tanaka N., Ohashi H., Takano K. T., Takeuchi W., Matsui T. Potential distribution of pine wilt disease under future climate change scenarios // PLOS ONE. 2017. Vol. 12, no. 8. e0182837. doi: 10.1371/journal.pone.0182837

Hoyer U., Burgermeister W., Braasch H. Identification of *Bursaphelenchus* species (Nematoda: Aphelenchoididae) on the basis of amplified ribosomal DNA (ITS-RFLP) // Nachrichtenbl. Dt. Pflanzenschutzdienst. 1998. Bd. 50. P. 273–277.

Kiyohara T., Tokushige Y. Inoculation experiments of a nematode, *Bursaphelenchus* sp., onto pine trees // J. Japan. Forest. Soc. 1971. Vol. 53, no. 7. P. 210–218.

Kulinich O. A., Kolossova N. V. On the possibility of establishment of the pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* in the countries of the former USSR and the potential threat for conifers of the area // Russ. J. Nematol. 1995. Vol. 1, no. 1. P. 35–48.

Kulinich O. A., Kruglic I., Eroshenko A. S., Kolossova N. V. Occurrence and distribution of the nematode *Bursaphelenchus mucronatus* in the Russian Far East // Russ. J. Nematol. 1994. Vol. 2, no. 2. P. 113–120.

Linit M. J. Nematode-vector relationships in the pine wilt disease system // J. Nematol. 1988. Vol. 20, no. 2. P. 227–235.

Linit M. J. Transmission of pinewood nematode through feeding wounds of *Monochamus carolinensis* (Coleoptera: Cerambycidae) // J. Nematol. 1990. Vol. 22, no. 2. P. 231–236.

Mamiya Y. The life history of the pinewood nematode *Bursaphelenchus lignicolus* // Jap. J. Nematol. 1975. No. 5. P. 16–25.

Mamiya Y. The pine wood nematode // Plant and insect nematodes / Ed. W. R. Nickle. New York, USA, 1984. P. 589–627.

Mamiya Y., Furukawa M. Fecundity and reproductive rate of *Bursaphelenchus lignicolus* // Jap. J. Nematol. 1977. Vol. 7. P. 6–9.

Mota M., Vieira P., eds. Pine wilt Disease: A worldwide threat to forest ecosystems. Portugal: Springer, 2008. 405 p.

Mota M. M., Braasch H., Bravo M. A., Penas A. C., Burgermeister W., Metge K., Sousa E. First record of *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal and in Europe // Nematol. 1999. No. 1. P. 727–734.

Naves P., Bonifácio L., de Sousa E. The pine wood nematode and its local vectors in the Mediterranean Basin // Insects and diseases of Mediterranean forest systems. Springer, Cham, 2016. P. 329–378.

Nickle W. R., Golden A. M., Mamiya Y., Wergin W. P. On the taxonomy and morphology of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner and Buhner, 1934; Nickle, 1970) // J. Nematol. 1981. Vol. 13, no. 3. P. 385–393.

Rutherford T. A., Webster J. M. Distribution of pine wilt disease with respect to temperature in North America, Japan, and Europe // Can. J. Forest Res. 1987. Vol. 17, no. 9. P. 1050–1059.

Ryss A., Vieira P., Mota M., Kulinich O. A synopsis of the genus *Bursaphelenchus* Fuchs, 1937 (Aphelenchida: Parasitaphelenchidae) with keys to species // Nematol. 2005. Vol. 7, no. 3. P. 393–458. doi: 10.1163/156854105774355581

Shin S.-C. Pine wilt disease in Korea // Pine wilt disease. Tokyo: Springer, 2008. P. 26–32. doi: 10.1007/978-4-431-75655-2_5

Soliman T., Mourits M. C. M., van der Werf W., Hengeveld G. M., Robinet C., Lansink A. G. J. M. O. Framework for modeling economic impact of invasive species, applied to pine wood nematode in Europe // PLOS ONE. 2012. Vol. 7, no. 9. doi: 10.1371/journal.pone.0045505

Sousa E., Bravo M. A., Pires J., Naves P., Penas A. C., Bonifácio L., Mota M. M. *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) associated with *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera; Cerambycidae) in Portugal // *Nematol.* 2001. Vol. 3, no. 1. P. 89–91.

Sousa E., Naves P., Bonifacio L., Bravo M. A., Penas A. C., Serrao M. Preliminary survey for insects associated with *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal // *OEPP/EPPO Bull.* 2002. Vol. 32. P. 499–502.

Sutherland J. R. A brief overview of the pine wood nematode and pine wilt disease in Canada and the United States // *Pine Wilt Disease* / Eds. Zhao B. G., Futai K., Sutehrland J. R., Takeuchi Y. Tokyo: Springer, 2008. P. 13–25. doi: 10.1007/978-4-431-75655-2_3

Takeshita K., Hagihara Y., Ogawa S. Environmental analysis on pine damage in Western Japan // *Bull. Fukuoka Forest Exp. Station.* 1975. No. 24. P. 1–15.

Tuomola J., Gruffudd H., Ruosteenoja K., Hannunen S. Could pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) cause pine wilt disease or even establish inside healthy trees in Finland now – or ever? // *Forests.* 2021. Vol. 12, no. 12. P. 1679. doi: 10.3390/f12121679

Wang H. Y. The biogeography and economic geography of the pine wood nematode in China // *IUFRO: Inter. Symp. on pine wilt disease.* (Abst.) 20–23 July, Nanjing Forestry University, China. 2009. P. 45–46.

Wingfield M. J. A comparison of the mycophagous and the phytophagous phases of the pine wood nematode // *Wingfield M. J. Pathogenicity of the Pine Wood Nematode Symposium Series*, APS Press. The American Phytopathol. Society, St. Paul., 1987. P. 81–90.

Wingfield M. J., Blanchette R. A., Kondo E. Comparison of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* from pine and balsam fir // *Europ. J. Forest Pathol.* 1983. Vol. 13. P. 360–372.

Yano S. Investigation on pine death in Nagasaki prefecture // *Sanrin-Kouhou.* 1913. Vol. 4. P. 1–14.

References

Abelleira A., Picoaga A., Mansilla J. P., Aguin O. Detection of *Bursaphelenchus xylophilus*, causal agent of pine wilt disease on *Pinus pinaster* in Northwestern Spain. *Plant Disease.* 2011;95(6):776. doi: 10.1094/PDIS-12-10-0902

Akbulut S., Stamps W. T. Insect vectors of the pine-wood nematode: a review of the biology and ecology of *Monochamus* species. *For. Pathol.* 2011;42:89–99. doi: 10.1111/j.1439-0329.2011.00733.x

Anan'ev V. A., Moshnikov S. A. Structure and dynamics of the forest fund of the Republic of Karelia. *Izvestiya vuzov. Lesnoi zhurn. = Bull. Higher Ed. Inst. Russ. Forestry J.* 2016;4(352):19–29. (In Russ.) doi: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.19

Braasch H., Metge K., Burgermeister W. *Bursaphelenchus* species (Nematoda: Parasitaphelenchidae) found in coniferous trees in Germany and their ITS-RFLP patterns. *Nachrichtenbl. Dt. Pflanzenschutzdienst.* 1999;51:312–320. doi: 10.1111/j.1744-7348.2006.00042.x

Burgermeister W., Braasch H., Metge K., Gu J., Schroder T., Woldt E. ITS-RFLP analysis, an efficient tool for identification of *Bursaphelenchus* species. *Nematol.* 2009;11:649–668. doi: 10.1163/156854108/399182

Chalkin A. A., Zinnikov D. F., Lyabzina S. N., Sinkevich O. V. Pests and diseases of forest biocenoses in the specially protected natural territories in the Republic of Karelia. *Fitosanitariya. Karantin rastenii = Phytosanitary. Plant Quarantine.* 2021;2(6):62–68. (In Russ.)

Dwinell L. D. The pinewood nematode: regulation and mitigation. *Annu. Rev. Phytopathol.* 1997;35(1):153–166.

EPPO Global Database, 2021. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/BURSXY/categorization> (accessed: 01.01.2021).

EPPO Standards PM 7/4 (3). Diagnostic. *Bursaphelenchus xylophilus.* *Bull. OEPP/EPPO.* 2013;43(1):105–118.

Fielding N. J., Evans H. F. The pine wood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner and Buhner) Nickle (= *B. lignicolus* Mamiya and Kiyohara): an assessment of the current position. *Forestry.* 1996;69(1):35–46. doi: 10.1093/FORESTRY/69.1.35

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;51:61–83. doi: 10.19080/IJESNR.2018.12.555848

Gruffudd H. R., Jenkins T. A. R., Evans H. F. Using an evapotranspiration model (ETpN) to predict the risk and expression of symptoms of pine wilt disease (PWD) across Europe. *Biol. Invasions.* 2016;18(10):2823–2840. doi: 10.1007/s10530-016-1173-7

Handbook on Quarantine Phytosanitary Status of the Territory of the Russian Federation as of January 1, 2021. Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance. Moscow; 2021. (In Russ.)

Hirata A., Nakamura K., Nakao K., Kominami Yu., Tanaka N., Ohashi H., Takano K. T., Takeuchi W., Matsui T. Potential distribution of pine wilt disease under future climate change scenarios. *PLOS ONE.* 2017;12(8): e0182837. doi: 10.1371/journal.pone.0182837

Hoyer U., Burgermeister W., Braasch H. Identification of *Bursaphelenchus* species (Nematoda: Aphelenchoididae) on the basis of amplified ribosomal DNA (ITS-RFLP). *Nachrichtenbl. Dt. Pflanzenschutzdienst.* 1998;50:273–277.

Izhevskii S. S., Nikitskii N. B., Volkov O. G., Dolgin M. M. An illustrated handbook of wood and timber pests of the Russian Federation. Tula: Grif i K Publ.; 2005. 218 p. (In Russ.)

Kiyohara T., Tokushige Y. Inoculation experiments of a nematode, *Bursaphelenchus* sp., onto pine trees. *J. Japan. Forest. Soc.* 1971;53(7):210–218.

Kulinich O. A., Kolossova N. V. On the possibility of establishment of the pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* in the countries of the former USSR and the potential threat for conifers of the area. *Russ. J. Nematol.* 1995;1(1):35–48.

Kulinich O. A., Kruglic I., Eroshenko A. S., Kolossova N. V. Occurrence and distribution of the nematode *Bursaphelenchus mucronatus* in the Russian Far East. *Russ. J. Nematol.* 1994;2(2):113–120.

Kulinich O. A., Arbuzova E. N., Chalkin A. A., Kozyreva N. I., Ryss A. Yu. Distribution of pine stem nematode *Bursaphelenchus xylophilus* worldwide and the results of coniferous plantations survey in the Russian Federation. *Sovr. probl. lesozashchity i puti ikh resheniya: Mater. II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 95-letiyu so dnya rozhd. prof. N. I. Fedorova i 90-letiyu kaf. lesozashchity i drevesinovedeniya (Minsk, 30 noyab. – 4 dek. 2020 g.)* = *Current probl. of forest protection and ways to solve them: Proceed. II int. sci. – pract. conf. dedicated to the 95th anniv. Prof. N. I. Fedorov and 90th anniv. Faculty of Forest Protection and Tree Sci. (Minsk, Nov. 30 – Dec. 4, 2020)*. Minsk: BGTU; 2020. P. 363–367. (In Russ.)

Kulinich O. A., Magomedov U. Sh., Rautapyaya I., Khukka O., Arbuzova E. N., Kozyreva N. I. Containers – object of possible introduction of quarantine organisms. *Zashchita i karantin rast. = Plant Protection and Quarantine*. 2013;32:37–40. (In Russ.)

Linit M. J. Nematode-vector relationships in the pine wilt disease system. *J. Nematol.* 1988;20(2):227–235.

Linit M. J. Transmission of pinewood nematode through feeding wounds of *Monochamus carolinensis* (Coleoptera: Cerambycidae). *J. Nematol.* 1990;22(2):231–236.

Mamiya Y. The life history of the pinewood nematode *Bursaphelenchus lignicolus*. *Jap. J. Nematol.* 1975;5:16–25.

Mamiya Y. The pine wood nematode. *Plant and insect nematodes*. New York, USA; 1984. P. 589–627.

Mamiya Y., Furukawa M. Fecundity and reproductive rate of *Bursaphelenchus lignicolus*. *Jap. J. Nematol.* 1977;7:6–9.

Mota M., Vieira P., eds. Pine wilt Disease: A worldwide threat to forest ecosystems. Portugal: Springer; 2008. 405 p.

Mota M., Paulo C. V. Pine wilt disease in Portugal. *Pine Wilt Disease*. Tokyo: Springer; 2008. P. 33–39.

Mota M. M., Braasch H., Bravo M. A., Penas A. C., Burgermeister W., Metge K., Sousa E. First record of *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal and in Europe. *Nematol.* 1999;1:727–734.

Naves P., Bonifácio L., de Sousa E. The pine wood nematode and its local vectors in the Mediterranean Basin. *Insects and diseases of Mediterranean forest systems*. Springer, Cham; 2016. P. 329–378.

Nazarova L. E. Climate in the Republic of Karelia (Russia): air temperature, variability, and changes. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov = Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions*. 2014;10(1):746–749. (In Russ.)

Nickle W. R., Golden A. M., Mamiya Y., Wergin W. P. On the taxonomy and morphology of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner and Bührer, 1934; Nickle, 1970). *J. Nematol.* 1981;13(3):385–393.

Rutherford T. A., Webster J. M. Distribution of pine wilt disease with respect to temperature in North America, Japan, and Europe. *Can. J. Forest Res.* 1987;17(9):1050–1059.

Ryss A. Yu., Subbotin S. A. Coevolution of wood-inhabiting nematodes of the genus *Bursaphelenchus* Fuchs, 1937 with their insect vectors and plant hosts. *Zh. Obshch. Biol.* 2017;78(3):13–42. (In Russ.)

Ryss A., Vieira P., Mota M., Kulinich O. A synopsis of the genus *Bursaphelenchus* Fuchs, 1937 (Aphelenchida: Parasitaphelenchidae) with keys to species. *Nematol.* 2005;7(3):393–458. doi: 10.1163/156854105774355581

Schenk M., Loomans A., den Nijs L., Hoppe B., Kinkar M., Vos S. Pest survey card on *Bursaphelenchus xylophilus*. *EFSA supporting publication*. 2020;17(2):1782E. 32 p. doi: 10.2903/sp.efsa.2020.EN-1782

Shin S.-C. Pine wilt disease in Korea. *Pine wilt disease*. Tokyo: Springer; 2008. P. 26–32. doi: 10.1007/978-4-431-75655-2_5

Soliman T., Mourits M. C. M., van der Werf W., Hengeveld G. M., Robinet C., Lansink A. G. J. M. O. Framework for modeling economic impact of invasive species, applied to pine wood nematode in Europe. *PLOS ONE*. 2012;7(9). doi: 10.1371/journal.pone.0045505

Sousa E., Bravo M. A., Pires J., Naves P., Penas A. C., Bonifácio L., Mota M. M. *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) associated with *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera: Cerambycidae) in Portugal. *Nematol.* 2001;3(1):89–91.

Sousa E., Naves P., Bonifacio L., Bravo M. A., Penas A. C., Serrao M. Preliminary survey for insects associated with *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal. *OEPP/EPPO Bull.* 2002;32:499–502.

Sutherland J. R. A brief overview of the pine wood nematode and pine wilt disease in Canada and the United States. *Pine Wilt Disease*. Tokyo: Springer; 2008. P. 13–25. doi: 10.1007/978-4-431-75655-2_3

Takeshita K., Hagihara Y., Ogawa S. Environmental analysis on pine damage in Western Japan. *Bull. Fukuoka Forest Exp. Station*. 1975;24:1–15.

Tuomola J., Gruffudd H., Ruosteenoja K., Hannunen S. Could pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) cause pine wilt disease or even establish inside healthy trees in Finland now – or ever? *Forests*. 2021;12(12):1679. doi: 10.3390/f12121679

Volkov A. D. Forest types in Karelia. Petrozavodsk: KarRC RAS; 2008. 180 p. (In Russ.)

Wang H. Y. The biogeography and economic geography of the pine wood nematode in China. *IUFRO: Inter. Symp. on pine wilt disease*. (Abst.) 20–23 July, Nanjing Forestry University, China. 2009. P. 45–46.

Wingfield M. J. A comparison of the mycophagous and the phytophagous phases of the pine wood nematode. *Wingfield M. J. Pathogenicity of the Pine Wood Nematode Symposium Series*, APS Press. The American Phytopathol. Society, St. Paul.; 1987. P. 81–90.

Wingfield M. J., Blanchette R. A., Kondo E. Comparison of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* from pine and balsam fir. *Europ. J. Forest Pathol.* 1983;13:360–372.

Yano S. Investigation on pine death in Nagasaki prefecture. *Sanrin-Kouhou*. 1913;4:1–14.

Zinnikov D. F., Morozov D. N., Kukhareva A. V. Examination as to the detection of wood nematodes in the Republic of Karelia. *Zashchita i karantin rast. = Plant Protection and Quarantine*. 2010;6:46–47. (In Russ.)

Поступила в редакцию / received: 27.10.2021; принята к публикации / accepted: 27.12.2021;
опубликована в онлайн-версии / published online: 21.01.2022.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Чалкин Андрей Андреевич

младший научный сотрудник отдела лесного карантина
e-mail: chalkin10@ya.ru

Кулинич Олег Андреевич

д-р биол. наук, начальник отдела лесного карантина
ФГБУ «ВНИИКР», старший научный сотрудник ИПЭЭ РАН

e-mail: okulinich@mail.ru

Арбузова Елена Николаевна

канд. биол. наук, старший научный сотрудник отдела
лесного карантина

e-mail: pazhitnovaeeee@mail.ru

Рысс Александр Юрьевич

д-р биол. наук, главный научный сотрудник

e-mail: nema@zin.ru

CONTRIBUTORS:

Chalkin, Andrey

Junior Research Fellow of the Forest Quarantine Department

Kulinich, Oleg

Dr. Sci. (Biol.), Head of the Forest Quarantine Department
of the All-Russian Research Institute of Plant Quarantine,
Senior Research Fellow of the Severtsov Institute of Ecology
and Evolution, RAS

Arbuzova, Elena

Cand. Sci. (Biol.), Senior Research Fellow of the Forest
Quarantine Department

Ryss, Alexander

Dr. Sci. (Biol.), Chief Research Fellow