

2. ПРОБЛЕМЫ ЛЕСНОЙ ФИТОПАТОЛОГИИ

УДК 582.946.1:632.26

**В.Б. Звягинцев, Д.А. Демидко, С.В. Пантелеев, Н.В. Пашенова,
Л.Г. Серая, А.В. Ярук, Ю.Н. Баранчиков**

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИНВАЗИВНОГО ВОЗБУДИТЕЛЯ НЕКРОЗА ВЕТВЕЙ ЯСЕНЯ АСКОМИЦЕТА *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS* В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Введение. Под нарастающим антропогенным воздействием на окружающую среду биологические инвазии все ощутимее включаются в формирование биосферы, вызывая существенные изменения в природных экосистемах и принося весомый экономический ущерб [Биологические инвазии..., 2004; Santini et al. 2013]. Ярким примером разрушительных последствий непреднамеренной интродукции в современной фитопатологии является проникновение в Европу из восточных регионов Азии высокоагрессивного аскомицета *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz et Hosoya, вызывающего инфекционный некроз ветвей всех европейских видов ясеня. Наибольшую вредоносность патоген проявляет по отношению к ясеню обыкновенному (*Fraxinus excelsior* L.). Развитие заболевания проявляется в виде поражений листовой пластинки и центральной жилки листа, откуда инфекция передается в молодые побеги, формируя красновато-коричневые некрозы и вызывая отмирание ветвей [Kirisits et al., 2009]. Инфекционный процесс постепенно ослабляет взрослые деревья, снижает устойчивость к воздействию абиотических факторов, приводит к поражению вторичными патогенами и вредителями, что вызывает отмирание растений и постепенное выпадение ясеня из состава насаждений. В молодняках болезнь может развиваться в острой форме, быстро приводя к окольцовыванию стволиков и гибели зараженных растений.

На территории Европы заболевание было выявлено в начале 1990-х годов в Польше, и за последующие два десятилетия приобрело характер панфитотии, охватив значительную часть естественного ареала ясеня обыкновенного и приведя к массовому распаду ясеневых насаждений [Timmermann et al., 2011]. О картине распространения патогена в европейских лесах можно судить по публикациям об обнаружении симптомов некроза, а

также выявления инвазивного возбудителя заболевания *H. fraxineus* (табл. 1). К настоящему времени отсутствуют сведения о выявлении заболевания с крайних западных (юго-запад Франции, Португалия), южных (Болгария, Греция, Турция и др.) и восточных частей ареала *F. excelsior*.

Таблица 1

Выявление некроза ветвей ясеня обыкновенного *Fraxinus excelsior* в странах Европы
Identification of ash dieback in the stands of *Fraxinus excelsior* in countries of Europe

Страна (регион)	Начало усыха- ния ясеня	Литературный источник	Год выявления <i>H. fraxineus</i>	Литературный источник
Польша	1992– 1996	Stocki, 2001*	2006	Kowalski, 2006
Литва	1996	Василяускас и др., 2002; Juodvalkis & Vasiliauskas, 2002*	2007	Halmschlager & Kirisits, 2008
Чехия	Конец 1990-х	Jankovský & Holdenrieder, 2009	2009	Jankovský & Holdenrieder, 2009
Латвия	2000	Rytönen et al., 2011*	2007	Cleary et al., 2011
Финляндия	Начало 2000-х	Rytönen et al., 2011*	2011	Rytönen et al., 2011*
Германия	2002	Heydeck et al., 2005	2006	Schumacher et al., 2007
Швеция	2002	Barklund, 2005	2007	Halmschlager & Kirisits, 2008
Дания	2003	Thomsen, 2005*	2007	Skovsgaard et al., 2010
Эстония	2003	Ploompuu, 2007	2011	Rytönen et al., 2011
Беларусь	2003	Звягинцев и Сазонов, 2006	2010	Zviagintsev et al., 2011
Словакия	2004	Kirisits et al., 2009	2014	Adamčíková et al., 2015
Австрия	2005– 2006	Thomas L. Cech, 2005	2007	Halmschlager & Kirisits, 2008
Румыния	2005	Kirisits et al., 2009	2014	New data on quarantine..., 2014
Норвегия	2006	Talgo et al., 2009*; Solheim, 2009	2008	Talgo et al., 2009
Словения	2006	Ogris et al., 2009	2007	Ogris et al., 2009
Россия (Калининградск ая обл.)	2007	Жигунов и др., 2007	нет данных	нет данных
Швейцария	2007	Meier et al., 2008	2008	Ioos et al., 2009
Франция (северо-восточ- ные регионы)	2007– 2009	<i>Chalara fraxinea</i> occurs in France, 2010	2008-2009	<i>Chalara fraxinea</i> occurs in France, 2010
Венгрия (северо-запад)	2008	Szabó, 2008	2008	Szabó, 2008

Окончание табл. 1

Страна (регион)	Начало усыха- ния ясеня	Литературный источник	Год выяв- ления <i>H. fraxineus</i>	Литературный источник
Бельгия	2009	Chandelier et al., 2011*	2010	Chandelier et al., 2011*
Босния и Герце- говина	2009	Станивуковић и др., 2014	2009	Станивуковић и др., 2014
Хорватия	2009	Barić et al., 2012	2009	Barić et al., 2012
Италия (северо-восток, Фриули, Вене- ция, Джулия)	2009	Ogris et al., 2010*	2009	Ogris et al., 2010*
Нидерланды	2010	First report of <i>Chalara frax- inea</i> in the Netherlands, 2010	2010	First report of <i>Chalara fraxinea</i> in the Netherlands, 2010
Украина	2010	Davydenko et al., 2013	2010	Davydenko et al., 2013
Гернси	2012	First report of <i>Chalara frax- inea</i> in Guernsey, 2012	2012	First report of <i>Chalara fraxinea</i> in Guernsey, 2012
Россия (Ленинградская обл.)	2011– 2012	Шабунин и др., 2012	2011–2013	Gross et al., 2014; McKinney et al., 2014; Мусолин и др., 2014
Великобритания	2012	Webber, Hendry, 2012	2012	Webber, Hendry, 2012
Ирландия	2012	McCracken et al., 2017	2017	McCracken et al., 2017
Россия (Московская и Смоленская обл.)	2014	Звягинцев и др., 2015	2014	Звягинцев и др., 2015
Италия (Эмилия- Романья)	2014	<i>Hymenoscyphus fraxineus</i> found for the first..., 2015	2014	<i>Hymenoscyphus fraxineus</i> found for the first..., 2015
Франция (центральные регионы)	2014	Avancée de la chalarose en France..., 2017	2014	Avancée de la chalarose en France..., 2017
Люксембург	нет данных	—	2014	New data on quarantine pests..., 2014
Италия (Монтепиано, Тоскана)	2015	Luchi et al., 2016*	2015	Luchi et al., 2016
Сербия	2015	Keča et al., 2017	2015	Keča et al., 2017
Россия (Воронежская обл.)	2016	Колганихина, Пантелеев, 2016; Звягинцев, Баранчиков и др., 2016	2016	Колганихина, Пантелеев, 2016; Звягинцев, Баранчиков и др., 2016
Черногория	2016	Milenković et al., 2017	2016	Milenković et al., 2017
Испания	2021	Stroheker et al., 2021	2021	Stroheker et al., 2021

Примечание. * – цит. по Timmermann et al., 2011.

На территории России в последние десятилетия случаи массового усыхания ясенников отмечались точечно, в отдельных регионах. Первое упоминание относится к 2007 г. в Калининградской области [Жигунов и др., 2007]. По мнению авторов, оно было связано с поражением до 50–70% корневых систем опенком *Armillaria gallica* Marxm. & Romagn. Однако причины, приведшие к существенному ослаблению ясеней и их инфицированию вторичным патогеном, не были диагностированы.

Впервые в России *H. fraxineus* был выявлен в 2011 г. в Ботаническом саду Лесотехнического университета в Санкт-Петербурге [Gross et al., 2014; McKinney et al., 2014; Мусолин и др., 2014]. В 2012 г. инфекционное поражение ветвей было зафиксировано в ясеневых древостоях памятника природы «Дудергофские высоты», где встречаемость заболевания достигала 98,1% [Шабунин и др., 2012] и в Государственном природном заказнике «Северное побережье Невской губы» [Musolin et. al., 2017], а в 2014 – в придорожных посадках ясеня вдоль трассы М1 от Москвы до границы с Беларусью [Звягинцев и др., 2015]. В 2016 г. *H. fraxineus* был выявлен в г. Воронеже [Баранчиков и др., 2016] и в Воронежской области [Колганихина и Пантелеев, 2016; Звягинцев и др., 2016]. Вместе с тем, встречаемость заболевания на значительной части ареала произрастания ясеня обыкновенного в России оставалась неизвестной, что не давало возможности оценить общую картину распространения инвазии. В настоящее время *H. fraxineus* (*Chalara fraxinea*) имеет статус карантинного вредного организма для стран Евразийского экономического союза, и при этом – отсутствующего на его территории (Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза в ред. от 25.01.2023 г.).

Целью нашей работы было выявление распространенности *H. fraxineus* в естественных насаждениях и посадках ясеня европейской части Российской Федерации и оценка степени поражения их инфекционным некрозом ветвей.

Материалы и методика исследования. Обследования ясеневых насаждений естественного и искусственного происхождения проведены авторами в 2014, 2016 и 2017 гг. на территориях 35 субъектов федерации в Центральном, Северо-Западном, Южном, Северо-Кавказском и Приволжском округах. В 2014 г. работал один полевой отряд, в 2016 и 2017 гг. – одновременно два отряда; пройдены 8 автомобильных маршрутов общей протяженностью около 21 тыс. км. Обследования были проведены в 306 точках в насаждениях преимущественно местного (*F. excelsior*) и

интродуцированных (по большей части *F. pennsylvanica* Marshall) видов ясеня в лесных массивах, придорожных и городских посадках, в дендрариях. Идентификацию инфекционного некроза ветвей проводили по признакам и симптомам, характерным для растений ясеня, пораженных *H. fraxineus* [Kirisits, 2009; Звягинцев, Шарандо и др., 2016]. Встречаемость некроза ветвей определяли как относительное количество местообитаний с обнаруженными симптомами болезни от общего числа обследованных местообитаний, в процентах (Глоссарий фитосанитарных терминов МСФМ № 5: ФАО. 2017). Степень поражения насаждения оценивали визуально по относительному количеству некротизированных побегов в кронах модельных деревьев (ГОСТ 21507-2013). В каждом местообитании учитывали от 10 до 25 модельных деревьев.

Образцы для лабораторного анализа отбирали стерильным инструментом в местах контакта некротизированных и здоровых тканей побегов. Идентификация возбудителя была проведена молекулярно-генетическим методом на 178 образцах.

Экстракцию тотальной ДНК проводили с использованием модифицированного СТАВ-метода [Падутов и др., 2007] с добавлением в экстрагирующий буфер в конечной концентрации 2% поливинилпирролидона и 0,2% 2-меркаптоэтанола. Полимеразную цепную реакцию (ПЦР) проводили на базе термоциклеров Gene Max (Bioer, Китай) с использованием набора DreamTaq Green PCR Master Mix (2X) (Thermo Fisher Scientific, США). Компоненты реакции добавляли в концентрациях согласно инструкции фирмы-производителя. Для диагностики грибного спектра использовали праймеры ITS1F [Gardes, Bruns, 1993] / ITS4 [White et al., 1990]. Программа амплификации с праймерами ITS была следующей: начальная денатурация при 95 °C на 3 мин (1 цикл); денатурация при 95 °C на 30 с, отжиг при 55 °C на 20 с, элонгация при 72 °C на 45 с (35 циклов); финальный этап 4 °C – хранение. С целью диагностики возбудителя халарового некроза ветвей ясеня использовали метод гнездовой ПЦР с видоспецифическими праймерами [Johansson et al., 2010]. В качестве матрицы при постановке гнездовой ПЦР применяли ампликоны ITS1F/ITS4, очищенные с использованием магнитных частиц Agencourt AMPure XP согласно инструкции фирмы-производителя (Beckman Coulter, США). Программа амплификации гнездовой ПЦР была следующей: начальная денатурация при 95 °C на 3 мин (1 цикл); денатурация при 95 °C на 30 с, отжиг при 65 °C на 20 с, элонгация при 72 °C на 20 с (10 циклов); денатурация при 95 °C на 30 с, отжиг при 53 °C

на 20 с, элонгация при 72 °С на 20 с (40 циклов); элонгация при 72 °С на 8 мин (1 цикл); хранение при 4 °С. В качестве положительного контроля при постановке ПЦР использовали образец ДНК, выделенный из чистой культуры *H. fraxineus*, отрицательным контролем являлась проба с деионизированной водой.

Электрофоретическое фракционирование ПЦР-продуктов осуществляли в 1,5% агарозном геле с последующим окрашиванием в бромистом этидии и визуализацией в ультрафиолете.

Часть собранных образцов была использована для изолирования культур возбудителя усыхания ясеня в лабораторных условиях. При изолировании использовали приемы, описанные в работе Т. Ковальского [Kowalski, 2006]. Ясеновые побеги, промывали 96%- этанолом в течение 1 мин, зачищали от тонкого слоя внешней коры в области некротических пятен, вырезали маленькие кусочки флоэмы (3–5 х 3–5 мм) вблизи границы здоровой и некротизированной ткани так, чтобы в образце обязательно присутствовала здоровая ткань, прилегающая к некрозу. Образцы раскладывали на плотную среду: агаризованное пивное сусло с концентрацией сахаров 6–8° по Баллингу. Чашки с разложенными кусочками флоэмы инкубировали в течение 2 месяцев при комнатной температуре. Учет и изучение грибных колоний, развивающихся вокруг кусочков растительной ткани, проводили еженедельно. Характерный оранжевый плотный мицелий *H. fraxineus* отсевали на свежую питательную среду и выращивали для исследования культуральных свойств и микроморфологии.

Результаты и обсуждение. Основные внешние симптомы инфекционного некроза ветвей ясеня проявляются в виде кольцевых некротических поражений побегов и локальных вдавленных язв вокруг инфицированных листовых рубцов (рис. 1.1 и 1.2). Часто ксилема пораженных побегов приобретает коричневатую окраску, опускающуюся ниже зоны поражения флоэмы (рис. 1.3). На молодых растениях болезнь носит острую форму развития, приводя их к усыханию уже в год инфицирования (рис. 2.1). Хроническое поражение взрослых деревьев вызывает отмирание отдельных ветвей, приводит к суховершинности (рис. 2.2), снижает устойчивость растений к другим биотическим факторам.

К признакам развития инвазивного патогена можно отнести псевдосклеротий и плодоношение гриба на рахисах прошлогодних листьев на поверхности почвы (рис. 3.1, 3.2).

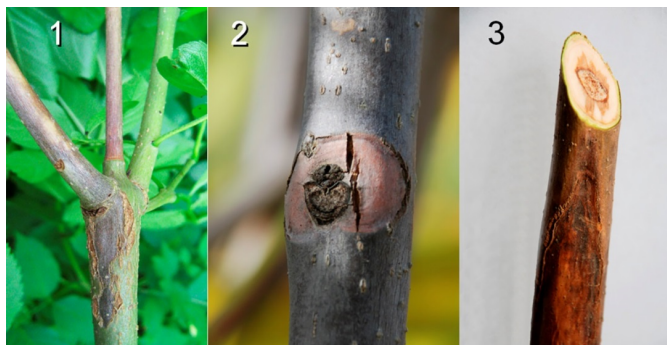


Рис. 1. Поражение побегов ясеней грибом *H. fraxineus*: 1 – типичный некроз побега *F. pennsylvanica* (Московская обл., 2016 г.); 2 – локальный некроз вокруг листового рубца на побеге *F. pennsylvanica* (Смоленская обл., 2014 г.); 3 – окраска ксилемы побегов *F. excelsior*, пораженных инфекционным некрозом (Воронежская обл., 2016 г.)

Fig. 1. Infection of ash shoots by the fungus *H. fraxineus*: 1 – typical shoot necrosis of *F. pennsylvanica* (Moscow region, 2016); 2 – local necrosis around the leaf scar on the shoot of *F. pennsylvanica* (Smolensk region, 2014); 3 – staining of the xylem of *F. excelsior* shoots affected by ash dieback (Voronezh region, 2016)



Рис. 2. Внешний вид ясеней, пораженных грибом *H. fraxineus*: 1 – острое усыхание подроста *F. excelsior*, пораженного инфекционным некрозом (Воронежская обл., 2017 г.); 2 – общий вид крон деревьев *F. excelsior*, пораженных инфекционным некрозом ветвей (Дагестан, 2017 г.)

Fig. 2. Appearance of ash trees affected by the fungus *H. fraxineus*: 1 – acute desiccation of undergrowth of *F. excelsior* affected by ash dieback (Voronezh region, 2017); 2 – general view of the crowns of *F. excelsior* trees affected by ash dieback (Dagestan, 2017)

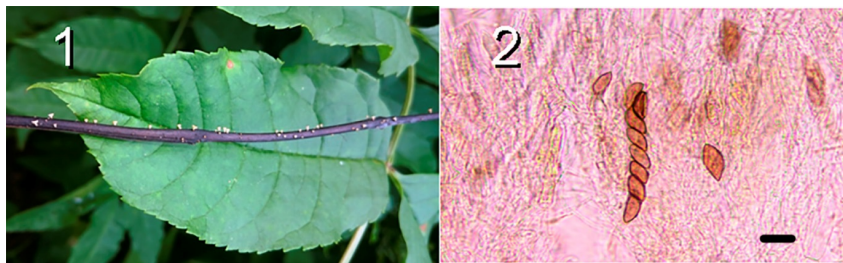


Рис. 3. Плодовые тела – 1 и сумка со зрелыми спорами – 2 *H. fraxineus* на рахисах опавших листьев *F. excelsior* (Воронежская обл., 2016 г.).
Масштабная линейка – 10 мкм

Fig. 3. Fruiting bodies – 1 and ascus with mature spores – 2 of *H. fraxineus* on rachis of fallen leaves of *F. excelsior* (Voronezh region, 2016). Scale bar – 10 µm

Из инфицированных побегов на твердую питательную среду выделялся характерный для *H. fraxineus* мицелий (рис. 4.1). Колонии гриба на мальтэкстрактагаре бархатисто-войлочные, бледно-оранжевые с белым растущим краем. У некоторых изолятов гриба при росте на агаризованных средах наблюдали признаки анаморфы (*Chalara fraxinea*): характерные бутылевидные конидиеносцы (рис. 4.2), продуцирующие фиалоконидии (рис. 4.3).



Рис. 4. Морфологические особенности *H. fraxineus*: 1 – 21-дневная колония *H. fraxineus* на мальтэкстрактагаре; 2 – бутылевидные конидиеносцы; 3 – фиалоконидии. Масштабная линейка – 10 мкм

Fig. 4. Morphological features of *H. fraxineus*: 1 – 21-day colony of *H. fraxineus* on malt extract agar; 2 – bottle-shaped conidiophores; 3 – phialoconidia. Scale bar – 10 µm

Инфекционный некроз ветвей оказался наиболее распространенной патологией ясеня в насаждениях всех обследованных регионов (табл. 2).

96,7% всех обследованных насаждений были в разной степени поражены этим заболеванием. Степень поражения растений некрозом и санитарное состояние насаждений существенно отличались как по регионам, так и по годам исследования. При обследовании отмечено только 8 насаждений без признаков развития инфекционного некроза в Воронежской, Ростовской, Пензенской и Орловской областях, а также в Республике Адыгея. Ясеновые насаждения Центрального и Южного федеральных округов характеризуются в среднем меньшей степенью поражения (19,7 и 13,6% соответственно), по сравнению с Северо-Кавказским и Приволжским, где болезнь достигла уровня 27,9 и 29,0%, соответственно. Для 31 субъекта Российской Федерации, на территории которых расположена ориентировочно пятая часть площади европейского ареала ясеня обыкновенного, болезнь зафиксирована впервые (рис. 5). Отсутствие ранее сведений об этой экономически важной инфекционной патологии ясеня связано, в частности, с маскировкой ее симптомов массовым повреждением деревьев в 20 субъектах РФ другим дальневосточным инвайдером – ясеновой изумрудной узкотелой златкой *Agrilus planipennis* Fairmaire [Orlova-Bienkowskaja, Bienkowski, 2022; Щуров, Замотайлов, 2022], а также ослаблением насаждений пожарами [Звягинцев и др., 2015], повреждением лесополос сносом сельскохозяйственных пестицидов [Звягинцев и др., 2018] и др.

Таблица 2

Степень поражения ясеновых насаждений инфекционным некрозом ветвей на территории Российской Федерации и результаты молекулярно-генетического анализа образцов ясеня с симптомами заболевания

The level of damage to ash plantations by ash dieback on the territory of the Russian Federation and the results of molecular genetic analysis of ash samples with symptoms of the disease

Федеральный округ и субъект Российской Федерации	Средняя степень поражения, % (количество обследованных насажде- ний, шт.)				Собранные об- разцы (из них с генетическим материалом па- тогена), шт.
	2014	2016	2017	Средняя	
Центральный округ					
Белгородская область	–	5,0 (1)	36,7 (3)	20,8 (4)	4 (4)
Брянская область	–	25,7 (7)	–	25,7 (7)	5 (4)
Владимирская область	–	20,6 (8)	–	20,6 (8)	5 (4)
Воронежская область	–	8,0 (20)	11,1 (13)	9,6 (33)	34 (34)

Продолжение табл. 2

Федеральный округ и субъект Российской Федерации	Средняя степень поражения, % (количество обследованных насажде- ний, шт.)				Собранные об- разцы (из них с генетическим материалом па- тогена), шт.
	2014	2016	2017	Средняя	
Калужская область	–	5,0 (2)	–	5,0 (2)	5 (4)
Костромская область	–	5,0 (2)	–	5,0 (2)	6 (6)
Курская область	–	28,4 (8)	–	28,4 (8)	20 (17)
Липецкая область	–	11,9 (8)	5,4 (5)	8,4 (13)	8 (4)
г. Москва	–	18,7 (15)	–	18,7 (15)	1 (1)
Московская область	35,0 (5)	12,5 (9)	5,0 (1)	17,5 (16)	1 (1)
Орловская область	–	6,4 (7)	15,0 (2)	10,7 (9)	7 (7)
Рязанская область	–	5,0 (1)	–	5,0 (1)	2 (2)
Смоленская область	32,2 (39)	25,6 (8)	–	28,9 (47)	21 (21)
Тамбовская область	–	17,5 (1)	5,0 (5)	11,3 (6)	2 (2)
Тверская область	–	5,0 (2)	–	5,0 (2)	4 (4)
Тульская область	–	–	3,0 (3)	3,0 (3)	5 (4)
Ярославская область	–	5,0 (3)	–	5,0 (3)	5 (4)
По округу				19,7 (178)	121 (111)
Южный округ					
Вологодская область	–	5,0 (1)	–	5,0 (1)	2 (2)
Астраханская область	–	–	15,0 (2)	15,0 (2)	7 (6)
Волгоградская область	–	–	16,1 (9)	16,1 (9)	5 (5)
Краснодарский край	–	–	18,8 (5)	18,8 (5)	2 (1)
Республика Адыгея	–	–	2,5 (2)	2,5 (2)	7 (7)
Ростовская область	–	–	10,3 (9)	10,3 (9)	2 (2)
По округу				13,6 (28)	23 (19)
Северо-Кавказский округ					
Кабардино-Балкарская республика	–	–	18,8 (4)	18,8 (4)	4 (4)
Республика Дагестан	–	–	33,3 (6)	33,3 (6)	5 (5)
Республика Северная Осетия-Алания	–	–	15,0 (2)	15,0 (2)	1 (1)
Ставропольский край	–	–	30,0 (2)	30,0 (2)	2 (2)
Чеченская Республика	–	–	36,7 (3)	36,7 (3)	1 (1)
По округу				27,9 (17)	13 (13)

Окончание табл. 2

Федеральный округ и субъект Российской Федерации	Средняя степень поражения, % (количество обследованных насажде- ний, шт.)				Собранные об- разцы (из них с генетическим материалом па- тогена), шт.
	2014	2016	2017	Средняя	
Приволжский округ					
Нижегородская область	—	36,3 (4)	—	36,3 (4)	2 (2)
Пензенская область	—	34,0 (5)	—	34,0 (5)	4 (4)
Республика Мордовия	—	15,0 (3)	—	15,0 (3)	3 (3)
Республика Татарстан	—	15,0 (1)	—	15,0 (1)	1 (1)
Самарская область	—	60,0 (1)	—	60,0 (1)	1 (1)
Саратовская область	—	35,0 (8)	7,0 (2)	21,0 (10)	7 (5)
Ульяновская область	—	17,5 (3)	—	17,5 (3)	3 (2)
По округу				29,0 (27)	21 (18)
Всего				22,5 (250)	178 (163)

Существенное варьирование степени поражения ясеневых насаждений по годам исследования связано, прежде всего, с тесной зависимостью процесса размножения патогена и, следовательно, развития болезни от погодных условий сезона вегетации [Ярук и др., 2018; Keča et al., 2017].

Различия в поражаемости двух наиболее распространенных в обследованных регионах видов ясеня *F. excelsior* и *F. pennsylvanica* статистически не достоверны. Средние значения степени поражения этих видов инфекционным некрозом ветвей составляют соответственно $17,6 \pm 2,47\%$ и $21,2 \pm 1,45\%$. В соседних с Россией странах, где симптомы болезни проявились раньше, эти показатели значительно выше. Так, в ясеневых лесах Беларуси кроны деревьев первого яруса поражены некрозом в среднем на 43% [Звягинцев и др., 2014], а в центральных и восточных регионах Украины степень поражения достигает 50% [Давиденко, 2015].

Насаждения других видов ясеня встречались при обследовании единично, однако и на них были выявлены симптомы развития инфекционного некроза, что в целом подтверждает ранее опубликованные данные [Nielsen et al., 2017]. Так, в коллекции ясеней Главного ботанического сада РАН в Москве *F. ornus* L., представленный на момент обследования неустойчивой к болезни пнёвой порослью, был поражен на 32,5%, *F. americana* Clarke – на 14,0%; *F. mandshurica* Rupr. – на 15,0%; *F. chinensis* subsp. *rhinchophylla* Hance. – на 20,0%; *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa* – на 5,0% и *F. angustifolia* subsp. *syriaca* – на 2,5%.

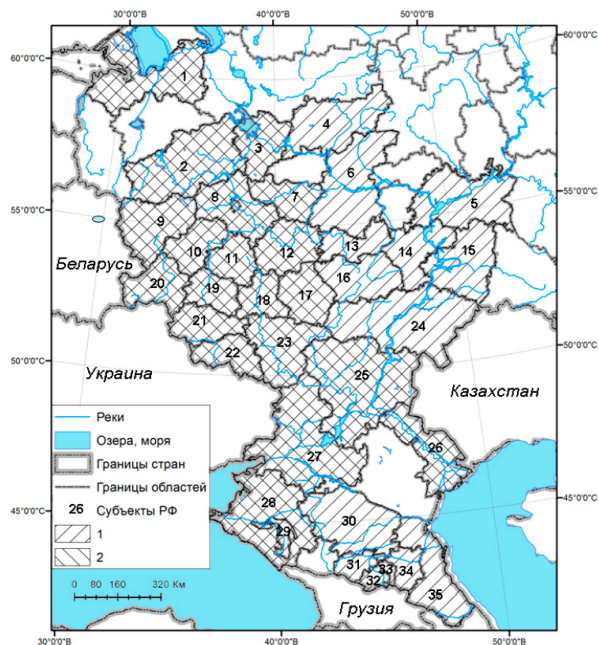


Рис. 5. Карта-схема распространения возбудителя некроза ветвей ясеня *Hymenoscyphus fraxineus* – 1 и ясеневой узкотелой златки *Agrilus planipennis* – 2 по субъектам европейской части Российской Федерации на конец 2021 г. (на период поисков патогена)

Без штриховки – регионы, необследованные на наличие патогена. Субъекты РФ: 1 – Ленинградская область, 2 – Тверская область, 3 – Ярославская область, 4 – Костромская область, 5 – Республика Татарстан, 6 – Нижегородская область, 7 – Владимирская область, 8 – Московская область, 9 – Смоленская область, 10 – Калужская область, 11 – Тульская область, 12 – Рязанская область, 13 – Республика Мордовия, 14 – Ульяновская область, 15 – Самарская область, 16 – Пензенская область, 17 – Тамбовская область, 18 – Липецкая область, 19 – Орловская область, 20 – Брянская область, 21 – Курская область, 22 – Белгородская область, 23 – Воронежская область, 24 – Саратовская область, 25 – Волгоградская область, 26 – Астраханская область, 27 – Ростовская область, 28 – Краснодарский край, 29 – Республика Адыгея, 30 – Ставропольский край, 31 – Кабардино-Балкарская республика, 32 – Республика Северная Осетия – Алания, 33 – Республика Ингушетия, 34 – Чеченская республика, 35 – Республика Дагестан

Fig. 5. Map-scheme of the distribution of causative agent of ash branches necrosis *Hymenoscyphus fraxineus* – 1 and emerald ash borer *Agrilus planipennis* – 2 in the subjects of the European part of the Russian Federation at the end of 2021 (at the period of pathogen search)

Without hatching: regions not examined for the presence of the pathogen. Subjects of the Russian Federation: 1 – Leningrad region, 2 – Tver region, 3 – Yaroslavl region, 4 – Kostroma region, 5 – Republic of Tatarstan, 6 – Nizhny Novgorod region, 7 – Vladimir region, 8 – Moscow region, 9 – Smolensk region, 10 – Kaluga region, 11 – Tula region, 12 – Ryazan region, 13 – Republic of Mordovia, 14 – Ulyanovsk region, 15 – Samara region, 16 – Penza region, 17 – Tambov region, 18 – Lipetsk region, 19 – Oryol region, 20 – Bryansk region, 21 – Kursk region, 22 – Belgorod region, 23 – Voronezh region, 24 – Saratov region, 25 – Volgograd region, 26 – Astrakhan region, 27 – Rostov region, 28 – Krasnodar region, 29 – Republic of Adygea, 30 – Stavropol region, 31 – Kabardino-Balkarian Republic, 32 – Republic of North Ossetia-Alania, 33 – Republic of Ingushetia, 34 – Chechen Republic, 35 – Republic of Dagestan

Инфекционное усыхание ветвей ясеня развивается неоднородно в посадках разного типа. В среднем на всей обследованной территории развитие данной патологии существенно не отличалось в городских и лесных насаждениях, где степень поражения деревьев составляла, соответственно, $15,4 \pm 1,6$ и $19,1 \pm 6,2\%$. Придорожные полосы, существенно ослабленные антропогенным воздействием, оказались и несколько менее устойчивыми к инфекционному усыханию, средняя степень поражения растений в них достигла $24,5 \pm 1,8\%$.

Гнездовая ПЦР с видоспецифическими к *H. fraxineus* праймерами показала присутствие возбудителя халарового некроза ветвей ясеня в 163 исследованных образцах (91,6% от их общего количества), что подтверждалось наличием на электрофореграммах специфических амплифицированных фрагментов размером ≈ 493 п.н. (493 bp). Видоспецифичность выявленных ампликонов была ранее подтверждена рядом авторов [Johansson et al., 2010; Kadasi-Horakova et al., 2017]. Амплификация в отрицательном контроле не визуализировалась. Перекрестная амплификация с другими видами грибов отсутствовала. Этот метод позволил подтвердить наличие *H. fraxineus*, в насаждениях 31 субъекта Российской Федерации (табл. 2). Патоген был обнаружен, в зависимости от места сбора, в 70–100% образцов, отобранных по визуальным признакам заражения.

Основываясь на характерной симптоматике болезни и данных молекулярно-генетического анализа, можно утверждать, что инвазивный аскомицет *H. fraxineus* к настоящему времени занял всю восточно-европейскую часть ареала *F. excelsior* и является основным возбудителем инфекционного некроза ветвей как аборигенного, так и интродуцированных видов ясеня.

Если брать за основу общепринятую теорию инвазии патогена, то с момента первого обнаружения болезни в начале 90-х гг. прошлого века возбудитель смог быстро распространиться на значительные расстояния в восточном и юго-восточном направлениях. Наиболее удаленной точкой выявления *H. fraxineus* от предполагаемого центра непреднамеренной интродукции, которым принято считать Польшу [Kowalski, 2006; Timmermann et al., 2011], является Самурский лес в Республике Дагестан, расположенный на расстоянии около 2,5 тыс. км. В условиях влажного субтропического климата Самурского леса возбудитель нашел благоприятные условия для развития. Средняя степень поражения ясеня инфекционным некрозом ветвей в 2017 г. составила 50%, это позволило сделать вывод о том, что инфекция патогена достигла восточной части Северного Кавказа как минимум несколько лет назад. Для преодоления такой дистан-

ции средняя скорость распространения патогена должна быть не менее 100 км в год. Это значительно выше, чем скорость распространения инфекции в Европе, рассчитанная другими авторами. Так, на территории Литвы скорость распространения патогена в северо-восточном направлении составила только 40 км в год [Laiviņš et al., 2016]. В ясенниках Норвегии инфекция *H. fraxineus* ежегодно продвигалась на север и северо-восток на 25–78 км, а средняя скорость распространения составила 51 км в год [Solheim & Hietala, 2017]. В западном направлении патоген распространялся в среднем со скоростью около 75 км в год [Gross et al., 2014]. Таким образом, на юго-восток продвижение инвазии *H. fraxineus* происходило с наибольшей скоростью, близкой к 100 км в год. Это хорошо согласуется с данными, полученными на территории Франции, где было зафиксировано, что дальность разлета спор перед фронтом инвазии может составлять до 50–100 км [Grosdidier et al., 2018]. Очевидно, преобладающие в умеренном поясе Европы западные ветра могли способствовать ускоренному продвижению восточного фронта инвазии.

На скорость распространения патогена оказывают существенное влияние региональные погодно-климатические условия. Высказывается мнение, что жаркий и сухой период вегетации сдерживает развитие заболевания, отрицательно влияя на образование плодовых тел и спороношение гриба [Hauptman et al., 2013; Кеца et al., 2017; Ярук и др., 2018]. Выявление *H. fraxineus* и активного развития инфекционного некроза ветвей в условиях умеренно континентального, засушливого климата Северного Кавказа и Южного федерального округа свидетельствует о способности инвазивного гриба адаптироваться к таким условиям. Так, в Дагестане между 41 и 42 параллелями выявлена самая южная на данный момент точка вторичного ареала *H. fraxineus* с активно развивающимися патологическими процессами. Следовательно, следует ожидать продолжение экспансии инвайдера в насаждениях южных стран Европы.

Непонятным пока остается проблема взаимоотношения *H. fraxineus* с другим восточноазиатским инвайдером – ясеновой узкотелой златкой *A. planipennis*, вторичные ареалы которых полностью перекрываются как в России (рис. 5), так и теперь на Украине [Davydenko et al., 2022]. Молодые побеги поросли у основания стволов, погибающих от златки ясеней, представляют собой замечательный субстрат для заражения патогеном [Баранчиков и др., 2016], а вот может ли гриб как-то модифицировать кормовой ресурс для насекомого, ещё необходимо выяснить.

Заключение. Таким образом, инвазивный аскомицет *H. fraxineus* и вызываемое им фатальное заболевание ясеня широко распространены в европейской части России и приводят к постепенной деградации ясеневых насаждений в лесах, городских и придорожных посадках. Повсеместная встречаемость патогена как минимум в европейской части России и в Беларуси противоречит его современному статусу в Едином перечне карантинных объектов как вредного организма, отсутствующего на территории Евразийского экономического союза. Очевидно, что проведение карантинных и большинства профилактических мероприятий сдерживания инвазии на этих территориях уже нецелесообразны. Учитывая высокую вредоносность болезни и отсутствие опыта её эффективного контроля, на взгляд авторов, необходимо сосредоточить усилия ученых и практиков над решением задач мониторинга состояния, поддержания устойчивости, защиты и восстановления насаждений аборигенного вида – ясеня обыкновенного. На фоне стремительного распространения инфекции в юго-восточном направлении выявляются отдельные насаждения без симптомов развития болезни, что является свидетельством низкой восприимчивости к ней некоторых восточноевропейских популяций *F. excelsior*. Это делает их ценным объектом изучения механизмов устойчивости ясеня к инвазивному патогену. Опыт стран Европы показывает высокую эффективность использования устойчивых генотипов и популяций ясеня обыкновенного для получения резистентных форм растения, создания генетических резерватов и лесосеменных плантаций.

Благодарности. Авторы признательны И.А. Михайловой (ИЛ СО РАН, Красноярск) за помощь в создании картосхемы. Работа выполнена в рамках проекта FWES-2021-0011 гос. задания ИЛ СО РАН.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Баранчиков Ю.Н., Демидко Д.А., Звягинцев В.Б., Серая Л.Г., Ярук А.В. На запад поехал один из них, а на восток – другой? Инвазийные дальневосточные консументы ясеня в Европейской части России // Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения. : матер. Всерос. конф. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2016. С. 27–28.

Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / ред. А.Ф. Алимов, Н.Г. Богуцкая. М.–СПб.. 2004. 436 с.

Василюскас А., Юодвалькис А., Трейгене А. Причины массового усыхания ясеня обыкновенного в лесах Литвы // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: матер. V Междунар. конф. М.: Институт лесоведения РАН. 2002. С. 35–37.

Давиденко Е.В. Основные причины массового усыхания ясеня в центральных и восточных областях Украины // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2015. Вып. 211. С. 147–160.

Жигунов А.В., Семакова Т.А., Шабунин Д.А. Массовое усыхание лесов на северо-западе России // Лесобиологические исследования на северо-западе таежной зоны России: итоги и перспективы. Петрозаводск: Изд-во Карельского научного центра РАН, 2007. С. 42–52.

Звягинцев В.Б., Алиев Х.У., Серая Л.Г., Баранчиков Ю.Н. Санитарное состояние посадок и естественных насаждений *Fraxinus* spp. на Северном Кавказе // Ботаника в современном мире: труды XIV Съезда Русского ботанического общества и конференции «Ботаника в современном мире» (г. Махачкала, 18–23 июня 2018 г.). Махачкала: АЛЕФ, 2018. Т. 3. С. 100–102.

Звягинцев В.Б., Баранов О.Ю., Пантелеев С.В. Распространенность некроза ветвей ясеня, вызванного инвазивным микопатогеном *Hymenoscyphus fraxineus* Baral et al., в Подмоскowie и вдоль автодорожки М1 // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: матер. 9-й Междунар. конф. / ред. В.Г. Стороженко, В.Б. Звягинцев. Минск: БГТУ, 2015. С. 87–89.

Звягинцев В.Б., Баранчиков Ю.Н., Серая Л.Г., Стороженко В.Г., Чеботарёва В.В., Чеботарёв П.А., Ярук А.В. Особенности плодоношения *Hymenoscyphus fraxineus* в лесах Минской возвышенности и Среднерусской лесостепи // Биология, систематика и экология грибов и лишайников в природных экосистемах и агрофитоценозах: матер. II Междунар. конф. Минск-Каменюки, 2016. С. 100–104.

Звягинцев В.Б., Сазонов А.А. Новая угроза ясеневым лесам // Лесное и охотничье хозяйство. 2006. № 1. С. 12–16.

Звягинцев В.Б., Сазонов А.А., Ярук А.В., Авдейчик Е.С. Особенности развития и мониторинг халарового некроза в ясеневых насаждениях и лесных питомниках // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: матер. Всерос. конф. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2016. С. 83–84.

Звягинцев В.Б., Шарандо А.В., Филиппович В.Н. Роль халарового некроза в процессе деградации ясенников Беларуси // Лесное и охотничье хозяйство. 2014. № 9. С. 8–11.

Колганихина Г.Б., Пантелеев С.В. Первое обнаружение опасного фитопатогенного гриба *Hymenoscyphus fraxineus* в Теллермановском лесу (южная лесостепь европейской части России) // Биология, систематика и экология грибов и лишайников в природных экосистемах и агрофитоценозах: матер. II Междунар. науч. конф. Минск. 2016. С. 115–118.

Мусолин Д.Л., Булгаков Т.С., Селиховкин А.В., Адамсон К., Дренкхан Р., Вассайтис Р. *Dothistroma septosporium*, *D. pini* и *Hymenoscyphus fraxineus* (Ascomycota) – патогены древесных растений, вызывающие серьезную озабоченность в Европе // VIII Чтения памяти Катаева. Вредители и болезни древесных растений

России: матер. Междунар. конф. (Санкт-Петербург, 18–20 ноября 2014 г.). СПб.: СПбГЛТУ. 2014. С. 54–55.

Падутов В.Е., Баранов О.Ю., Воропаев Е.В. Методы молекулярно-генетического анализа. Минск.: Юнипол, 2007. 176 с.

Станивуковић З., Драган К., Миленковић И. Први налаз паразитске гљиве *Hymenoscyphus fraxineus* (Т. Kowalski) Baral, Queloz, Hosoya на белом јасену у Босни и Херцеговини // Šumarstvo. 2014. № 3/4. С. 19–34.

Шабунин Д.А., Семакова Т.А., Давиденко Е.В., Васаитис Р.А. Усыхание ясени на территории памятника природы «Дудергофские высоты», вызванное грибом *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, и морфологические особенности его аскоспор // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2012. №. 1–2. С. 70–79.

Щуров В.И., Замотайлов А.С. Первые находки ясеновой изумрудной узкотелой златки *Agilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera: Vuprestidae) в Краснодарском крае // Биологическое разнообразие Кавказа и юга России : матер. XXIV Междунар. науч. конф. (г. Магас, 17–20 ноября 2022 г.). Магас, Махачкала: Изд-во АЛЕФ, 2022. С. 558–565.

Ярук А.В., Звягинцев В.Б., Смурага В.С., Шегунова М.А. Динамика формирования плодовых тел гриба *Hymenoscyphus fraxineus* Baral et al. *in vivo* в условиях Беларуси // Лесное хозяйство: тез. 82-й науч.-техн. конф. проф.-преп. состава, науч. сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 01–14 февраля 2018 г [Электронный ресурс]. Минск: БГТУ, 2018. С. 116–117. URL: <https://www.belstu.by/Portals/0/userfiles/37/0001-Tezisi-LHF-2018.pdf>

Adamčíková K., Kádasi Horáková M., Jankovský L., Havrdová L. Identification of *Hymenoscyphus fraxineus*, the causal agent of ash dieback in Slovakia // Biologia. 2015. Vol. 70. P. 559–564.

Avancée de la chalarose en France, situation début 2017 (Электронный документ) // Ministère de l'Agriculture. 2017. URL : <http://agriculture.gouv.fr/avancee-de-la-chalarose-en-france-situation-debut-2017>. Проверено 23.07.2018.

Barić L., Županić M., Pernek M., Diminić D. Prvi nalazi patogene gljive *Chalara fraxinea* u Hrvatskoj–novog uzročnika odumiranja jaseana (*Fraxinus* spp.) // Šumarski list. 2012. Vol. 136, no. 9-10. P. 461–468.

Barklund P. Recent disease problems in Swedish forests // Forest pathology research in the Nordic and Baltic countries 2005. Proceedings from the SNS meeting in Forest Pathology at Skogbrukets Kursinstitut, Biri, Norway. 2005. P. 28–31.

Cech T.L. Blattkrankheiten und vorzeitiger Laubfall – eine Folge des kühlfeuchten Sommers 2005 // Aktuelle Schäden an Bäumen im Stadtbereich. 2005. Vol. 34. P. 11.

Chalara fraxinea occurs in France (Электронный документ) // EPPO Reporting Service. 2010. URL: <https://gd.eppo.int/media/data/reporting/rs-2010-02-en.pdf>. Проверено 23.07.2018.

Chandelier A., Delhay N., Helson M. First report of the ash dieback pathogen (anamorph *Chalara fraxinea*) on *Fraxinus excelsior* in Belgium // Plant Disease. 2011. Vol. 95 (2). P. 220.

Cleary M.R., Arhipova N., Gaitnieks T., Stenlid J., Vasaitis R. Natural infection of *Fraxinus excelsior* seeds by *Chalara fraxinea* // Forest Pathology. 2011. Vol. 43 (1). P. 83–85.

Davydenko K., Vasaitis R., Stenlid J., Menkis A. Fungi in foliage and shoots of *Fraxinus excelsior* in eastern Ukraine: a first report on *Hymenoscyphus pseudoalbidus* // Forest Pathology. 2013. Vol. 43 (6). P. 462–467.

Davydenko K., Skrylnyk Y., Borysenko O., Menkis A., Vysotska N., Meshkova V., Olson Å., Elfstrand M., Vasaitis R. Invasion of emerald ash borer *Agrilus planipennis* and ash dieback pathogen *Hymenoscyphus fraxineus* in Ukraine – A concerted action // Forests. 2022. Vol. 13 (5): 789. URL: <https://doi.org/10.3390/f13050789>

First report of *Chalara fraxinea* in Guernsey (Электронный документ) // EPPO Reporting Service. 2012. URL: <https://gd.eppo.int/media/data/reporting/rs-2012-11-en.pdf>. Проверено 23.07.2018.

First report of *Chalara fraxinea* in the Netherlands (Электронный документ) // EPPO Reporting Service. 2010. URL: <https://gd.eppo.int/reporting/article-608>. Проверено 23.07.2018.

Gardes M., Bruns T.D. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes – application to the identification of mycorrhizae and rusts // Molecular Ecology. 1993. Vol. 2, no. 2. P. 113–118.

Grosdidier M., Ioos R., Husson C., Cael O., Scordia T., Marçais B. Tracking the invasion: dispersal of *Hymenoscyphus fraxineus* airborne inoculum at different scales // FEMS Microbiology Ecology, 2018. Vol. 94, iss. 5, 1. URL: <https://doi.org/10.1093/femsec/fiy049>.

Gross A., Hosoya T., Queloz V. Population structure of the invasive forest pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus* // Molecular Ecology. 2014. Vol. 23. P. 2943–2960.

Halmschlager E., Kirisits T. First report of the ash dieback pathogen *Chalara fraxinea* on *Fraxinus excelsior* in Austria // Plant Pathology. 2008. Vol. 57, no. 6. P. 1177.

Hauptman T., Piškur B., Groot M., Ogris N., Ferlan M., Jurc D. Temperature effect on *Chalara fraxinea*: heat treatment of saplings as a possible disease control method // Forest Pathology. 2013. Vol. 43, no. 5. P. 360–370.

Heydeck P., Bemmann M., Kontzog H.-G. Triebsterben an Gemeiner Esche (*Fraxinus excelsior*) im nordostdeutschen Tiefland // Forst und Holz. 2005. Vol. 60. P. 505–506.

Hymenoscyphus fraxineus found for the first time in Emilia-Romagna region (IT) (Электронный документ) // EPPO Reporting Service. 2015. URL: <https://gd.eppo.int/reporting/article-5138>. Проверено 23.07.2018.

Ioos R., Kowalski T., Husson C., Holdenrieder O. Rapid in planta detection of *Chalara fraxinea* by a real-time PCR assay using a dual-labelled probe // European Journal of Plant Pathology. 2009. Vol. 125, no. 2. P. 329–335.

Jankovský L., Holdenrieder O. *Chalara fraxinea* – ash dieback in the Czech Republic // Plant Protection Science. 2009. Vol. 45, no. 2. P. 74–78.

Johansson S.B.K., Vasaitis R., Ihrmark K., Barklund P., Stenlid J. Detection of *Chalara fraxinea* from tissue of *Fraxinus excelsior* using species-specific ITS primers // Forest Pathology. 2010. Vol. 40 (2). P. 111–115.

Kádasi-Horáková M., Adamčíková K., Pastirčáková K., Longauerová V., Maľová M. Natural infection of *Fraxinus angustifolia* by *Hymenoscyphus fraxineus* in Slovakia // Baltic Forestry. 2017. Vol. 23(1). P. 52–55.

Keča N., Kirisits T., Menkis A. First Report of the Invasive Ash Dieback Pathogen *Hymenoscyphus fraxineus* on *Fraxinus excelsior* and *F. angustifolia* in Serbia // Baltic Forestry. 2017. Vol. 23, no. 1. P. 56–59.

Kirisits T., Matlakova M., Mottinger-Kroupa S., Cech T.L., Halmschlager E. The current situation of ash dieback caused by *Chalara fraxinea* in Austria // SDÜ Faculty Forestry Journal, Serial A special issue. 2009. P. 97–119.

Kowalski T. *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland // Forest Pathology. 2006. Vol. 36, no. 4. P. 264–270.

Laiviņš M., Priede A., Puđpure I. Spread of *Hymenoscyphus fraxineus* in Latvia: Analysis based on Dynamics of Young Ash Stands // Proceedings of the Latvian academy of sciences. Section B. 2016. Vol. 70. No. 3(702). P. 124–130.

Luchi N., Ghelardini L., Santini A., Migliorini D., Capretti P. First record of ash dieback caused by *Hymenoscyphus fraxineus* on *Fraxinus excelsior* in the Apennines (Tuscany, Italy) // Plant Disease. 2016. Vol. 100(2). P. 535.

McCracken A.R., Douglas G.C., Ryan C., Destefanis, M., Cooke L.R. Ash dieback on island of Ireland. Dieback of European Ash (*Fraxinus* spp.): Consequences and Guidelines for Sustainable Management, The Report on European Cooperation in Science & Technology (COST) Action FP1 103 FRAXBACK. V.R. and E.R. Swedish University of Agricultural Sciences: 2017. P. 125–139.

McKinney L.V., Nielsen L.R., Collinge D.B., Thomsen I.M., Hansen J.K., Kjaer E.D. The ash dieback crisis: genetic variation in resistance can prove a long-term solution // Plant Pathology. 2014. Vol. 63. P. 485–499.

Meier F., Engesser R., Forster B., Odermatt O., Angst A. Protection des forêts – Vue d’ensemble 2007 [Электронный документ] // Birmensdorf: Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL. 2008. URL: <http://www.wsl.ch/forschung/forschungunits/walddynamik/waldschutz/wsinfo/fsueb/fsub07f.pdf>. Проверено 15.05.2018.

Milenković I., Jung T., Stanivuković Z., Karadžić D. First report of *Hymenoscyphus fraxineus* on *Fraxinus excelsior* in Montenegro // Forest Pathology. 2017. Vol. 47. No. 5. P. e12359.

Musolin D.L., Selikhovkin A.V., Shabunin D.A., Zviagintsev V.B., Baranchikov Y.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(1). P. 316–333.

New data on quarantine pests and pests of the EPPO Alert List (Электронный документ) // EPPO Reporting Service. 2014. URL: <https://gd.eppo.int/reporting/article-2836>). Проверено 15.05.2018.

Nielsen L.R., McKinney L.V., Hietala A.M., Kjør E.D. The susceptibility of Asian, European and North American *Fraxinus* species to the ash dieback pathogen *Hymenoscyphus fraxineus* reflects their phylogenetic history // Eur. J. Forest Res. 2017. Vol. 136. P. 59–73. URL: <https://doi.org/10.1007/s10342-016-1009-0>

Ogris N., Hauptman T., Jurc D. *Chalara fraxinea* causing common ash dieback newly reported in Slovenia // Plant Pathology. 2009. Vol. 58(6). P. 1173

Ogris N., Hauptman T., Jurc D., Floreancig V., Marsich F., Montecchio L. First report of *Chalara fraxinea* on common ash in Italy // Plant Disease. 2010. 94. P. 133.

Orlova-Bienkowskaja M.J., Bienkowski A.O. Southern range expansion of the emerald ash borer, *Agrilus planipennis*, in Russia threatens ash and olive trees in the Middle East and Southern Europe // Forests 2022. No. 13. 541 p. URL: <https://doi.org/10.3390/f13040541>

Ploompuu T. Huvasti, Eesti saarikud! // Eesti Loodus. 2007. Vol. 58 (8). P. 14–15.

Rytkönen A., Lilja A., Drenkhan R., Gaitnieks T., Hantula J. First record of *Chalara fraxinea* in Finland and genetic variation among isolates sampled from Åland, mainland Finland, Estonia and Latvia // Forest Pathology. 2011. No. 41(3). P. 169–174.

Santini A., Ghelardini L., De Pace C. et al. Biogeographical patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe // New Phytologist 2013. Vol. 197. P. 238–250.

Schumacher J., Wulf A., Leonhard S. Erster Nachweis von *Chalara fraxinea* T. Kowalski sp. nov. Deutschland – ein Verursacher neuartiger Schäden an Eschen // Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig). 2007. Vol. 59 (6). P. 121–123.

Skovsgaard J.P., Thomsen I.M., Skovgaard I.M., Martinussen T. Associations among symptoms of dieback in even-aged stands of ash (*Fraxinus excelsior* L.) // Forest Pathology. 2010. Vol. 40, no. 1. P. 7–18

Solheim H. Dramatisk økning av askeskuddsjuke // Park & Anlegg. 2009. Vol. 8 (6), P. 49–50.

Solheim H., Hietala A.M. Spread of Ash Dieback in Norway // Baltic Forestry. 2017. Vol. 23. P. 144–149.

Stroheker S., Queloz V., Nemesio-Gorriz M. First report of *Hymenoscyphus fraxineus* causing ash dieback in Spain. New Disease Reports. 2021 Oct; 44(2): e12054.

Szabó I. A magas kôris *Chalara fraxinea* okozta hajtáses vesszőpusztulásának megjelenése magyarországon // Növényvédelem. 2008. Vol. 44(9). P. 444–446.

Talgø V., Sletten A., Brurberg M.B., Solheim H., Stensvand A. *Chalara fraxinea* isolated from diseased ash in Norway. Plant Disease. 2009. Vol. 93 (5), P. 548. URL: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-93-5-0548A>.

Timmermann V., Borja I., Hietala A.M., Kirisits T., Soldheim S. Ash dieback: pathogen spread and diurnal patterns of ascospore dispersal, with special emphasis on Norway // Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 2011. Vol. 41 (1). P. 14–20.

Tomiczek C.H., Cech T.L., Krehan H.A., Perny B.E., Steyrer G.O. Überblick über die Forstschuttsituation 2004 in Österreich // Forstschutz Aktuell. 2005. Vol. 33. P. 3–8.

Webber J., Hendry S. Rapid assessment of the need for a detailed pest risk analysis for *Chalara fraxinea* // Forest Research, UK. 2012. 15 p.

White T.J., Bruns T.D., Lee S.B., Taylor J.W. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics // PCR protocols: a guide to methods and applications. 1990. P. 315–322.

Zviagintsev V.B., Baranov O.Yu., Melnik L.F. Pathogenic fungal diseases of branches of the ash in the drying out plantations in Belarus // Fungi and lichens in the Baltics and Beyond: XVIII Symposium of the Baltic Mycologists and Lichenologists Lithuania, Dubingiai, September 19–23, 2011. P. 21.

References

Baranchikov Yu.N., Demidko D.A., Zvyagintsev V.B., Seraya L.G., Yaruk A.V. Na zapad poyekhal odin iz nikh, a na vostok – drugoy? Invaziynnye dal'nevostochnyye konsumenty yasenya v Yevropeyskoy chasti Rossii [One of them went West, and the other went East? Invasive Far Eastern consumers of ash in the European part of Russia]. *Intensifikatsiya lesnogo khozyaystva Rossii: problemy i innovatsionnyye puti resheniya* : mater. Vseros. konf. Krasnoyarsk: IL SO RAN, 2016, pp. 27–28. (In Russ.)

Biologicheskiye invazii v vodnykh i nazemnykh ekosistemakh. [Biological invasions in aquatic and terrestrial ecosystems]. Red. A.F. Alimov, N.G. Bogutskaya. M.–SPb., 2004. 436 p. (In Russ.)

Vasilyauskas A., Yuodval'kis A., Treygene A. Prichiny massovogo usykhaniya yasenya obyknovennogo v lesakh Litvy [Causes of mass dieback of the common ash in the forests of Lithuania]. *Problemy lesnoy fitopatologii i mikologii*: mater. V Mezhdunar. konf. M.: Institut lesovedeniya RAN. 2002, pp. 35–37. (In Russ.)

Davidenko Ye.V. Osnovnyye prichiny massovogo usykhaniya yasenya v tsentral'nykh i vostochnykh oblastyakh ukrainy [The main reasons for the mass drying up of ash in the central and eastern regions of Ukraine]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii*, 2015, iss. 211, pp. 147–160. (In Russ.)

Zhigunov A.V., Semakova T.A., Shabunin D.A. Massovoye usykhanie lesov na severo-zapade Rossii [Mass drying up of forests in the north-west of Russia]. *Lesobiologicheskiye issledovaniya na severo-zapade tayezhnoy zony Rossii: itogi i perspektivy*. Petrozavodsk: Izd-vo Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN, 2007, pp. 42–52. (In Russ.)

Zvyagintsev V.B., Aliyev Kh.U., Seraya L.G., Baranchikov Yu.N. Sanitarnoye sostoyaniye posadok i yestestvennykh nasazhdeniy Fraxinus spp. na Sever-nom Kavkaze [Sanitary state of plantings and natural plantings of Fraxinus spp. in the North Caucasus].

Botanika v sovremennom mire: trudy XIV S"yezda Russkogo botanicheskogo obshchestva i konferentsii «Botanika v sovremen-nom mire» (g. Makhachkala, 18-23 iyunya 2018 g.). Makhachkala: ALEF, 2018, vol. 3, pp. 100–102. (In Russ.)

Zvyagintsev V.B., Baranov O.Yu., Panteleyev S.V. Rasprostranennost' nekroza vetvey yaseny, vyzvannogo invazivnym mikopatogenom *Hymenoscyphus fraxineus* Baral et al., v Podmoskov'ye i vdol' avtotrassy M1 [The prevalence of necrosis of ash branches caused by the invasive mycopathogen *Hymenoscyphus fraxineus* Baral et al. in the Moscow region and along the M1 highway]. *Problemy lesnoy fitopatologii i mikologii: mater. 9-y Mezhdunar. Konf.* / Red. V.G. Storozhenko, V.B. Zvyagintsev. Minsk: BGТУ, 2015, pp. 87–89. (In Russ.)

Zvyagintsev V.B., Baranchikov Yu.N., Seraya L.G., Storozhenko V.G., Chebotarova V.V., Chebotarov P.A., Yaruk A.V. Osobennosti plodonosheniya *Hymenoscyphus fraxineus* v lesakh Minskoy vozvyshehnosti i Srednerusskoy lesostepi [Features of fruiting *Hymenoscyphus fraxineus* in the forests of the Minsk Upland and the Central Russian forest-steppe]. *Biologiya, sistematika i ekologiya gribov i lishaynikov v prirodnnykh ekosistemakh i agrofitotsenozakh: mater. II Mezhdunar. konf.* Minsk–Kamenyuki, 2016, pp. 100–104. (In Russ.)

Zvyagintsev V.B., Sazonov A.A. Novaya ugroza yasenevym lesam [A new threat to ash forests]. *Lesnoye i okhotnich'ye khozyaystvo*, 2006, no. 1, pp. 12–16. (In Russ.)

Zvyagintsev V.B., Sazonov A.A., Yaruk A.V., Avdeychik Ye.S. Osobennosti razvitiya i monitoring khalarovogo nekroza v yasenevykh nasazhdeniyakh i lesnykh pitomnikakh [Peculiarities of development and monitoring of halar necrosis in ash plantations and forest nurseries]. *Monitoring i biologicheskiye metody kontrolya vrediteley i patogenov drevesnykh rasteniy: ot teorii k praktike: mater. Vseros. konf.* Krasnoyarsk: IL SO RAN, 2016, pp. 83–84. (In Russ.)

Zvyagintsev V.B., Sharando A.V., Filippovich V.N. Rol' khalarovogo nekroza v protsesse degradatsii yasennikov Belarusi [The role of halar necrosis in the degradation of ash forests in Belarus]. *Lesnoye i okhotnich'ye khozyaystvo*, 2014, no. 9, pp. 8–11. (In Russ.)

Kolganikhina G.B., Panteleyev S.V. Pervoye obnaruzheniye opasnogo fitopatogenogo griba *Hymenoscyphus fraxineus* v Tellermanovskom lesu (yuzhnaya lesostep' yevropeyskoy chasti Rossii) [The first discovery of a dangerous phytopathogenic fungus *Hymenoscyphus fraxineus* in the Tellerman Forest (southern forest-steppe of the European part of Russia)]. *Biologiya, sistematika i ekologiya gribov i lishaynikov v prirodnnykh ekosistemakh i agrofitotsenozakh: mater. II Mezhdar. nauch. konf.* Minsk. 2016, pp. 115–118. (In Russ.)

Musolin D.L., Bulgakov T.S., Selikhovkin A.V., Adamson K., Drenkhan R., Vasaytis R. *Dothistroma septosporum*, *D. pini* i *Hymenoscyphus fraxineus* (Ascomycota) – patogeny drevesnykh rasteniy, vyzvayushchiye ser'yeznyuyu ozabochennost' v Yevrope [*Dothistroma septosporum*, *D. pini* and *Hymenoscyphus fraxineus* (Ascomycota) are tree plant pathogens of great concern in Europe].

VIII Chteniya pamyati Katayeva. Vrediteli i bolezni drevesnykh rasteniy Rossii: mater. Mezhdunar. konf. (Sankt-Peterburg, 18–20 noyabrya 2014 g.). SPb.: SPbGLTU. 2014, pp. 54–55. (In Russ.)

Padutov V.Ye., Baranov O.Yu., Voropayev Ye.V. Metody molekulyarno-geneticheskogo analiza [Methods of molecular genetic analysis.]. Minsk.: Yunipol, 2007. 176 p. (In Russ.)

Stanivuković Z., Dragan K., Milenković I. Prvi nalaz parazitske gljive *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz, Hosoya na be-lom jasenu u Bosni i Khertsegovini [First finding of parasitic fungus *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz, Hosoya in forests of Bosnia and Herzegovina]. *Šumarstvo*, 2014, no. 3/4, pp. 19–34.

Shabunin D.A., Semakova T.A., Davidenko Ye.V., Vasaitis R.A. Usykhaniye yasena na territorii pamyatnika prirody «Dudergofskiye vysoty», vyzvannoye gribom *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, i morfologicheskiye osobennosti yego askospor [Drying of ash on the territory of the natural monument "Duderhof Heights", caused by the fungus *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, and the morphological features of its ascospores]. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaystva*, 2012, no. 1–2, pp. 70–79. (In Russ.)

Shchurov V.I., Zamotaylov A.S. Pervyye nakhodki yasenevoy izumrudnoy uzkoteloy zlatki *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera: Buprestidae) v Krasnodarskom kraye [The first finds of the ash emerald borer *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera: Buprestidae) in the Krasnodar Territory]. *Biologicheskoye raznoobrazie Kavkaza i yuga Rossii* : mater. XXIV Mezhdunar. nauch. konf. (g. Magas, 17–20 noyabrya 2022 g.). Magas, Makhachkala: Izd-vo ALEF, 2022, pp. 558–565. (In Russ.)

Yaruk A.V., Zvyagintsev V.B., Smuraga V.S., Shegunova M.A. Dinamika formirovaniya plodovyykh tel griba *Hymenoscyphus fraxineus* Baral et al. in vivo v usloviyakh Belarusi [he dynamics of the formation of fruiting bodies of the fungus *Hymenoscyphus fraxineus* Baral et al. in vivo in the conditions of Belarus]. *Lesnoye khozyaystvo: tez. 82-y nauch.-tekhn. konf. prof.-prep. sostava, nauch. sotrudnikov i aspirantov (s mezhdunarodnym uchastiyem)*, Minsk, 01–14 fevralya 2018 g [Elektronnyy resurs]. Minsk: BGТУ, 2018, pp. 116–117. URL: <https://www.belstu.by/Portals/0/userfiles/37/0001-Tezisi-LHF-2018.pdf> (In Russ.)

Adamčíková K., Kádasi Horáková M., Jankovský L., Havrdová L. Identification of *Hymenoscyphus fraxineus*, the causal agent of ash dieback in Slovakia. *Biologia*, 2015, vol. 70, pp. 559–564.

Avancée de la chalarose en France, situation début 2017 (Электронный документ). *Ministère de l'Agriculture*. 2017. URL : <http://agriculture.gouv.fr/avancee-de-la-chalarose-en-france-situation-debut-2017>). Проверено 23.07.2018.

Barić L., Županić M., Pernek M., Diminić D. Prvi nalazi patogene gljive *Chalara fraxinea* u Hrvatskoj–novog uzročnika odumiranja jasena (*Fraxinus* spp.). *Šumarski list*, 2012, vol. 136, no. 9–10, pp. 461–468.

Barklund P. Recent disease problems in Swedish forests. *Forest pathology research in the Nordic and Baltic countries 2005*: Proceedings from the SNS meeting in Forest Pathology at Skogbrukets Kursinstitut, Biri, Norway. 2005, pp. 28–31.

Cech T.L. Blattkrankheiten und vorzeitiger Laubfall – eine Folge des kühlfeuchten Sommers 2005. *Aktuelle Schäden an Bäumen im Stadtbereich*, 2005, vol. 34, p. 11.

Chalara fraxinea occurs in France (Электронный документ) // EPPO Reporting Service. 2010. URL: <https://gd.eppo.int/media/data/reporting/rs-2010-02-en.pdf>. Проверено 23.07.2018.

Chandelier A., Delhaye N., Helson M. First report of the ash dieback pathogen (anamorph *Chalara fraxinea*) on *Fraxinus excelsior* in Belgium. *Plant Disease*, 2011, vol. 95 (2), p. 220.

Cleary M.R., Arhipova N., Gaitnieks T., Stenlid J., Vasaitis R. Natural infection of *Fraxinus excelsior* seeds by *Chalara fraxinea*. *Forest Pathology*, 2011, vol. 43 (1), pp. 83–85.

Davydenko K., Vasaitis R., Stenlid J., Menkis A. Fungi in foliage and shoots of *Fraxinus excelsior* in eastern Ukraine: a first report on *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Forest Pathology*, 2013, vol. 43 (6), pp. 462–467. (In Russ.)

Davydenko K., Skrylnyk Y., Borysenko O., Menkis A., Vysotska N., Meshkova V., Olson Å., Elfstrand M., Vasaitis R.. Invasion of emerald ash borer *Agrilus planipennis* and ash dieback pathogen *Hymenoscyphus fraxineus* in Ukraine – A concerted action. *Forests*, 2022, vol. 13 (5), p. 789. URL: <https://doi.org/10.3390/f13050789> (In Russ.)

First report of *Chalara fraxinea* in Guernsey [Электронный документ] EPPO Reporting Service, 2012. URL: <https://gd.eppo.int/media/data/reporting/rs-2012-11-en.pdf>. Проверено 23.07.2018.

First report of *Chalara fraxinea* in the Netherlands (Электронный документ). EPPO Reporting Service, 2010. URL: <https://gd.eppo.int/reporting/article-608>. Проверено 23.07.2018.

Gardes M., Bruns T.D. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes – application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology*, 1993, vol. 2, no. 2, pp. 113–118.

Grosdidier M., Ioos R., Husson C., Cael O., Scordia T., Marçais B. Tracking the invasion: dispersal of *Hymenoscyphus fraxineus* airborne inoculum at different scales. *FEMS Microbiology Ecology*, 2018, vol. 94, iss. 5, 1. URL: <https://doi.org/10.1093/femsec/fiy049>

Gross A., Hosoya T., Queloz V. Population structure of the invasive forest pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Molecular Ecology*, 2014, vol. 23, pp. 2943–2960.

Halmschlager E., Kirisits T. First report of the ash dieback pathogen *Chalara fraxinea* on *Fraxinus excelsior* in Austria. *Plant Pathology*, 2008, vol. 57, no. 6, p. 1177.

Hauptman T., Piškur B., Groot M., Ogris N., Ferlan M., Jurc D. Temperature effect on *Chalara fraxinea*: heat treatment of saplings as a possible disease control method. *Forest Pathology*, 2013, vol. 43, no. 5, pp. 360–370.

Heydeck P., Bemmann M., Kontzog H.-G. Triebsterben an Gemeiner Esche (*Fraxinus excelsior*) im nordostdeutschen Tiefland. *Forst und Holz*, 2005, vol. 60, pp. 505–506.

Hymenoscyphus fraxineus found for the first time in Emilia-Romagna region (IT) (Электронный документ). *EPPO Reporting Service*, 2015. URL: <https://gd.eppo.int/reporting/article-5138>. Проверено 23.07.2018.

Ioos R., Kowalski T., Husson C., Holdenrieder O. Rapid in planta detection of *Chalara fraxinea* by a real-time PCR assay using a dual-labelled probe. *European Journal of Plant Pathology*, 2009, vol. 125, no. 2, pp. 329–335.

Jankovský L., Holdenrieder O. *Chalara fraxinea* – ash dieback in the Czech Republic. *Plant Protection Science*, 2009, vol. 45, no. 2, pp. 74–78.

Johansson S.B.K., Vasaitis R., Ihrmark K., Barklund P., Stenlid J. Detection of *Chalara fraxinea* from tissue of *Fraxinus excelsior* using species-specific ITS primers. *Forest Pathology*, 2010, vol. 40 (2), pp. 111–115.

Kádasi-Horáková M., Adamčíková K., Pastirčáková K., Longauerová V., Maľová M. Natural infection of *Fraxinus angustifolia* by *Hymenoscyphus fraxineus* in Slovakia. *Baltic Forestry*, 2017, vol. 23(1), pp. 52–55.

Keča N., Kirisits T., Menkis A. First Report of the Invasive Ash Dieback Pathogen *Hymenoscyphus fraxineus* on *Fraxinus excelsior* and *F. angustifolia* in Serbia. *Baltic Forestry*, 2017, vol. 23, no. 1, pp. 56–59.

Kirisits T., Matlakova M., Mottinger-Kroupa S., Cech T.L., Halmschlager E. The current situation of ash dieback caused by *Chalara fraxinea* in Austria. *SDÜ Faculty Forestry Journal, Serial A special issue*, 2009, pp. 97–119.

Kowalski T. *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. *Forest Pathology*, 2006, vol. 36, no. 4, pp. 264–270.

Laiviņš M., Priede A., Puđpure I. Spread of *Hymenoscyphus fraxineus* in Latvia: Analysis based on Dynamics of Young Ash Stands. *Proceedings of the Latvian academy of sciences. Section B*, 2016, vol. 70, no. 3(702), pp. 124–130.

Luchi N., Ghelardini L., Santini A., Migliorini D., Capretti P. First record of ash dieback caused by *Hymenoscyphus fraxineus* on *Fraxinus excelsior* in the Apennines (Tuscany, Italy). *Plant Disease*, 2016, vol. 100(2), p. 535.

McCracken A.R., Douglas G.C., Ryan C., Destefanis, M., Cooke L.R. Ash dieback on island of Ireland. Dieback of European Ash (*Fraxinus* spp.): Consequences and Guidelines for Sustainable Management, The Report on European Cooperation in Science & Technology (COST) Action FP1 103 FRAXBACK. V.R. and E.R. Swedish University of Agricultural Sciences: 2017, pp. 125–139.

McKinney L.V., Nielsen L.R., Collinge D.B., Thomsen I.M., Hansen J.K., Kjær E.D. The ash dieback crisis: genetic variation in resistance can prove a long-term solution. *Plant Pathology*, 2014, vol. 63, pp. 485–499.

Meier F., Engesser R., Forster B., Odermatt O., Angst A. Protection des forêts – Vue d'ensemble 2007 (Электронный документ). *Birmensdorf: Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL*, 2008. URL: <http://www.wsl.ch/>

forschung/forschungunits/walddynamik/waldschutz/wsinfo/fsueb/fsub07f.pdf. Проверено 15.05.2018.

Milenković I., Jung T., Stanivuković Z., Karadžić D. First report of *Hymenoscyphus fraxineus* on *Fraxinus excelsior* in Montenegro. *Forest Pathology*, 2017, vol. 47, no. 5, p. e12359.

Musolin D.L., Selikhovkin A.V., Shabunin D.A., Zviagintsev V.B., Baranchikov Y.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 (1), pp. 316–333. (In Russ.)

New data on quarantine pests and pests of the EPPO Alert List (Электронный документ). *EPPO Reporting Service*, 2014. URL: <https://gd.eppo.int/reporting/article-2836>. Проверено 15.05.2018.

Nielsen L.R., McKinney L.V., Hietala A.M., Kjaer E.D. The susceptibility of Asian, European and North American *Fraxinus* species to the ash dieback pathogen *Hymenoscyphus fraxineus* reflects their phylogenetic history. *Eur. J. Forest Res.*, 2017, vol. 136, pp. 59–73. URL <https://doi.org/10.1007/s10342-016-1009-0>

Ogris N., Hauptman T., Jurc D. *Chalara fraxinea* causing common ash dieback newly reported in Slovenia. *Plant Pathology*, 2009, vol. 58(6), p. 1173.

Ogris N., Hauptman T., Jurc D., Floreancig V., Marsich F., Montecchio L. First report of *Chalara fraxinea* on common ash in Italy. *Plant Disease*, 2010, 94, p. 133.

Orlova-Bienkowskaja M.J., Bienkowski A.O. Southern range expansion of the emerald ash borer, *Agrilus planipennis*, in Russia threatens ash and olive trees in the Middle East and Southern Europe. *Forests*, 2022, no. 13. 541 p. URL: <https://doi.org/10.3390/f13040541>

Ploompuu T. Huvasti, Eesti saarikud! *Eesti Loodus*, 2007, vol. 58 (8), pp. 14–15.

Rytkönen A., Lilja A., Drenkhan R., Gaitnieks T., Hantula J. First record of *Chalara fraxinea* in Finland and genetic variation among isolates sampled from Åland, mainland Finland, Estonia and Latvia. *Forest Pathology*, 2011, no. 41(3), pp. 169–174.

Santini A., Ghelardini L., De Pace C. et al. Biogeographical patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe. *New Phytologist*, 2013, vol. 197, pp. 238–250.

Schumacher J., Wulf A., Leonhard S. Erster Nachweis von *Chalara fraxinea* T. Kowalski sp. nov. Deutschland – ein Verursacher neuartiger Schäden an Eschen. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig)*, 2007, vol. 59(6), pp. 121–123.

Skovsgaard J.P., Thomsen I.M., Skovgaard I.M., Martinussen T. Associations among symptoms of dieback in even-aged stands of ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Forest Pathology*, 2010, vol. 40, no. 1, pp. 7–18.

Solheim H. Dramatisk økning av askeskuddsjuke. *Park & Anlegg*, 2009, vol. 8 (6), pp. 49–50.

Solheim H., Hietala A. M. Spread of Ash Dieback in Norway. *Baltic Forestry*, 2017, vol. 23, pp. 144–149.

Stroheker S., Queloz V., Nemesio-Gorritz M. First report of *Hymenoscyphus fraxineus* causing ash dieback in Spain. *New Disease Reports*. 2021 Oct; 44 (2): e12054.

Szabó I. A magas kôris *Chalara fraxinea* okozta hajtáses vesszôpusztulásának megjelenése magyarországon. *Növényvédelem*, 2008, vol. 44(9), pp. 444–446.

Talgø V., Sletten A., Brurberg M.B., Solheim H., Stensvand A. *Chalara fraxinea* isolated from diseased ash in Norway. *Plant Disease*, 2009, vol. 93(5). 548 p. URL: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-93-5-0548A>.

Timmermann V., Borja I., Hietala A.M., Kirisits T., Soldheim S. Ash dieback: pathogen spread and diurnal patterns of ascospore dispersal, with special emphasis on Norway. *Bulletin OEPP*. 2011, vol. 41(1), pp. 14–20.

Tomiczek C.H., Cech T.L., Krehan H.A., Perny B.E., Steyrer G.O. Überblick über die Forstschutzsituation 2004 in Österreich. *Forstschutz Aktuell*, 2005, vol. 33, pp. 3–8.

Webber J., Hendry S. Rapid assessment of the need for a detailed pest risk analysis for *Chalara fraxinea*. *Forest Research*, UK. 2012. 15 p.

White T.J., Bruns T.D., Lee S.B., Taylor J.W. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR protocols: a guide to methods and applications*, 1990, pp. 315–322.

Zviagintsev V.B., Baranov O.Yu., Melnik L.F. Pathogenic fungal diseases of branches of the ash in the drying out plantations in Belarus. *Fungi and lichens in the Baltics and Beyond: XVIII Symposium of the Baltic Mycologists and Lichenologists Lithuania, Dubingiai, September 19–23, 2011*, p. 21.

Материал поступил в редакцию 05.03.2023

Звягинцев В.Б., Демидко Д.А., Пантелеев С.В., Пашенова Н.В., Серая Л.Г., Ярук А.В., Баранчиков Ю.Н. Распространение инвазивного возбудителя некроза ветвей ясеня аскомицета *Hymenoscyphus fraxineus* в европейской части России // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2023. Вып. 244. С. 88–117. DOI: 10.21266/2079-4304.2023.244.88-117

В результате трехлетних маршрутных обследований инфекционный некроз ветвей ясеня, вызываемый инвазивным аскомицетом *Hymenoscyphus fraxineus* (Т. Kowalski) Baral, Queloz, et Hosoya, был впервые обнаружен на территории 31 субъекта Российской Федерации в европейской части страны. На этой территории расположена приблизительно пятая часть европейского ареала ясеня обыкновенного. Инфекционный некроз ветвей оказался распространенной патологией ясеня в насаждениях всех обследованных регионов России. Генетический материал патогена обнаружен в 163 из 178 проанализированных образцах с симптомами заболевания. Общая встречаемость заболевания составила 96,7%. Ясеновые насаждения Центрального и Южного федеральных округов характеризуются в среднем меньшей степенью поражения растений (19,7 и 13,6% соответственно), по сравнению с Северо-Кавказским и Приволжским округами, где развитие болезни достигло уровня 27,9 и 29,0%, соответственно. Различия в пораженности двух наиболее распространенных в обследованных регионах видов

ясеня *F. excelsior* и *F. pennsylvanica* статистически недостоверны, средняя степень их поражения составляет соответственно 17,6 и 21,2%. Отсутствие до настоящего времени информации об этой важной патологии ясеня частично объясняется маскировкой ее симптомов повреждениями деревьев ясеновой узкотелой златкой *Agrilus planipennis* Fairmaire, распространенной на территории 20 субъектов европейской части Российской Федерации, а также поврежденности насаждений абиотическими факторами. Подчеркивается необходимость внесения патогена в список ограниченно распространенных карантинных организмов на территории Евразийского экономического союза. Основные усилия должны быть направлены на выявление устойчивых к патогену генотипов и популяций ясеня обыкновенного для получения резистентных форм растения, создания генетических резерватов и лесосеменных плантаций.

Ключевые слова: инфекционный некроз ветвей ясеня, *Hymenoscyphus fraxineus*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Fraxinus excelsior*, *Agrilus planipennis*, европейская часть Российской Федерации.

Zviagintsev V.B., Demidko D.A., Pantelev S.V., Pashenova N.V., Seraya L.G., Yaruk A.V., Baranchikov Yu.N. Distribution of invasive pathogen of ash dieback disease *Hymenoscyphus fraxineus* in European part of Russia. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2023, iss. 244, pp. 88–117 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2023.244.88-117

As a result of the three-years long fixed-rout survey ash back disease caused by invasive ascomycete *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz, et Hosoya was detected on the territory of 31 subjects of the Russian Federation for the first time. This territory is one fifth part of European range of *Fraxinus excelsior*. Ash dieback appeared to be widespread pathology of ash at all examined regions of Russia. Genetic material of this pathogen was found in 163 from 178 analyzed samples with disease symptoms. Overall occurrence of the disease was 96,7%. Ash forests of Central and Southern Federal Districts were characterized by relatively low level of ash trees infestation (19,7 and 13,6% accordingly) in comparison with Northern Caucasus and Volga Districts where tree infestation has reached 27,9 and 29,0% accordingly. Levels of tree infestation of the most common ash species *F. excelsior* and *F. pennsylvanica* are not significantly different: 17,8 and 21,2% accordingly. The lack of information about this prominent pathology of ash can be partially explained by masking of its symptoms by damage of ash trees caused by emerald ash borer *Agrilus planipennis* Fairmaire, distributed on the territory of 20 European subjects of Federation and also by often ground fires. There is an urgent need of including this pathogen into the list of partially distributed quarantine organisms on the territory of the Eurasian economic unit. The main efforts should be concentrated on discovery of pathogen resistant genotypes and populations of ash for producing resistant plant forms, creation of genetic reservation zones and seed orchards.

Keywords: ash dieback, *Hymenoscyphus fraxineus*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Fraxinus excelsior*, *Agrilus planipennis*, European part of the Russian Federation.

ЗВЯГИНЦЕВ Вячеслав Борисович – доцент Белорусского государственного технологического университета, кандидат биологических наук. SPIN-код: 4326-2160. Scopus Author ID: 57195348477. ResearcherID WOS: AAA-5118-2021.

220006, ул. Свердлова, д. 13а, Минск, Беларусь. E-mail: mycolog@tut.by

ZVIAGINTSEV Viacheslav B. – PhD (Biological), Associate Professor, Belarusian State Technological University. SPIN-code: 4326-2160. Scopus Author ID: 57195348477. ResearcherID WOS: AAA-5118-2021

220006. Sverdlova str. 13a. Minsk. Belarus. E-mail: mycolog@tut.by

ДЕМИДКО Денис Александрович – научный сотрудник Института леса имени В.Н. Сукачева СО РАН, Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН», кандидат биологических наук. SPIN-код: 1579-0843. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6538-9828>. Scopus Author ID: 14622168900. ResearcherID WOS: ABA-6936-2021.

660036, Академгородок, д. 50, г. Красноярск, Россия.

DEMIDKO Denis A. – PhD (Biological), Researcher, Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS». SPIN-code: 1579-0843. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6538-9828>. Scopus Author ID: 14622168900. ResearcherID WOS: ABA-6936-2021.

660036. Akademgorodok. 50. Krasnoyarsck. Russia.

ПАНТЕЛЕЕВ Станислав Викторович – научный сотрудник ГНУ «Институт леса НАН Беларуси», кандидат биологических наук. SPIN-код: 5988-9241. Scopus Author ID: 57197077030. ResearcherID WOS: AAM-3911-2020

246050, ул. Пролетарская, д. 71, г. Гомель, Беларусь. E-mail: stasikdesu@mail.ru

PANTELEEV Stanislav V. – PhD (Biological), Researcher, Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus. SPIN-code: 5988-9241. Scopus Author ID: 57197077030. ResearcherID WOS: AAM-3911-2020

246050. Proletarskaya str. 71. Gomel. Belarus. E-mail: stasikdesu@mail.ru

ПАШЕНОВА Наталья Вениаминовна – доцент Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН», кандидат биологических наук. SPIN-код: 7240-2807. Author ID: 94370. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-8189-8919>. Scopus Author ID: 6507982683. WoS Researcher ID: AAC-2633-2020.

660036, Академгородок, д. 50, г. Красноярск, Россия.

PASHENOVA Nataliya Veniaminovna – PhD (Biological), Associate Professor, Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS». SPIN-code: 7240-2807. Author ID: 94370. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-8189-8919>. Scopus Author ID: 6507982683. WoS Researcher ID: AAC-2633-2020.

660036. Akademgorodok. 50. Krasnoyarsck. Russia.

СЕРАЯ Лидия Георгиевна – заведующая отделом ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии», кандидат биологических наук. SPIN-код: 4318-3493, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4029-0359>, Author ID: 111076, Scopus Author ID 57209460291.

143050, ул. Институт, вл. 5, р.п. Большие Вяземы, Одинцовский р-н, Московская обл., Россия. E-mail: lgseraya@gmail.com

SERAYA Lidiya G. – PhD (Biological), Department Head, All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology. SPIN-код: 4318-3493, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4029-0359>, Author ID: 111076, Scopus Author ID 57209460291.

143050. Institute str. 5. Bolshye Vyazemy. Odintsovo distr. Moscow reg. Russia. E-mail: lgseraya@gmail.com

ЯРУК Анна Владимировна – младший научный сотрудник, Белорусского государственного технологического университета. SPIN-код: 2193-9903

220006, ул. Свердлова, д. 13а, г. Минск, Беларусь. E-mail: smile_04@mail.ru

YARUK Anna V. – Junior researcher, Belarusian State Technological University. SPIN-code: 2193-9903.

220006. Sverdlova str. 13a. Minsk. Belarus. E-mail: smile_04@mail.ru

БАРАНЧИКОВ Юрий Николаевич – заведующий лабораторией лесной зоологии Института леса имени В.Н. Сукачева СО РАН, Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН», кандидат биологических наук. SPIN-код: 4317-7018. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2472-7242>. Scopus Author ID: 6505865279. ResearcherID WOS: K-1112-2018.

660036, Академгородок, д. 50, г. Красноярск, Россия.

BARANCHIKOV Yuri N. – PhD (Biological), Head of the Laboratory of Forest Zoology, Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS». SPIN-code: 4317-7018. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2472-7242>. Scopus Author ID: 6505865279. ResearcherID WOS: K-1112-2018

660036. Akademgorodok. 50. Krasnoyarsck. Russia.