

УДК 632.651

**ПУТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СТВОЛОВЫХ НЕМАТОД РОДА
BURSAPHELENCHUS ГРУППЫ ВИДОВ XYLOPHILUS
С ПИЛОМАТЕРИАЛАМИ НА ТЕРРИТОРИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

© Н. А. Ахматович,¹ А. Ю. Рысс²

¹ Государственная лесотехническая академия
Институтский пер., 5, С.-Петербург, 194021

² Зоологический институт РАН
Университетская наб., 1, С.-Петербург, 199034

E-mail: nema@zin.ru

Поступила 22.08.2007

Приводятся описание и результаты измерений находок 4 популяций *B. mucronatus* в пиломатериалах хвойных пород, поступивших в Санкт-Петербург из азиатской части РФ (Иркутская обл. и Красноярский край, древесина лиственницы, сосны, ели). Приводится диагноз вида и его отличия как от других видов группы *xylophilus*, так и от близкого карантинного вида *B. xylophilus*. Проникновение *B. mucronatus* из азиатской в европейскую часть РФ указывает на возможность трансконтинентального транзита видов группы *xylophilus* с пиломатериалами. Обсуждается возможность проникновения *B. xylophilus* в европейскую часть РФ при будущем прогнозируемом потеплении климата.

Цикл развития нематод рода *Bursaphelenchus* протекает с участием трех ассоциированных организмов, хозяев: растения сем. хвойных Pinaceae, гриба-базидиомицета, а также переносчика-насекомого. Для группы видов *xylophilus* характерны переносчики жуки-усачи сем. Cerambycidae, что отличает эту группу от других групп видов внутри данного рода, для которых переносчиками служат преимущественно жуки-короеды сем. Scolytidae (Ryss et al., 2005).

Сосновая стволовая нематода *Bursaphelenchus xylophilus*, возбудитель болезни вилта хвойных деревьев, входит в список А1 карантинных организмов Европейской и Средиземноморской организации по защите растений (ОЕПР/ЕРРО, 2006). Этот вид не зарегистрирован в РФ, однако имеется потенциальная опасность его проникновения в леса России и стран-импортеров российской древесины. Морфологически близким к карантинному виду является слабопатогенный вид *B. mucronatus*, относящийся к той же группе видов.

Российская Федерация обладает крупнейшими в мире лесными запасами (свыше 81 млрд. м³). На мировом рынке РФ является ведущим поставщиком

круглого леса и пиломатериалов. Продажа лесопроductии связана с выполнением условий к фитосанитарному состоянию древесины и по предупреждению зараженности древесины вредителями и болезнями (МСФМ, 2003).

Целью данной работы было проведение выборочного обследования пиломатериалов, поступающих из различных регионов страны в Ленинградскую обл. и г. Санкт-Петербург, как один из основных пунктов транзита древесины.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Объектом исследования послужили пиломатериалы, поступающие из азиатской части РФ (см. таблицу). Из древесины, имеющей естественную влажность (30—50 %) и с характерной симптоматикой биоповреждений, производилось взятие проб на наличие в них фитонематод и стволовых насекомых. При визуальном осмотре различных пиломатериалов выбирались участки древесины со следами поселения насекомых и наличием дереворазрушающих грибов (древесной синевы). Забор проб производили с помощью шуруповерта «Skil-2201» (сверло 10 мм). Общая масса образца составляла около 50 г древесной стружки. Каждую пробу снабжали этикеткой и помещали в герметичный контейнер для сохранения при +5 °С.

Древесный материал помещали на воронку Бермана для экстракции нематод. Полученных нематод *Bursaphelenchus mucronatus* размножали в культуре гриба *Botrytis cinerea* по стандартной методике. Нематод фиксировали в 4%-ном горячем формалине и изготавливали постоянные коллекционные препараты с использованием экспресс-метода по Рыссу (Ryss, 2003). Препараты и культуры нематод хранятся в Зоологическом институте РАН и Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии им. С. М. Кирова (Санкт-Петербург). Результаты измерений приведены в микронах (мкм).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Обработано 37 проб из пиломатериалов, поступивших из следующих регионов: Пермская обл., Иркутская обл., Красноярский край, Республика Хакасия, Республика Бурятия, Свердловская обл. и древесных пород: лиственница *Larix sibirica* Led., сосна *Pinus cembra* L., и ель *Picea excelsa* Lam. В результате в 4 пробах обнаружены нематоды *Bursaphelenchus mucronatus* Mamiya et Enda, 1979 (см. таблицу).

Находки *B. mucronatus* в пиломатериалах
Records of *B. mucronatus* in saw-timbers

№	Древесная порода	Латинское название	Место происхождения материала	Место обнаружения	Дата взятия пробы
1	Лиственница сибирская	<i>Larix sibirica</i>	Иркутская область	Морской торговый порт, г. Санкт-Петербург	19.12.2005
2	То же	» »	Красноярский край	Там же	22.12.2005
3	Сосна кедровая сибирская	<i>Pinus cembra</i>	Там же	» »	22.12.2005
4	Ель	<i>Picea excelsa</i>	» »	» »	22.12.2005

Bursaphelenchus mucronatus Mamiya et Enda, 1979
(см. рисунок)

Самец

Размеры и отношения

(n = 25). L = 835 ± 121 (629—1048); стилет = 18 ± 4 (13—21); спикулы (по дуге) = 30 ± 2 (26—36); a = 39 ± 5 (30—50); b = 10 ± 1 (8—14); c = 25 ± 4 (21—43).

Описание

Экскреторная пора позади медиального бульбуса, имеется 3 пары хвостовых папилл: передняя пара на уровне отверстия клоаки, вторая и третья — у основания бурсального крыла, вторая пара из сближенных медиальных папилл, папиллы третьей пары более отдалены друг от друга и расположены латерально от второй пары папилл. Бурса самца в вентральной проекции тупоусеченная. Спикулы узкие, имеют форму крюка, вентральные и дорсальные лимбы спикулы соединяются на наконечнике спикулы. Капитулюм спереди уплощен. Рострум и кондилюс хорошо развиты, соединение рострума и каломуса имеет плавно изогнутую форму, кондилюс маленький, вентральный, не загнут кзади, округленный, кукулюс имеется, контур лезвия спикулы с дорсальной стороны имеет угловатый излом в последней трети. Отношение глубины головки спикулы к ширине головки (расстояние рострум—кондилюс) более 0.1.

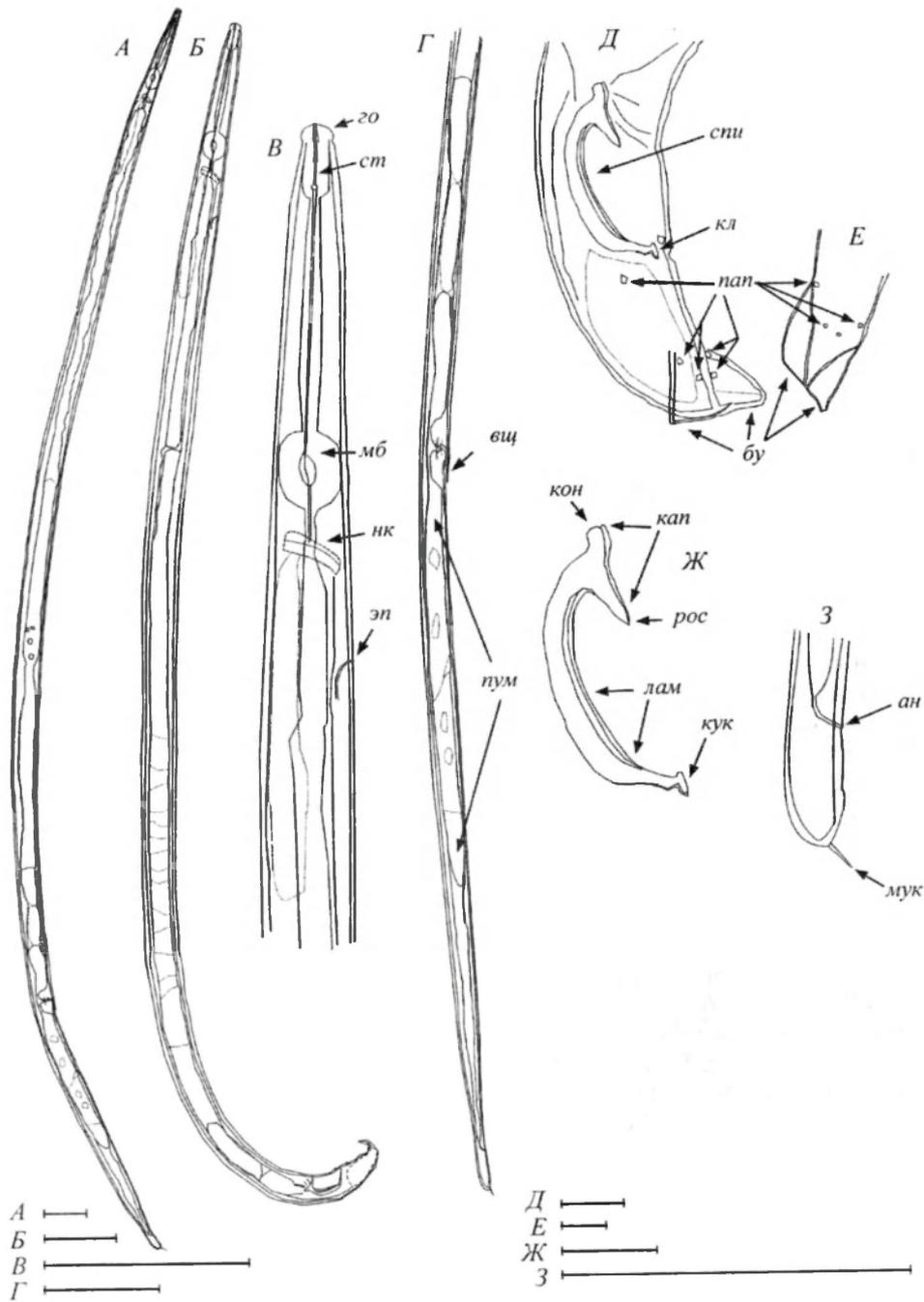
Самка

Размеры и индексы

(n = 25). L = 1072 ± 145 (634—1329); стилет = 16 ± 2 (10—21); a = 42 ± 4 (27—49); c = 28 ± 6 (16—45); c' = 3 ± 1 (2—5); V = 81 ± 9 (64—96) %. Вульварный щиток 16 ± 4 (9—23). Постутеральный мешок 6 ± 1 (3—9) вульварного диаметра или 74 ± 13 (51—95) % расстояния вульва—анус. Кончик хвоста прямой или немного изогнутый вентрально, или широко округленный, на конце несет мурку длиной 4 ± 1 (3—6).

Отношения *B. mucronatus* с другими видами группы *xylophilus*
и отличия от карантинного вида *B. xylophilus*
(Steiner et Buhrer, 1934) Nickle, 1970

Группа видов *xylophilus* отличается от других групп рода *Bursaphelenchus* особой формой спикул (Ryss et al., 2005; см. рисунок): Спикулы узкие, спинные и брюшные лимбы плавно сходятся к острию, капитулюм имеет сглаженную удлинненную форму, рострум и кондилюс хорошо развиты и обособлены, кондилюс маленький, прямой. Рострум отчетливый, конический или заостренный. Спикулы имеют форму крюка: спинной контур проксимальной части лезвия расположен под отчетливым углом к задней



Bursaphelenchus mucronatus Mamiya et Enda, 1979.

A — самка. *Б* — самец, *В* — передняя часть нематоды, *Г* — задняя часть самки нематоды, *Д* — хвост со спикулами самца, *Е* — бурса самца, *Ж* — спикула самца, *З* — хвост самки с мукро. Масштабные линейки: *А, Б, В, Г* — 40 мкм; *Д, Е, Ж, З* — 10 мкм. *ан* — анус, *бу* — бурса, *виц* — вульварный шиток, *го* — губная область, *кап* — капитулюм, *кл* — клоака, *кон* — кондиллюс, *кук* — кукуллюс, *лам* — ламина, *мб* — медиальный бульбус плотки, *мук* — мукро, *нк* — нервное кольцо, *пап* — папиллы, *пум* — постутеральный мешок, *рос* — рострум, *спи* — спикула, *ст* — стилет, *эп* — экскреторная пора.

трети лезвия спикулы, кукуллюс отчетливый. Виды группы в жизненном цикле включают жуков-усачей (Coleoptera: Cerambycidae) в качестве переносчика.

От других видов группы *xylophilus* (*B. xylophilus* (Steiner et Buhrer, 1934) Nickle, 1970, *B. abruptus* Giblin—Davis, Mundo—Ocampo, Baldwin, Norden et Batra, 1993, *B. baujardi* Walia, Negi, Bajaj et Kalia, 2003, *B. conicaudatus* Kanzaki, Tsuda et Futai, 2000, *B. crenati* Rühm, 1956, *B. eroshenkii* Kolossova, 1998, *B. fraudulentus* Rühm, 1956, *B. kolymensis* Korentchenko, 1980, *B. luxuriosae* Kanzaki et Futai, 2003), *B. mucronatus* отличается по ряду признаков.

От *B. eroshenkii* *B. mucronatus* отличается тем, что у самок представлен вульварный щиток (vs. у самок *B. eroshenkii* вульварный щиток отсутствует); у *B. mucronatus* кончик хвоста узкоокруглый с мукро (vs. у *B. eroshenkii* окончание хвоста самки V-образное или широко округленное); угол между линией кондиллюс—ростром и линией, продлевающей кончик спикулы, 45° и более (vs. у *B. eroshenkii* угол равен 20—44°).

От *B. kolymensis* *B. mucronatus* отличается положением экскреторной поры на уровне нервного кольца или позади него (vs. у *B. kolymensis* экскреторная пора на уровне медиального бульбуса или впереди от бульбуса); ростром спикулы *B. mucronatus* остrokонический или узкоокруглый (vs. у *B. kolymensis* ростром округленный или пальцевидный); длина спикулы *B. mucronatus* по дуге больше 23 мкм (vs. у *B. kolymensis* длина спикулы по дуге 21 мкм и меньше).

От *B. fraudulentus* *B. mucronatus* отличается формой соединения роострума с рукояткой (каломусом) в форме угла (плавно вогнуто у *B. fraudulentus*); форма бурсы с вентральной стороны усеченная (у *B. fraudulentus* бурса с вентральной стороны округлая или овальная); терминус хвоста самца (вид с латеральной стороны) заострен (у самца *B. fraudulentus* терминус при рассмотрении сбоку округлый); спинная линия лезвия спикулы гладко и симметрично изогнута (резко изогнута под углом в последней трети у *B. fraudulentus*).

От *B. crenati* *B. mucronatus* отличается по следующим признакам: кукуллюс на наконечнике спикулы имеется (vs. у *B. crenati* кукуллюс отсутствует); хвост прямой или немного изогнут в вентральной плоскости (у *B. crenati* кончик хвоста самки сильно загнутый до возвратно обращенного); у самца три пары постанальных папилл: первая пара позади отверстия клоаки, две остальные пары на близких уровнях около основания бурсального крыла, вторая пара ближе к медиальной линии, третья пара латерально от второй (у *B. crenati* тоже три пары хвостовых папилл, но первая пара смещена впереди от отверстия клоаки, расположение двух остальных пар такое же, как у *B. mucronatus*); угол между линией кондиллюс—ростром и линией, продлевающей наконечник спикулы 45° и более (у *B. crenati* 0—10°, линии выглядят параллельными).

Отличия *B. mucronatus* от *B. conicaudatus*: кондиллюс спикулы округленный (у *B. conicaudatus* уменьшенный до неотчетливо обособленного); отношение глубины углубления головки спикулы к ширине головки (расстояние между концами роострума и кондиллюса) более 0.1 (у *B. conicaudatus* менее 0.1); форма роострума спикул остrokоническая (у *B. conicaudatus* роострум пальцевидный).

Отличия *B. mucronatus* от *B. luxuriosae*: кондиллюс спикулы слабо развитый, округленный (у *B. luxuriosae* хорошо развитый, V-образный); хвост прямой или немного изогнут в вентральной плоскости (у *B. luxuriosae* кончик хвоста самки сильно загнутый до возвратно обращенного); спинная ли-

ния лезвия спикулы гладко и симметрично изогнута (резко изогнута под углом в задней трети спикулы у *B. luxuriosae*).

Отличительные признаки *B. mucronatus* от *B. abruptus*: кончик хвоста самки с мукро (у *B. abruptus* кончик хвоста самки без мукро, усеченный или узко округленный); угол между линией кондилюс—ростром и линией, продолжающей кончик спикулы 45° и более, с вентральной точкой пересечения этих линий (у *B. abruptus* эти линии выглядят параллельными); индекс V самки 81 % в среднем (менее 65 % у *B. abruptus*); спинная линия лезвия спикулы гладко и симметрично изогнута (резко изогнута под углом посередине лезвия спикулы у *B. abruptus*).

От *B. baujardi* *B. mucronatus* отличается по следующим признакам. Рострум спикулы конический (vs. у *B. baujardi* рострум шиповидный); угол между линией кондилюс—ростром и линией, продолжающей кончик спикулы 45° и больше (у *B. baujardi* 30° или меньше: линии почти параллельны).

От карантинного вида *Bursaphelenchus xylophilus* обнаруженные популяции *B. mucronatus* отличаются по следующим признакам.

Бурса самца при наблюдении с латеральной стороны тупо усеченная (vs. овальная или округлая у *B. xylophilus*), отношение глубины углубления головки спикулы к ширине головки (расстояние между концами рострума и кондилюса) более 0.1 (менее 0.1 у *B. xylophilus*). Кончик хвоста самки узкоокруглый, на конце несет мукро, бурса самца тупо усеченная (у *B. xylophilus* кончик хвоста самки широко округлый, без мукро, бурса обычно овальная или округлая).

Отличительные признаки *B. mucronatus*: экскреторная пора позади медиального бульбуса, кончик хвоста самки узкоокруглый, на конце несет мукро, бурса самца тупо усеченная, отношение глубины углубления головки спикулы к ширине головки (расстояние рострум—кондилюс) более 0.1.

Другие находки

Вид *B. mucronatus* обнаружен также в материалах из Красноярского края в пиломатериалах лиственницы *Larix sibirica* Led., сосны *Pinus cembra* L., и ели *Picea excelsa* Lam. (см. таблицу)

ОБСУЖДЕНИЕ

На безвредном виде *Bursaphelenchus mucronatus* из группы *xylophilus*, к которой относится карантинный вид *Bursaphelenchus xylophilus*, доказана возможность трансконтинентального переноса вредных организмов с лесными грузами, в частности из азиатской в европейскую часть РФ.

Болезнь вилта (усыхания) хвойных, вызываемая *Bursaphelenchus xylophilus*, обусловлена сочетанием климатических факторов, особенно летней температурой и количеством осадков. Последние влияют на размножение и патогенность *B. xylophilus*. В сезон роста сосен потеря и вред проявляются при сочетании средней температуры двух самых теплых месяцев года (обычно июля и августа) выше 18 °С и количества осадков менее 500 мм/год (Grasch, Enzian, 2003). Другие авторы критичной для проявления заболевания считают только температуру. Кулинич (Kulinich, 2003), исследовавший климатические ареалы популяций *B. xylophilus*, считает, что стволовая сосновая нематода потенциально может занять все области со средней температурой самого теплого месяца (обычно июля) более 20 °С. Ранее сходные выводы о

распространении *B. xylophilus* в областях Северной Америки, Европы и Азии со средней летней температурой воздуха выше 20 °С были сделаны Вебстером и Разерфордом (Rutherford, Webster, 1987; Webster, 2003). Детальные лабораторные исследования показывают, что стартовая температура для размножения *Bursaphelenchus xylophilus* 9.5 °С, прекращение роста популяции происходит при 33 °С (Mamiya, 1984; USDA-APHIS, 1999). Мамия использовал среднегодовую температуру как важный фактор проявления вредоносности *Bursaphelenchus xylophilus*. По результатам его исследований, в Японии вилт сосны не проявляется в районах со среднегодовой температурой ниже 9.5 °С, заболевание проявляется спорадически в районах с среднегодовой температурой 10—12 °С, а при 14 °С и более ущерб от вилта становится наибольшим (Mamiya, 2003). Этот вывод был подтвержден обнаружением *B. xylophilus* в центральных и южных провинциях Китая, расположенных южнее изотермы 14 °С (Yang, 2003).

Исходя из климатических потребностей вида *Bursaphelenchus xylophilus*, этот патоген не может распространяться и размножаться при транспорте пиломатериалов, поскольку лишь на Дальнем Востоке РФ наблюдаются подходящие для данного вида климатические условия (Kulinich, Ryss, 2005), но этот регион не является импортером зарубежной древесины. Однако в связи с глобальным потеплением создается угроза акклиматизации и размножения патогена на более широкой территории, включающей Дальний Восток и юг европейской части РФ. Поэтому необходим мониторинг лесных массивов южных регионов РФ.

Удаленность заготовки леса от мест реализации создает опасность переноса при транспортировке с древесиной опасных вредителей леса: стволых нематод рода *Bursaphelenchus* и их переносчиков — жуков-усачей, поскольку подавляющая часть лесопроductии транспортируется без прохождения специальной обработки; это особенно касается упаковочной древесины.

В данной выборке поступивших лесных грузов лишь около 10 % пиломатериалов проходили обработку методом камерной сушки, а подавляющая часть древесины имела естественную влажность (20—50 %). В обследуемых лесоматериалах фитосанитарное состояние транспортируемых лесных грузов можно назвать удовлетворительным (они проходят внутренний контроль фирм—поставщиков); состояние же транзитной древесины: стоек в вагонах, прокладочной древесины (реквизит) и с точки зрения карантинного контроля проблематично. Зачастую для реквизита используется древесина с личиночными ходами стволовых вредителей и грибными поражениями. Это создает потенциальную угрозу заражения как коммерческой древесины, так и лесонасаждений в местах выгрузки леса.

Список литературы

- Кулинич О. А., Рысс А. Ю. 2006. Древесные нематоды рода *Bursaphelenchus* на территории России. Прикладная нематология. Ред. С. В. Зиновьева, В. Н. Чижов. М.: Наука. 162—183.
- МСФМ 2003. Руководство по перечням регулируемых вредных организмов. № 19. Апрель 2003. Секретариат Международной Конвенции по карантину и защите растений. Организация по продовольствию и сельскому хозяйству Объединенных Наций, <http://www.urns.spb.ru/kar/epo/> (вебсайт).
- ОЕПР/ЕРРО 2006. EPPO A1 and A2 Lists of pests recommended for regulation as quarantine pests. European and Mediterranean Plant Protection Organization, <http://www.epo.org/QUARANTINE/quarantine.htm> (вебсайт).

- Braasch H., Enzian S. 2003. The pinewood nematode problem in Europe: present situation and outlook. In: *Nematology Monographs and Perspectives* / Ed. by M. Mota, P. Vieira. Leiden: Koninklijke Brill. 77–91.
- Kulinich O. 2003. Surveys for the pinewood nematode in Russia. In: *Nematology Monographs and Perspectives* / Ed. by M. Mota, P. Vieira. Leiden: Koninklijke Brill. 65–75.
- Kulinich O., Ryss A. 2005. Surveys for the pinewood nematode in Russia. <http://www.metta.fi/haku/> (вебсайт).
- Mamiya Y. 1984. The pine wood nematode. In: *Plant and Insect Nematodes* / Ed. by W. R. Nickle. New York and Basel: Marcel Dekker, Inc. 589–626.
- Mamiya Y. 2003. Pine wilt disease in Japan. In: *Nematology Monographs and Perspectives* / Ed. by M. Mota, P. Vieira. Leiden: Koninklijke Brill. 9–20.
- Rutherford T. A., Webster J. M. 1987. Distribution of pine wilt disease with respect to temperature in North America, Japan and Europe. *Canadian journal. forest research.* 17 : 1050–1059.
- Ryss A. Y. 2003. Express technique to prepare permanent collection slides of nematodes. *Zoosystematica Rossica.* 11 (2) : 257–260.
- Ryss A., Vieira P., Mota M., Kulinich O. 2005. A synopsis of the genus *Bursaphelenchus* Fuchs, 1937 (Aphelenchida: Parasitaphelenchidae) with keys to species. *Nematology.* 7 (3) : 393–458.
- USDA-APHIS 1999. Report on Risk Analysis of *Bursaphelenchus xylophilus* in the Wooden Package Imported from the United States of America and Japan. Solid Wood Packing Materials to China. USDA-APHIS Information. United States Department of Agriculture, <http://permanent.access.gpo.gov/lps3025/hotbutton.html> (вебсайт).
- Webster J. M. 2003. The pine wood nematode: implications of factors past and present for pine wilt disease. In: *Nematology Monographs and Perspectives* / Ed. by M. Mota, P. Vieira. Leiden: Koninklijke Brill. 55–64.
- Yang Bao Jun. 2003. The history, dispersal and potential threat of pine wood nematode in China. In: *Nematology Monographs and Perspectives* / Ed. by M. Mota, P. Vieira. Leiden: Koninklijke Brill. 21–24.

WAYS OF DISPERSAL OF THE NEMATODES BELONGING
TO THE BURSAPHELENCHUS XYLOPHILUS SPECIES GROUP
WITH SAW TIMBER IN RUSSIAN FEDERATION

N. A. Akhmatovitch, A. Yu. Ryss

Key words: phytoneematodes, pinewood nematode, wood, *Bursaphelenchus*, Cerambycidae, plant quarantine, dispersal.

SUMMARY

Four new records of *Bursaphelenchus mucronatus* in saw-timbers from the Asian part of Russia (Irkutsk Oblast and Krasnoyarsk Krai, larch, pine and spruce wood) intercepted in St. Petersburg, are described, measured and illustrated. The diagnosis of *B. mucronatus* is amended and its relationships within species group *xylophilus*, and especially its differences from a quarantine pests *B. xylophilus*, are given. The record of the *B. mucronatus* transition from Asiatic into European part of Russia suggests possible transcontinental way of the *xylophilus* group penetration with saw-timber. Pest risk analysis of *B. xylophilus* for the European part of Russia is discussed in scope of the global warming.