

УДК 632.4:632.7

ФИТОПАТОГЕННЫЙ ГРИБ *FUSARIUM CIRCINATUM* И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ НАСЕКОМЫМИ В РОССИИ

© 2018 Селиховкин А.В.^{a, b, *}, Марковская С.^{c, **}, Васайтис Р.^{d, ***},
Мартынов А.Н.^{a, ****}, Мусолин Д.Л.^{a, *****}

^a ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», Санкт-Петербург 194021;

^b ФГБОУ «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург 199034;

^c Научный центр по изучению природы, Вильнюс, Литва LT-08412;

^d Шведский университет сельскохозяйственных наук, Уппсала, Швеция SE-75007;

e-mail: * a.selikhovkin@mail.ru; ** svetlana.markovskaja@gamtc.lt;

*** rimvys.vasaitis@slu.se; **** forestry@spbftu.ru; ***** musolin@gmail.com

Поступила в редакцию 15.10.2017

Появление в Европе возбудителя язвенного рака сосны – аскомицета *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell (телеоморфа *Gibberella circinata*) – тревожный сигнал для России. В кратком обзоре проанализированы биология *F. circinatum* и векторы его распространения. Воротами инфекции для этого фитопатогена являются открытые раны на коре стволов и ветвей, куда фузариум попадает с капельной влагой или по воздуху. Заражение сопровождается образованием обширных язв, интенсивным смолоотделением и отмиранием кроны. В России этот патоген может появиться и распространиться на побережье Чёрного моря (с наибольшей вероятностью юго-восточнее Краснодара) в питомниках и посадках сосны. Однако в настоящее время не ясно, в полной ли мере подойдут климатические условия этого региона для *F. circinatum* и насколько патоген окажется конкурентоспособным в новой для него обстановке. Связанные с соснами насекомые являются важным фактором распространения *F. circinatum*, поскольку могут быть как непосредственными переносчиками пропагул гриба (то есть векторами распространения возбудителя), так и наносить на побеги, ветви и стволы сосен повреждения, которые становятся воротами инфекции. Закончив развитие на заражённом *F. circinatum* дереве, взрослое насекомое перелетает на другое, возможно, здоровое дерево, перенося на своих покровах и оставляя на новом дереве прилипшие споры гриба. В обзоре рассматриваются насекомые, повреждающие сосны рода *Pinus*, и обсуждается их роль в распространении *F. circinatum*. Показано, что в России обитает немало видов насекомых, потенциально способных обеспечить быстрое распространение язвенного рака сосны, если *F. circinatum* появится на территории страны.

Ключевые слова: инвазии, насекомые, патоген, сосна, фузариум, язвенный рак сосны, *Fusarium circinatum*, *Gibberella circinata*.

Введение

Инвазионные фитопатогенные грибы, как правило, становятся проблемами не отдельных стран, а целых континентов. Хорошо известна ситуация с голландской болезнью вязов, пришедшей в Россию из Европы и вызываемой аскомицетами *Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nannf. и *O. novo-ulmi* Brasier. В частности, в Санкт-Петербурге за последние 20 лет погибли или были вырублены практически все вязы,

ещё недавно являвшиеся одним из красивейших элементов зелёного убранства города. Вектором распространения голландской болезни (то есть организмами, которые не только связаны с больным растением, но и способны переносить патогена от одного растения к другому и заражать его, распространяя патогена и болезнь [Brocknerhoff et al., 2016]) были короеды-заболонники (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae): *Scolytus multistriatus*

(Marshall, 1802), *Scolytus scolytus* (Fabricius, 1775) и *Scolytus pygmaeus* (Fabricius, 1787) [Селиховкин, Мусолин, 2013; Селиховкин и др., 2014]. Ещё одной проблемой для Европы стала массовая гибель ясеней от гриба-аскомицета *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral et al. [Мусолин и др., 2016; Musolin et al., 2017], который ранее был известен под названиями *Chalara fraxinea* T. Kowalski и *Hymenoscyphus pseudoalbidus* Queloz et al. В России этот гриб тоже отмечен (причём и в европейской части страны, и на её Дальнем Востоке), но пока он не вызывает массовой гибели ясеневых насаждений [Musolin et al., 2017]. Возможно, микобиота ясеня в наших условиях создаёт этому грибу неблагоприятные условия, в которых он не может проявить свою агрессивность, как это происходит в Центральной и Западной Европе. Во всяком случае, пока не может. Гораздо большую опасность для ясеня в России в настоящее время представляет недавний инвазивер – ясеневая изумрудная узкотелая златка *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera: Vuprestidae) [Селиховкин и др., 2017; Musolin et al., 2017]. И вот теперь европейские страны столкнулись с появлением ещё одного патогена – возбудителя язвенного рака сосны аскомицета *Gibberella circinata* Nirenberg & O'Donnell (телеморфа), которому соответствует анаморфа *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell (класс Sordariomycetes, порядок Нуроскреалес, семейство Nectriaceae). Язвенный рак сосны – хорошо известное на территории России заболевание, возбудителем которого являются ржавчинные грибы *Cronartium flaccidum* (Alb. & Schwein.) G. Winter и *Peridermium pini* (Willd.) Lév. В последние два десятилетия в Европе к этим двум патогенам присоединился ещё один высоковирулентный патоген *F. circinatum*. Основным путём распространения *F. circinatum* является перемещение заражённого посадочного материала и древесины. Воротами инфекции для этого гриба являются разного рода повреждения деревьев, в том числе и повреждения, вызванные насекомыми. Кроме того, насекомые-вредители сосны, перенося пропагулы *F. circinatum*, выступают одним из важнейших факторов рас-

пространения этого патогена [EFSA, 2010]. В связи с этим, целью данной работы являлось рассмотрение возможности распространения *F. circinatum* в России насекомыми.

Фитопатоген и векторы его распространения

Фитопатоген. *Fusarium circinatum* был впервые описан в 1940-х гг. на востоке США (в Северной Каролине) на сосне виргинской *Pinus virginiana* Mill. Затем он был обнаружен на Гаити и, спустя 40 лет после первого описания, был найден в лесах и в искусственных зелёных насаждениях прибрежных районов Калифорнии, где стал поражать кроме разных видов сосен ещё и псевдотсугу Мензиса, или дугласову пихту *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. Позже этого патогена обнаружили в Южной Африке, Японии, Корее, Мексике, Чили, Уругвае, Колумбии, Бразилии, а также в Европе – во Франции, Испании, Италии, Португалии более чем на 50 видах сосен [Bezou et al., 2017; Мусолин и др., 2018]. Сейчас он внесён в Список карантинных организмов А2 Европейско-средиземноморской организации по защите растений (European and Mediterranean Plant Protection Organization; EPPO) как патоген, присутствующий в европейском и средиземноморском регионе, но имеющий ограниченное распространение и рекомендованный к контролю и карантину.

Наибольшее распространение в Европе *F. circinatum* имеет на испанском побережье Бискайского залива. Также появление этого фитопатогена отмечено в Португалии, Италии и разных районах Франции, в том числе и на востоке страны в невысоком горном районе Вогез (48° с. ш., 7° в. д.) [EFSA, 2010]. Программа для моделирования ареалов CLIMEX, использованная авторами обзора Европейской организации по безопасности пищевых продуктов для оценки рисков распространения *F. circinatum*, показывает, что румынское побережье Чёрного моря с некоторой вероятностью может стать маргинальной зоной распространения этого инвазионного патогена в Европе [EFSA, 2010]. Однако, как отмечают ав-

торы обзора, проведённая оценка имеет несколько серьёзных недостатков, так как она основывалась только на имеющихся случаях регистрации проникновения фитопатогена и не учитывала локальные погодные особенности точек регистрации. Кроме того, в ряде работ показано, что распределение *F. circinatum* в значительной степени зависит не только от климата. Так, важнейшими факторами успеха инвазии являются восприимчивость растений-хозяев [Hodge, Dvorak, 2000] и наличие на древесных растениях различных повреждений [Dwinell et al., 1985; Gordon et al., 2001]. В связи с этим, можно предположить, что микроклиматические условия в причерноморских районах могут оказаться достаточно благоприятными для этого патогена. В частности, юго-восточнее Краснодара на побережье Чёрного моря, от г. Сочи до г. Сухуми и далее на территории Грузии климат влажный субтропический. Температура в этой зоне не опускается ниже нуля [Kottek et al., 2006; Climate-data, 2018]. Сосна крымская *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe (подвид сосны чёрной *Pinus nigra* J.F. Arnold) и сосна обыкновенная *Pinus sylvestris* Linnaeus являются основными видами сосен, распространёнными в этом районе. В Европе уже зафиксированы случаи заражения *P. nigra* и *P. sylvestris*. Всё вышесказанное позволяет допустить возможность появления и распространения *F. circinatum* на побережье Чёрного моря и в прилегающих районах.

В естественных условиях у *F. circinatum* пока были обнаружены только бесполое споры (микро- и макроконидии), тогда как аскоспоры были получены только в лабораторных условиях. Отделение микро- и макроконидий от конидиеносцев происходит при наличии капельно-жидкой влаги. Дальнейшее их распространение происходит воздушно-капельным способом, например, с водой, стекающей по стволам и ветвям деревьев или в почве. Однако при этом в местах распространения патогена пропагулы находят также и в пробах воздуха. Конидии фузариума прорастают в широком диапазоне температур (от 5 до 25 °C), однако росту мицелия благоприятствует толь-

ко температура выше 10 °C. Восприимчивы к фузариуму деревья любого возраста – от самых молодых сеянцев до взрослых и перестойных деревьев (рис. 1–4). Патоген начинает развиваться, если в тканях дерева, куда он попал, есть вода или очень высока влажность окружающего воздуха. Воротами инфекции для фузариума являются открытые раны, которые могут возникать по самым разным причинам. Это могут быть механические повреждения, морозобойные трещины, повреждения, сделанные насекомыми, и так далее. В раны патоген может попасть с капельной влагой или по воздуху. Кроме того, споры фузариума могут быть занесены насекомыми. С повышением влажности в области раны развитие гриба происходит интенсивнее. Соответственно, и распространение инфекции зависит от климатических и погодных условий, в первую очередь – от температуры и влажности [EFSA, 2010].

При заражении деревьев через воздушную среду сначала отмирают побеги последних двух лет. При этом пути заражения рак не распространяется глубоко в крону и не проникает в ствол. Однако, как правило, происходит вторичное заражение, в том числе за счёт деятельности насекомых. В этом случае могут поражаться все части дерева. Процесс заражения сопровождается отмиранием кроны, образованием язв на стволе и ветвях и интенсивным смолоотделением, деформацией ствола (рис. 1–4). Развивающиеся язвы могут полностью опоясать ствол, что приводит к гибели дерева [EFSA, 2010].

Распространение фитопатогена. Основным путём распространения *F. circinatum* по миру является перемещение заражённого посадочного материала и древесины. Импортные заражённые семена, саженцы и древесина являются основными источниками инфекции. При умеренных температурах патоген выживает в течение года или более в заражённой древесине и достаточно долго сохраняется в почве. Таким образом, почву можно рассматривать как ещё один возможный источник инфекции при распространении болезни



Рис. 1. Обильное смолотечение как один из симптомов язвенного рака сосны, вызванного грибом *Fusarium circinatum* на сосне лучистой *Pinus radiata*. Регион Кантабрия, Испания, 2008. Фото д-ра Х.Х. Диеса (Dr. J.J. Diez); воспроизводится с разрешения автора.



Рис. 2. Патологическое развитие ствола сосны лучистой *Pinus radiata* и обильное смолотечение, вызванное грибом *Fusarium circinatum*. Регион Кантабрия, Испания, 2008. Фото д-ра П. Мартинеса-Алвареса (Dr. P. Martínez-Álvarez); воспроизводится с разрешения автора.



Рис. 3. Спил сосны лучистой *Pinus radiata*, поражённой грибом *Fusarium circinatum* в сильной степени. Регион Кантабрия, Испания, 2015 г. Фото д-ра С. Марковской (Dr. S. Markowskaja).



Рис. 4. Спил сосны лучистой *Pinus radiata* с деформацией ствола, вызванной грибом *Fusarium circinatum*. Регион Кантабрия, Испания, 2015 г. Фото д-ра С. Марковской (Dr. S. Markowskaja).

в новые районы, так как *F. circinatum* может также заражать корни и саженцы сосны [EFSA, 2010].

Лесные питомники сосны лучистой *Pinus radiata* D. Don оказались особенно благоприятной средой для распространения *F. circinatum*. В искусственных условиях (с уплотнённым произрастанием и регулярными поливами) этот патоген снижает всхожесть семян сосны, вызывает полегание сеянцев и увядание саженцев [EFSA, 2010].

Интересно, что такая характерная защитная реакция деревьев на повреждение, как увеличение смолы выделения, может быть фактором, стимулирующим развитие гриба. При травмах, в том числе и при повреждении клеток разрастающимся мицелием *F. circinatum*, увеличивается количество смоляных каналов в местах повреждений. Эпителиальные клетки, окружающие смоляные каналы, содержат крахмал, который является важным компонентом питания грибов [EFSA, 2010].

Насекомые-вредители сосны являются одним из важнейших факторов распространения *F. circinatum*. Они могут выступать как в роли непосредственных переносчиков пропагул гриба (то есть быть полноценными векторами распространения возбудителя фузариоза), так и наносить повреждения на побеги, ветви и стволы сосен, которые при этом становятся воротами инфекции. Споры могут проникать через открытые повреждения в ткани растений, в камбий и поверхностные слои древесины [EFSA, 2010]. Однако именно насекомые являются наиболее эффективными переносчиками патогена. Закончив развитие на одном дереве, заражённом этим грибом, взрослое насекомое перелетает на другое, возможно, здоровое дерево, переноса на своих покровах и оставляя на новом дереве прилипшие споры гриба. В итоге, одно насекомое может перенести споры гриба на несколько здоровых деревьев. Особую вредность могут иметь виды насекомых, способные давать вспышки массового размножения или значительно увеличивать плотность своих популяций в сосновых лесах.

Ослабленные *F. circinatum* деревья становятся лёгкой добычей короедов. И именно с ко-

роедами часто связывают быстрое распространение спор этого патогена [Bezoz et al., 2015, 2017; Brockhoff et al., 2016]. Несомненными лидерами по возможному распространению *F. circinatum* в Европе являются сосновые лубоеды *Tomicus piniperda* (Linnaeus, 1758), *Tomicus minor* (Hartig, 1834) и *Tomicus destruens* (Wollaston, 1985). Последний вид (*T. destruens*) предпочитает мягкий средиземноморский климат и распространён на западе Европы, в Испании, Франции, Португалии и Италии, а вот большой (*T. piniperda*) и малый (*T. minor*) сосновые лубоеды распространены почти по всему ареалу сосен. В России их можно найти и в Краснодарском крае, и на Дальнем Востоке, и на Кольском полуострове.

Лубоеды обычно заселяют ослабленные деревья, в том числе инфицированные фузариумом. В очагах распространения патогена значительная часть жуков родительского поколения и жуки молодого поколения несут на своём теле прилипшие конидии гриба [Storer et al., 2004; EFSA, 2010; Bezoz et al., 2017]. Жуки перелетают на здоровые сосны, проходят дополнительное питание внутри молодых побегов, заражая их спорами фузариума. Побеги, в которых эти короеды проделывают ходы, обламываются, открывая ворота инфекции. Следует отметить, что при высокой плотности популяции лубоеды успешно атакуют и вполне здоровые, жизнеспособные сосны. При наличии патогена они могут заносить инфекцию даже при неудачных попытках поселения, когда дерево справляется с первичной атакой вредителей, заливая их смолой.

Ещё одним весьма вероятным вектором распространения *F. circinatum*, в случае попадания этого гриба в Россию, может стать чёрный сосновый усач *Monochamus galloprovincialis* (Oliver, 1975) (Coleoptera: Cerambycidae). Имаго этого усача, так же, как и сосновые лубоеды, проходят дополнительное питание на побегах сосны, имея хорошую возможность для заражения здоровых деревьев язвенным раком. Кроме того, чёрный сосновый усач для откладки яиц своими мощными мандибулами делает насечки на стволе, в которые также

могут попасть споры патогена (как при расщеплении коры, так и во время откладки яиц). Во всяком случае, подобное явление, связанное с распространением возбудителей язвенного рака в ельниках при откладке яиц усачами рода *Monochamus*, наблюдали в хвойных древостоях Карельского перешейка [Варенцова и др., 2017]. Чёрный сосновый усач не даёт вспышек массового размножения, но типичен для соснового леса и потенциально может быть успешным распространителем *F. circinatum*.

Ещё одной группой вредителей сосны, которые могут быть эффективным вектором распространения патогена, являются сосновые слоники *Pissodes (Pissodes) castaneus* (De Geer, 1775), *P. (Pissodes) pini* (Linnaeus, 1758), *P. (Pissodes) piniphilus* (Herbst, 1797), *Pissodes (Pissodes) validirostris* (C.R. Sahlberg, 1834), *Hylastes ater* (Paykull, 1800) и, конечно, *Hylobius (Callirus) abietis* (Linnaeus, 1758) (все – Coleoptera: Curculionidae). Жуки первых трёх видов (сосновых смолёвок *P. castaneus*, *P. pini* и *P. piniphilus*) проходят дополнительное питание на тонкой коре стволов и ветвей сосен, выгрызая небольшие участки. При высокой плотности популяции смолёвок эти повреждения могут не успевать засмолиться, превращаясь в открытые раны и становясь воротами инфекции. Кроме того, и сам жук в процессе питания может занести на своих покровах споры гриба. Личинки слоников развиваются под корой деревьев, ослабленных пожарами или другими факторами (включая и развитие язвенного рака). Чаще всего высокая плотность популяций слоников наблюдается в молодых сосняках в возрасте 15–20 лет и старше.

Два других перечисленных вида долгоносиков (*H. ater* и *H. abietis*) являются опаснейшими вредителями естественного возобновления, лесных культур, саженцев и сеянцев сосны. Для некоторых видов долгоносиков (в частности, для *Hylastes attenuatus* Erichson, 1836) известно, что они могут переносить споры патогенных грибов *Ophiostoma* spp., *Leptographium* spp. и *Fusarium* spp. [Peverieri et al., 2006; Romyn et al., 2007; Bezos et al., 2017]. Личинки *H. ater* и *H. abietis* развиваются в корнях или в районе корневой шейки со-

сновых пней, оставшихся после рубки или бурелома. Жуки проходят дополнительное питание на возобновлении сосны, выгрызая довольно большие площадки на стволах (иногда до 8–10 мм в длину). В России большой сосновый долгоносик *H. abietis* иногда полностью уничтожает естественное возобновление на вырубках [Поповичев, Селиховкин, 1985], являясь опаснейшим вредителем возобновления сосны в Сибири и на севере европейской части страны. Имаго *H. ater* и *H. abietis* могут жить до 3–5 лет, всё это время распространяя споры грибов. Перечисленные особенности биологии долгоносиков говорят о том, что оба эти вида могут стать основными переносчиками фузариума в питомниках и лесных культурах сосны в России.

Смолёвка сосновых шишек *P. validirostris* и ещё один вредитель, относящийся к совершенно другой группе насекомых, – инвазионный сосновый семенной клоп *Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 1910 (Heteroptera: Coreidae) – также могут быть значимыми векторами распространения патогена. Жуки смолёвки сосновых шишек живут до 3 лет и питаются на молодых шишках и побегах, наносят открытые раны и таким образом могут вносить инфекцию. Имаго и личинки клопа *L. occidentalis* питаются только шишками, разнося инфекцию от дерева к дереву. Пока не доказано, что сосновый семенной клоп способен переносить фузариум, однако известно, что он является переносчиком другого патогенного гриба – *Diplodia pinea* Desm. [Mjos et al., 2010]. Сам *L. occidentalis* недавно был непреднамеренно интродуцирован из Северной Америки в Европу и Японию, где он успешно питается более чем на 40 видах хвойных [Luchi et al., 2011; Tamburini et al., 2012]. В России этот вид был впервые обнаружен в 2009 г. [Гапон, 2012] и с тех пор расширяет свой ареал в нашей стране [Гниненко и др., 2014].

Большая группа короедов рода *Ips* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), к которой относятся важнейшие стволовые вредители сосны – стенограф *Ips sexdentatus* (Börner, 1776) и вершинный короед *Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827), будут иметь меньшее значение как век-

торы распространения фузариума, как, впрочем, и других патогенных грибов, так как имаго короедов проходят дополнительное питание под корой тех же деревьев, где проходило их личиночное развитие, или на других уже в значительной степени ослабленных деревьях. Вершинный короед может атаковать отдельные ветви жизнеспособных деревьев, но всё-таки предпочитает заселять необратимо ослабленные сосны. Уже известно, что некоторые короеды, например, *Ips mexicanus* (Hopkins, 1905) и *Ips paraconfusus* Lanier, 1970, переносят *F. circinatum* [Bezos et al., 2017]. По-видимому, стенограф и вершинный короед также потенциально могут переносить этот патоген на вновь заселяемые деревья, но такие экземпляры погибли и без помощи фузариума или иных патогенов, что в данном случае снижет негативную роль короедов как переносчиков инфекции.

Инфекционный потенциал дендроктона *Dendroctonus micans* (Kugelann, 1794) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) несколько выше, чем у других короедов, так как он может заселять разные виды хвойных деревьев различного возраста в сильно отличающихся условиях, в том числе спелые и перестойные сосны, лесные культуры, сосны на болотах и т.д. Развитие дендроктона протекает в течение 1–2 лет под корой в нижней части ствола или в районе корневой шейки. При этом маточные и личинные ходы на взрослых деревьях, как правило, занимают только часть окружности ствола. За счёт этого заселённая вредителем сосна может оставаться живой, позволяя активно развиваться инфекции и становясь её источником.

Короеды-микрографы *Pityophthorus* spp. (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), по-видимому, также могут являться очень важным вектором распространения инфекции. В Европе известно более 25 видов этого рода [Fauna Europaea, 2017]. Микрографы в качестве вторичных вредителей могут заселять кору как стволов, так и отдельных ветвей жизнеспособных деревьев. Это позволяет им успешно переносить споры грибов с уже погибших деревьев на относительно здоровые. При этом не-

которые виды, например, сосновый микрограф *P. glabratus* Eichhoff, 1878 и уссурийский сосновый микрограф *Pityophthorus pini* Kurentsov, 1941, развиваются преимущественно на сосне. В Калифорнии (США) микрографов считают основным вектором распространения фузариума [EFSA, 2010]. Возможность переноса пропагул фузариума была показана экспериментально на *Pityophthorus pubescens* (Marsham, 1802) [Bezos et al., 2017], а также на *Pityophthorus setosus* Blackman, 1927, *Pityophthorus carmeli* Swaine, 1918 и *Pityophthorus nitidulus* (Mannerheim, 1843) [Storer et al., 2004]. К этой же группе, по-видимому, можно отнести и полиграфа *Polygraphus poligraphus* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), способного развиваться и на стволах, и на ветвях, причём не только елей, но и сосен.

Заключение

Приведённый обзор показывает, что в России достаточно много видов насекомых-дендрофагов, которые могут обеспечить быстрое распространение язвенного рака, вызванного грибом *F. circinatum*. Конечно, пока совершенно не ясно, появится ли этот патоген в России, когда это может случиться и насколько этот гриб окажется конкурентоспособным относительно нативных видов фитопатогенных грибов, занимающих сходные экологические ниши в условиях отдельных регионов России. Можно предположить, что наиболее благоприятным районом его распространения будут питомники и саженцы сосны, расположенные в прибрежных и прилегающих к ним районах Чёрного моря.

Благодарности

Благодарим к. б. н. Д.А. Шабунину (ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства») за критические замечания по тексту рукописи, д-ра Х.Х. Диеса (Dr. J.J. Diez) и д-ра П. Мартинеса-Алвареса (Dr. P. Martinez-Blvarez) за разрешение использовать фотографии (рис. 1 и 2, соответственно) и анонимных рецензентов

за критические, но полезные замечания. Работа частично поддержана грантами Российского фонда фундаментальных исследований № 17-04-01486 (Д.Л. Мусолин) и EU COST Actions FP 1406 PINESTRENGTH (Pine pitch canker – strategies for management of *Gibberella circinata* in greenhouses and forests) и FP1401 Global Warning (A global network of nurseries as early warning system against alien tree pests).

Литература

- Варенцова Е.Ю., Седихин Н.В., Селиховкин А.В. Раневой рак ели и особенности его развития // В сб.: Леса России: политика, промышленность, наука, образование. Материалы второй международной научно-технической конференции. Т. 2 / Под ред. В.М. Гедьо. СПб.: СПбГЛТУ, 2017. С. 115–118.
- Гапон Д.А. Первые находки североамериканского клопа *Leptoglossus occidentalis* Heid. (Heteroptera, Coreidae) на территории России и Украины, закономерности его распространения и возможности расширения ареала в Палеарктике // Энтомологическое обозрение. 2012. Т. 91. № 3. С. 559–568.
- Гниненко Ю.И., Гапон Д.А., Щуров В.И., Бондаренко А.С. Сосновый семенной клоп *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera, Coreidae) появился в России // Защита и карантин растений. 2014. № 6. С. 38–40.
- Мусолин Д.Л., Марковская С.И., Селиховкин А.В. Новый для Европы и потенциально опасный для России патоген *Fusarium circinatum*, вызывающий язвенный рак сосны // Защита и карантин растений. 2018. № 3. С. 28–30.
- Мусолин Д.Л., Селиховкин А.В., Баранчиков Ю.Н., Звягинцев В.Б., Шабунин Д.А. Меж двух огней: ясеневая изумрудная златка и халаровый некроз ясеня в Российской Федерации // Леса России: политика, промышленность, наука, образование. Материалы международной научно-технической конференции. Т. 2. / Под ред. В.М. Гедьо. СПб.: СПбГЛТУ, 2016. С. 44–46.
- Поповичев Б.Г., Селиховкин А.В. Сохранение подроста на концентрированных вырубках сосновых лесов в среднем Приангарье // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: Сб. научных трудов. Л.: ЛТА, 1985. С. 90–95.
- Селиховкин А.В., Мусолин Д.Л. Биологические инвайдеры в городской среде // Нерешённые проблемы климатологии и экологии мегаполисов: Материалы научной конференции. СПб., 2013. С. 75–79.
- Селиховкин А.В., Поповичев Б.Г., Лукмазова Е.А. Заболонник-пигмей *Scolytus pygmaeus* (Fabricius, 1787) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytidae) в Летнем саду Санкт-Петербурга // VIII чтения памяти О.А. Катаева. Вредители и болезни древесных растений: Материалы международной конференции / Под ред. Д.Л. Мусолина, А.В. Селиховкина. СПб.: СПбГЛТУ, 2014. С. 73.
- Селиховкин А.В., Поповичев Б.Г., Манделъштам М.Ю., Мусолин Д.Л. Современная северо-западная граница инвазионного ареала ясеневой узкотелой златки *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) в Европейской части России // Леса России: политика, промышленность, наука, образование. Материалы второй международной научно-технической конференции. Т. 2 / Под ред. В.М. Гедьо. СПб.: СПбГЛТУ, 2017. С. 152–154.
- Bezós D., Martínez-Álvarez P., Diez J.J., Fernández M. The pine shoot beetle *Tomicus piniperda* as a plausible vector of *Fusarium circinatum* in northern Spain // Annals of Forest Science. 2015. Vol. 72. P. 1079–1088.
- Bezós D., Martínez-Álvarez P., Fernández M., Diez, J.J. Epidemiology and management of pine pitch canker disease in Europe – a review // Baltic Forestry. 2017. Vol. 23. No. 1. P. 279–293.
- Brockerhoff E.G., Dick M., Ganley R., Roques A., Storer A.J. Role of insect vectors in epidemiology and invasion risk of *Fusarium circinatum*, and risk assessment of biological control of invasive *Pinus contorta* // Biological Invasions. 2016. Vol. 18. P. 1177–1190.
- Climate-data. 2018. // (<https://ru.climate-data.org/>). Проверено 28.04.2018.
- Dwinell L.D., Barrows-Broadus J., Kuhlman E.G. Pitch canker: a disease complex of southern pines // Plant Disease. 1985. Vol. 69. P. 270–276.
- EFSA (European Food Safety Authority). Risk assessment of *Gibberella circinata* for the EU territory and identification and evaluation of risk management options // EPSA Journal. 2010. Vol. 8. No. 6. 1620 (93 p.).
- Fauna Europaea – all European animal species on the web. 2017. // (<http://www.fauna-eu.org/>). Проверено 30.08.2017.
- Gordon T.R., Storer A.J., Wood D.L. The pitch canker epidemic in California // Plant Disease. 2001. Vol. 85. P. 1128–1139.
- Hodge G.R., Dvorak W.S. Differential responses of Central American and Mexican pine species and *Pinus radiata* to infection by the pitch canker fungus // New Forests. 2000. Vol. 19. P. 241–258.
- Kottek M., Grieser J., Beck C., Bruno R.B., Rubel F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated // Meteorologische Zeitschrift. 2006. Vol. 15. No. 3. P. 259–263.
- Luchi N., Mancini V., Feducci M., Santini A., Capretti P. Transmission of *Diplodia pinea* via the new invasive insect *Leptoglossus occidentalis* // In: Global Change and Forest Diseases: New Threats, New Strategies / Ed. by J.J. Diez, P. Martínez-Álvarez and C. Romeralo. IUFRO Working party 7.02.02 (Foliage, shoot and stem diseases of forest trees). IUFRO, 2011. P. 39.
- Mjos A.T., Nielsen T.R., Odegaard F. The Western conifer seed bug (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 1910) (Hemiptera, Coreidae) found in SW Norway //

- Norwegian Journal of Entomology. 2010. Vol. 57. P. 20–22.
- Musolin D.L., Selikhovkin A.V., Shabunin D.A., Zviagintsev V.B., Baranchikov Yu.N. Between Ash dieback and Emerald ash borer: Two Asian invaders in Russia and the future of ash in Europe. *Baltic Forestry*. 2017. Vol. 23. No. 1. P. 309–315.
- Peverieri G.S., Capretti P., Tiberi R. Associations between *Tomicus destruens* and *Leptographium* spp. in *Pinus pinea* and *P. pinaster* stands in Tuscany, central Italy // *Forest Pathology*. 2006. Vol. 36. P. 14–20.
- Romyn P., Iturrondobeitia J.C., Gibson K., Lindgren B.S., Goldarazena A. Quantitative association of bark beetles with pitch canker fungus and effects of verbenone on their semiochemical communication in Monterey pine forests in northern Spain // *Environmental Entomology*. 2007. Vol. 36. P. 743–750.
- Storer A.J., Wood D.L., Gordon T.R. Twig beetles, *Pityophthorus* spp. (Coleoptera: Scolytidae), as vectors of the pitch canker pathogen in California // *The Canadian Entomologist*. 2004. Vol. 136. P. 685–693.
- Tamburini M., Maresi G., Salvadori C., Battisti A., Zottele F., Pedrazzo F. Adaptation of the invasive western conifer seed bug *Leptoglossus occidentalis* to Trentino, an alpine region (Italy) // *Bulletin of Insectology*. 2012. Vol. 65. No. 2. P. 161–170.

PHYTOPATHOGENIC FUNGUS *FUSARIUM CIRCINATUM* AND POSSIBILITIES OF ITS SPREADING IN RUSSIA BY INSECTS

© 2018 Selikhovkin A.V.^{a, b, *}, Markovskaja S.^{c, **}, Vasaitis R.^{d, ***},
Martynov A.N.^{a, ****}, Musolin D.L.^{a, *****}

^a Saint Petersburg State Forest Technical University, Saint Petersburg, 194021;

^b Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, 199034;

^c Nature Research Centre, Vilnius, Lithuania, LT-08412;

^d Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, SE-75007;

e-mail: * a.selikhovkin@mail.ru; ** svetlana.markovskaja@gamtc.lt;

*** rimvys.vasaitis@slu.se; **** forestry@spbftu.ru; ***** musolin@gmail.com

The emergence in Europe of a relatively new agent causing pitch cancer of pine *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell (teleomorpha *Gibberella circinata*) is an alarming signal for Russia. In a brief overview we shortly analyze biology of *F. circinatum* and vectors of its spreading. Open wounds on the bark of branches and trunks of pines are the gates of infection for *F. circinatum*. The phytopathogen can get into these wounds with droplets of moisture or by air. The infection results in formation of cankers on the trunk and branches, intense resin bleeding and death of the branches. In Russia, this pathogen can emerge and spread in nurseries and among planted pines on the coast of the Black Sea (most likely towards the south-east of Krasnodar). However, it is so far unclear to what extent the local climatic conditions will be suitable for the fungus and whether the species will be competitive enough in a new environment. Insects associated with pines are among the most important factors of *F. circinatum* spreading. They can directly carry the propagules of the fungus (thus acting as vectors of the pathogen) or cause damage to shoots, branches and trunks of pines, thus creating the gates of infection. After completing its development on a tree infected by this fungus, the adult insect flies to another, possibly healthy tree, carrying the stuck fungus spores on its surface and leaving them on a new tree. In the paper, we briefly review the insects associated with pines (*Pinus*) and discuss their possible role as vectors of *F. circinatum*. It is shown that in Russia, there are many insects that can ensure rapid spreading of the pitch cancer caused by *F. circinatum* if this fungal phytopathogen arrives to Russia.

Key words: pitch cancer of pines, *Fusarium circinatum*, *Gibberella circinata*, pathogen, pine, insects, infection, invasion