

УДК 582. 282 (476)

Д. Б. БЕЛОМЕСЯЦЕВА¹, В. Б. ЗВЯГИНЦЕВ², Т. Г. ШАБАШОВА¹, А. Г. ПИНЧУК²

ИНВАЗИВНЫЕ И КАРАНТИННЫЕ ДЕНДРОПАТОГЕНЫ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

¹Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь, e-mail: tiniti@inbox.ru

²Белорусский государственный технологический университет,
Минск, Беларусь, e-mail: zviagintsev@belstu.by

Аннотация. В результате проведённых исследований было выявлено 73 вида инвазивных микромицетов. Установлено, что на территории подзоны широколиственно-сосновых лесов Беларуси в разной степени распространено 6 видов дендропатогенов, включенных в региональные списки карантинных объектов: *Chalara fraxinea* T. Kowalski (син. *Hymenoscyphus fraxineus*), *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet, бактерия *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al., *Gymnosporangium sabiniae* (Dicks.) G. Winter, *Mycosphaerella dearnessii* M. E. Bar, *Phytophthora alni* Brasier & S. A. Kirk.

Ключевые слова: инвазивные виды, карантинный перечень, дендропатогены, микромицеты.

D. B. BELOMESYATSEVA¹, V. B. ZVYAGINTSEV², T. G. SHABASHOVA¹, A. G. PINCHUK²

INVASIVE AND QUARANTINE DENDROPATOGENES ON THE TERRITORY OF THE BELARUSIAN POLESIE

¹V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: tiniti@inbox.ru

²Belarusian State Technological University,
Minsk, Belarus, e-mail: zviagintsev@belstu.by

Annotation. As a result of the research, 73 species of invasive micromycetes were identified, and it was also found that 6 species of dendropatogens included in the regional lists of quarantine objects are distributed to varying degrees on the territory of the broadleaf-pine forest subzone of Belarus: *Chalara fraxinea* T. Kowalski (syn. *Hymenoscyphus fraxineus*), *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet, bacterium *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al., *Gymnosporangium sabiniae* (Dicks.) G. Winter, *Mycosphaerella dearnessii* M. E. Bar, *Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk.

Keywords: invasive species, quarantine list, dendropathogens, micromycetes.

ВВЕДЕНИЕ

Современные экологические вызовы делают актуальной научной и практической задачей ревизию необиоты и углубленное изучение ее роли в популяциях фитопатогенных организмов, а также оценку экологической опасности распространения видов за пределами естественных ареалов, которая основывается на изучении закономерностей их развития. Патогенные инвайдеры всегда представляют особую опасность, т.к. болезни растений, вызываемые ими, как правило, трудно предсказуемы и не редко принимают форму эпифитотий. Поэтому в настоящее время именно инвазивные болезни служат главным предметом внимания фитопатологов.

Лесное хозяйство Беларуси все чаще сталкивается с новыми вредоносными патологиями

древесных растений, вызываемыми видами, ранее не встречающимися в республике (суховершинность ясеня, дотистромоз сосны, ржавчина и фитопфтороз ольхи и др.). Наметилась тенденция усиления вредоносности некоторых видов возбудителей болезней, ранее встречавшихся единично и не причинявших хозяйственно ощутимого вреда [1–3].

Сложившаяся ситуация требует постоянного мониторинга и углубленного изучения инвазивных видов дендропатогенных организмов и путей их проникновения в биогеоценозы. Динамика появления новых для лесов республики болезней и изменений в развитии популяций вредоносных организмов вызывает необходимость постоянного научного сопровождения хозяй-

ственной деятельности с целью разработки и внедрения эффективных методов и средств защиты древесных насаждений в лесных и парковых посадках.

Целью данной работы является выявление видового состава и закономерностей развития популяций чужеродных фитопатогенных организмов в условиях неорареалов на территории Белорусского Полесья как одной из зон наиболее под-

верженных миграции видов, вызванных подъемом среднегодовых температур.

В результате проведенных исследований составлен предварительный список инвазивных фитопатогенов, выявленных в юго-западной части Беларуси и в том числе входящих в перечни карантинных объектов Евразийского экономического союза, Европейского союза и территориально близких к Беларуси стран.

МАТЕРИАЛЫ (ОБЪЕКТЫ) И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являются микромицеты, развивающиеся на древесных породах в Брестской области Беларуси. Сбор гербарных образцов проводился в 2019–2022 гг. в Бугско-Полесском и Неманско-Предполесском геоботанических округах, в т.ч. на территории национального парка «Беловежская пуща» (в Каменецком и Пружанском районах), на территории Республиканского ландшафтного заказника «Прибужское Полесье» (в Малоритском районе), материал собирался в дендропарках, лесных и парковых насаждениях Брестского, Березовского, Барановичского, Пинского и Столинского районов Брестской области, а также Петриковского и Светлогорского районов Гомельской области. В качестве субстрата выступали древесные и кустарниковые породы, относящиеся к 38 родам, наиболее часто культивируемым на данной территории. Микофлористические

обследования проводились выборочными методами. Материал гербаризировался по стандартным методикам [4].

Диагностика проводилась по анатомо-морфологическим и культуральным признакам методом световой микроскопии. Дополнительное молекулярно-генетическое исследование гербарного материала осуществлялось на базе Лаборатории нехромосомной наследственности Института генетики и цитологии НАН Беларуси, а также в Белорусском государственном технологическом университете (БГТУ) по ПЦР-методу в соответствии с рекомендациями В. Е. Падутова, О. Ю. Баранова и Е. В. Воропаева [5]. Собранные образцы грибов находятся на хранении в микологическом гербарии MSK-F Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси и в коллекции кафедры лесозащиты и древесиноведения БГТУ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате мониторинга распространения инвазивных видов фитопатогенов было выявлено, что каждый год на территории республики учеными фиксируется в среднем один новый дендропатогенный организм. Причем отмечен тренд увеличения частоты их выявления на рубеже 20 и 21 вв. (рис. 1).

Проникновение патогенов на фоне снижения устойчивости лесных сообществ развивается в массовые патологии леса. Масштабы потери биологической устойчивости древостоев в лесах Беларуси можно оценить по площади погибших насаждений (рис. 2).

Можно констатировать, что в последние десятилетия развиваются самые массовые усыхания лесных древостоев за всю историю лесоводственных наблюдений на территории Беларуси. При этом гибель лесов стала перманентным явлением, в котором сочетания различных неблагоприятных стресс-факторов меняют только объёмы усыхания лесов той либо иной формации.

С целью привлечения к мониторингу карантинных объектов Полесского региона работников лесохозяйственных учреждений, студентов-практикантов, специалистов ГУ «Беллесозащита» и инженеров лесопатологической партии РУП «Белгослес» авторами работы был составлен Полевой атлас карантинных видов возбудителей болезней и вредителей, опасных для лесного хозяйства Беларуси. Данное пособие позволяет проводить предварительную идентификацию инвазивных дендропатогенов на основе важнейших симптомов и признаков вызываемых ими болезней.

На настоящий момент ревизия видового состава микобиоты древесных пород позволила установить, что на территории лесного фонда в Беларуси на аборигенных хвойных породах развивается 12 инвазивных видов фитопатогенных организмов, на лиственных породах – 13 видов, а на декоративных растениях-интродуцентах – 54 вида.

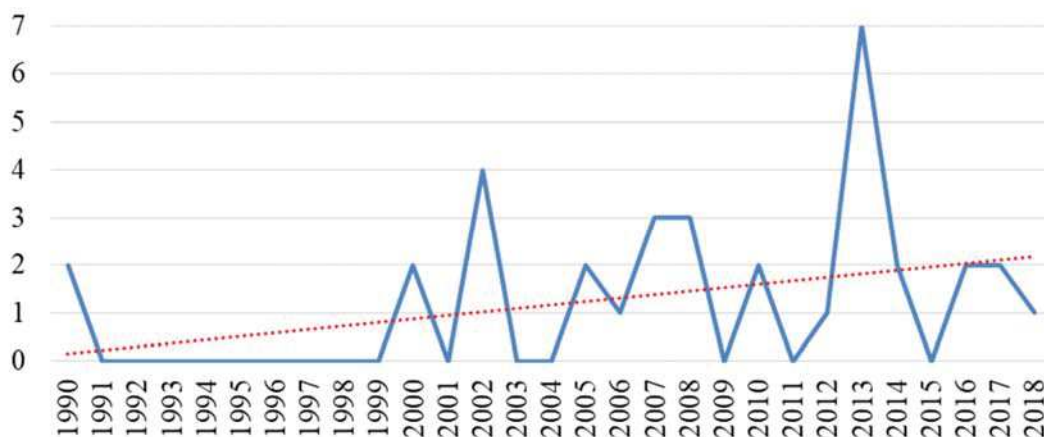


Рис. 1. Динамика количества инвазивных видов по годам проникновения на территорию Беларуси за 1990–2018 гг. [6]

Fig. 1. Dynamics of the number of invasive species by years of penetration into the territory of Belarus for 1990–2018

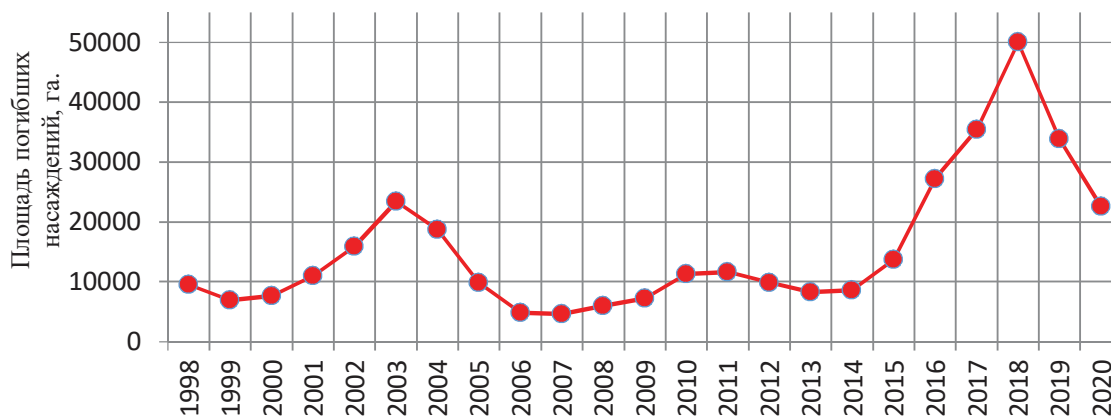


Рис. 2. Динамика площади погибших лесных насаждений в Республике Беларусь за 1998–2020 гг. [6]

Fig. 2. Dynamics of the area of dead forest plantations in the Republic of Belarus for 1998–2020 [6]

Наибольшая частота встречаемости на хвойных породах отмечена у следующих видов фитопатогенных организмов с подтвержденным или обсуждаемым инвазивным статусом:

Cyclaneusma minus (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter, Eur. J. For. Path. 13(4): 208 (1983);

Dothistroma septosporum (Dorog.) M. Morelet, Bull. Soc. Sci. nat. Arch. Toulon et du Var 177: 9 (1968);

Gymnosporangium sabiniae (Dicks.) G. Winter, Pilze Deutschl. 1: 232 (1884);

Gymnosporangium tremelloides R. Hartig, Lehrb. Baumkrankh.: 55 (1882);

Lophodermium conigenum (Brunaud) Hiltzer, Věd. Spisy čsl. Akad. zeměd. 3: 76 (1929);

Ophiostoma polonicum Siemaszko, Planta Pol. 7(3): 33 (1939);

Passalora juniperina (Georgescu & Badea) H. Solheim, Agarica 33: 78 (2013);

Pestalotiopsis funerea (Desm.) Steyaert, Bull. Jard. bot. État Brux. 19(3): 340 (1949);

Rhizosphaera kalkhoffii Bubák, Ber. dt. bot. Ges. 32: 190 (1914);

Sphaeropsis sapinea (Fr. ex. Fr.) Dyko et Sutto (инвазивный статус уточняется);

Stigmina deflectens (P. Karst.) M. B. Ellis, Mycol. Pap. 72: 63 (1959);

Coleosporium complex (видовой и инвазивный статус уточняется);

Phoma complex (видовой и инвазивный статус уточняется).

На лиственных породах встречаются следующие виды инвазивных дендропатогенных организмов:

Hymenoscyphus fraxineus (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya, IMA Fungus 5(1): 79 (2014) (анаморфная стадия *Chalara fraxinea* T. Kowalski, For. Path. 36(4):

264 (2006);

Erysiphe alphitoides (Griffon & Maubl.) U. Braun & S. Takam., *Schlechtendalia* 4: 5 (2000);
Erysiphe flexuosa (Peck) U. Braun & S. Takam., *Schlechtendalia* 4: 19 (2000);
Cytospora chrysosperma (Pers.) Fr., *Sylv. mycol. berol.* (Berlin): 28 (1818);
Gymnosporangium sabiniae (Dicks.) G. Winter, *Pilze Deutschl.* 1: 232 (1884);
Melampsorium betulinum (Pers.) Kleb., *Z. PflKrankh. PflPath. PflSchutz* 9: 21 (1899);
Melampsorium hiratsukanum S. Ito ex Hirats. f., *J. Fac. agric., Hokkaido Imp. Univ., Sapporo* 21: 10 (1927);
Neofabraea alba (E.J. Guthrie) Verkley, *Stud. Mycol.* 44: 125 (1999);
Ophiostoma ulmi (Buisman) Nannf., in Melin & Nannfeldt, *Svensk Skogsvårdsförening Tidskr.* 3–4: 408 (1934);
Pestalotiopsis funerea (Desm.) Steyaert, *Bull. Jard. bot. État Brux.* 19(3): 340 (1949);
Phyllosticta paviae Desm., *Annl. Sci. Nat., Bot., sér.* 3 8: 32 (1847);
Phytophthora alni Brasier & S.A. Kirk, in Brasier, Kirk, Delcan, Cooke, Jung & Man in't Veld, *Mycol. Res.* 108(10): 1174 (2004);

Также зафиксировано развитие бактерии *Erwinia amylovora* (Burrill 1882) Winslow et al.

Недавно появившийся в стране вид *Melampsorium hiratsukanum* S. Ito ex Hirats. f., *J. Fac. agric., Hokkaido Imp. Univ., Sapporo* 21: 10 (1927) впервые выявлен на двух видах ольхи – *Alnus glutinosa* и *A. incana* [7]. Патоген обнаружен в северной и южной геоботанических подзонах страны на территории Витебской, Минской и Брестской областей, что подтверждается методом молекулярно-генетического анализа.

Ревизия видового состава микобиоты в дендропарках и дендрариях Министерства лесного хозяйства Беларуси, проведенная совместно с ГУ «Беллесозащита» показала, что имеются очаги развития более 50 инвазивных фитопатогенных организмов. Далее приводится перечень выявленных видов:

Ascochyta syringae Bres.;
Ascochyta tenerrima Sacc. & Roum.;
Capnophialophora pinophila (Nees) Borowska;
Ceratocystis ulmi (Buisman) Moreau (*Ophiostoma ulmi*);
Cercospora ligustrina Boerema;
Coleosporium complex;
Colletotrichum exiguum Penz. et Sacc.;
Coniothyrium australe Sacc.;
Diaporthe oncostoma (Duby);
Diplodia taxi (Sowerby) De Not.;
Dothidella juniperi (Desm.) Höhn. (*Phoma juniperi*);
Dothistroma septosporum (Dorog.) M. Morelet;

Erysiphe alphitoides (Griffon & Maubl.) U. Braun & S. Takam.;
Erysiphe flexuosa (Peck) U. Braun & S. Takam.;
Erysiphe palczewskii (Jacq.) U. Braun & S. Takam.;
Erysiphe syringae Schwein.;
Guignardia aesculi (Peck) V. B. Stewart (*Phyllosticta paviae*);
Gymnosporangium sabiniae (Dicks.) G. Winter;
Gymnosporangium tremelloides R. Hartig;
Hymenoscyphus fraxineus (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya;
Lachnellula willkommii (R. Hartig) Dennis;
Lirula nervisequa (DC.) Darker;
Melampsorium hiratsukanum S. Ito ex Hirats.;
Metadiplodia thujae (Westend.) Zambett.;
Microsphaera jaczewskii U. Braun;
Mycosphaerella patouillardii (Sacc.) Maire & Werner;
Neofusicoccum ribis (Slippers, Crous & M.J. Wingf.) Crous, Slippers & A.J.L. Phillips (*Septomyxa aesculi*);
Ophiognomonina leptostyla (Fr.) Sogonov (*Marssonina juglandis*);
Ophiostoma complex;
Passalora juniperina (Georgescu & Badea) H. Solheim (*Asperisporium juniperinum*);
Pestalotiopsis funerea (Desm.) Steyaert;
Phomopsis velata (Sacc.) Traverso;
Phyllosticta spiraeina Brun.;
Plagiostoma aesculi (Fuckel) Sogonov (*Cryptodiaporthe aesculi*);
Podosphaera minor Home.;
Pratylenchus penetrans (Cobb) Filip. Et Sch. Stekh.;
Pseudoidium hortensiae (Jørst.) U. Braun & R.T.A. Cook;
Pseudomonas sp.;
Pseudonectria buxi (DC.) Seifert, Gräfenhan & Schroers (*Volutella buxi*);
Ramularia spiraeae Peck;
Rhabdocline laricis (Vuill.) J.K. Stone (*Meria laricis*);
Septoria aesculina Thüm.;
Septoria astragali f. *robiniae* Nagorny;
Septoria cydoniae Fuckel;
Septoria guevillensis Sacc.;
Septoria hippocastani Berk. et Broome;
Septoria ligustri (Roberge ex Desm.) J. Kickx f.;
Sphaeloma symphoricarpi Barrus & Horsfall;
Sphaeropsis sapinea (Fr.) Dyko & B. Sutton.;
Sydowia polyspora (Bref. & Tavel) E. Müll. (*Sclerophoma pityophila*);
Trichocladia coluteae f. *caraganae* Jacz.;
Uromyces caraganae (Thüm.) Magnus;
Valsa cypri (Tul.) Tul. & C. Tul.

Наиболее часто встречающимся на нашей территории инвазивным видом оказался *Hymenoscyphus fraxineus*, поражающий ясеня обыкновенный (*Fraxinus excelsior*). Впервые его анаморфа *Ch. fraxinea* была выделена из пораженных деревьев ясеня в Польше в 2006 г. В Республике Беларусь данный вид был впервые выявлен в ясеневых насаждениях в 2010 г. [8].

На примере *H. fraxineus* можно рассмотреть пути распространения инвазивных видов на территорию Беларуси. Наиболее обоснованной является теория, показывающая занос агрессивной формы возбудителя с посадочным материалом ясеня маньчжурского из Японии в Польшу. Дальнейшее распространение заболевания в Европе шло с территории Польши, где оно также было зафиксировано в 2006 г. К началу 2013 г. ареал охватил практически всю Европу: Австрия, Бельгия, Чехия (широко распространен), Дания, Эстония, Финляндия (ограниченно распространен), Франция (ограниченно распространен), Германия (широко распространен), Венгрия (ограниченно распространен), Италия (ограниченно распространен), Латвия, Литва, Нидерланды (ограниченно распространен), Норвегия (ограниченно распространен), Польша, Словения (ограниченно распространен), Швеция, Швейцария, Великобритания (широко распространен). Документально подтверждается, по крайней мере, один из случаев распространения халарового некроза с посадочным материалом – в 2012 г. из питомника Нидерландов заболевание было перенесено в Великобританию и Ирландию. В Англии развитие болезни приняло размер эпифитотии и поставило под угрозу само существование ясенников [2, 8].

В Беларуси патоген вызывает поражение тонких ветвей и побегов ясеня обыкновенного, вызывая суховершинность и приводя к хроническому ослаблению взрослых деревьев. На молодых растениях болезнь часто носит острый характер, являясь причиной их гибели или развития кустистой формы. В лесных питомниках республики зарегистрирована различная вредоносность суховершинности ясеня: от слабой в южной и центральной областях до сильной (распространенность 100%, степень развития свыше 75%) в западной области страны.

По официальным данным в Республике Беларусь суховершинность ясеня преподносится как второстепенный фактор усыхания ясеневых лесов, а наличие в стране карантинного возбудителя не признается специальными службами несмотря на все усилия ученых. Соответственно, лесфондодержатели не проводят мер по локализации и ликвидации очагов инвазивного патогена, которые должны реализовываться в соот-

ветствии с Законом Республики Беларусь «О карантине и защите растений».

В результате проведенных исследований установлено, что большинство инвайдеров, наиболее вероятно, проникло на территорию республики расширяя свой вторичный ареал из центров непреднамеренной интродукции в странах Европы.

Наибольшее распространение имеют виды: *Erysiphe alphitoides*, распространенный в дубравах уже с начала XX в.; *H. fraxineus*, занесенный к нам с территории Польши в начале 2000-х гг.; *Gymnosporangium sabiniae*, эпифитотия которого началась примерно с 2017 г. и продолжается в настоящее время, что связано с широким внедрением посадок можжевельника казацкого.

Было выявлено, что на территории подзоны широколиственно-сосновых лесов Беларуси в разной степени распространено 6 видов дендропатогенов, включенных в региональные списки карантинных объектов. *Chalara fraxinea* T. Kowalski (син. *H. fraxineus*) повсеместно встречающийся на территории Полесья, является карантинным видом, внесенным в списки как отсутствующий на территории ЕАЭС, включая Беларусь, а также Армении и Казахстана.

Инвазивный вид *Dothistroma septosporum* внесен в карантинный список Украины как ограниченно распространенный вид. На территории Беларуси выявлен в виде единичных находок и, по видимому, находится на этапе акклиматизации.

Бактерия *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al. внесена в карантинный список Армении как ограниченно распространенный вид, но на территории нашей страны встречается в плодовых и декоративных садах, вызывая ожог семечковых культур.

Инвазия возбудителя ржавчины листьев груши из рода *Gymnosporangium* повсеместно выявляется на территории Беларуси и ставит под угрозу культивирование этой экономически важной сельскохозяйственной культуры.

Mycosphaerella dearnessii M.E. Wag внесена в карантинные списки ЕАЭС, включая Беларусь, Армении, Казахстана, России и Украины как отсутствующий вид, однако единичные находки подтверждают проникновение этого инвайдера на территорию Беларуси.

Phytophthora alni Brasier & S.A. Kirk внесена в карантинные списки ЕАЭС, включая Беларусь, Армении и Казахстана как отсутствующий вид. На территории Белорусского Полесья выявлена единичная находка вида, которая подтверждает его инвазию.

Большинство из выявленных карантинных видов отмечены в единичных локалитетах, что говорит о сравнительно недавнем их проникно-

вании и продолжающемся этапе акклиматизации. Однако *H. fraxineus*, проникший на территорию республики примерно 20 лет назад, успел пройти натурализацию и оказал разрушительное влияние на лесные и лесопарковые насаждения страны с участием ясеня обыкновенного.

С целью изучения возможности прогнозирования процессов дальнейшего распространения известных инвайдеров было проведено компьютерное моделирование пространственного распределения их ареалов с максимальной энтропией (Maxent) на основе данных о встречаемости [9]. Для анализа распределения были использованы биоклиматические переменные WorldClim с соответствующими высотными данными, а также данные о почвах и растительном покрове региона. Основным результатом работы являются карты пространственного распределения видов. Анализ степени влияния отдельных факторов на это распределение выявил наиболее важные факторы, различные для отдельных видов патогенов.

Были использованы следующие факторы: BIO1 – средняя годовая температура; tmax ju – максимальная температура июля; tmin ju – минимальная температура июля; tmax ja – максимальная температура; tmin ja – минимальная температура; BIO2 – средняя разница температур (макс. температура самого теплого месяца – мин. температура самого холодного месяца); BIO3 – годовое количество осадков; pre ju – количество осадков в июле; pre ja – количество осадков в январе; elevel – высота над уровнем моря; soil – содержание глины в почве, массовая доля в %; cover – растительный покров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований было выявлено 73 вида инвазивных микромицетов, а также установлено, что на территории подзоны широколиственно-сосновых лесов Беларуси в разной степени распространено 6 видов дендропатогенов, включенных в региональные списки карантинных объектов. *Chalara fraxinea* T. Kowalski (син. *Hymenoscyphus fraxineus*) повсеместно встречающийся на территории Полесья, является карантинным видом, внесенным в списки как отсутствующий на территории ЕАЭС, включая Беларусь, а также Армении и Казахстана.

Инвазивный вид *Dothistroma septosporum* внесен в Перечень карантинных организмов ЕОКЗР как ограниченно распространенный вид. На территории Беларуси выявлен в виде единичных находок и, по-видимому, находится на этапе акклиматизации.

Бактерия *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al. внесена в карантинный список Армении как ограниченно распространенный вид, но на

Факторы BIO1, BIO2, BIO3, elevel, tmax ju, tmin ju, tmax ja, tmin ja, pre ju, pre ja получены из данных Global Climate Data [10], факторы soil – из данных ISRIC SoilGrids [11], a cover – из данных GlobCover [12].

Результатом работы Maxent являются изображения распределения видов на заданной территории. Вероятность встречи оценивается по шкале, где 0 – минимальная степень (показана синими оттенками), а 1 – максимальная (показана красным цветом). Пример построения моделей для видов *Hymenoscyphus fraxineus*, *Phytophthora alni* и *Melampsora medusae* приведен на рис. 3.

В ходе построения моделей ареалов инвазивных карантинных видов было выявлено, что наиболее важными условиями окружающей среды для распространения видов являются осадки и максимальная температура января, однако в зависимости от величины рассматриваемой территории показатели могут изменяться.

На основе проведенных математических проверок и визуальной оценки картографического материала можно констатировать, что предлагаемый метод компьютерного моделирования имеет достаточно высокую статистическую достоверность и перспективен для решения задач в области отслеживания ареалов инвазивных фитопатогенов. Модель максимальной энтропии Maxent с используемыми предикторами может быть использована государственными структурами для конкретизации объектов фитопатологического мониторинга и карантина растений.

территории нашей страны встречается в плодовых и декоративных садах вызывая ожог семячковых культур.

Инвазия возбудителя ржавчины листьев груши из рода *Gymnosporangium* повсеместно выявляется на территории Беларуси и ставит под угрозу культивирование этой экономически важной сельскохозяйственной культуры.

Mycosphaerella dearnessii M.E. Var внесена в карантинные списки ЕАЭС, включая Беларусь, Армении, Казахстана, России и Украины как отсутствующий вид, однако единичные находки подтверждают проникновение этого инвайдера на территорию Беларуси.

Phytophthora alni Brasier & S.A. Kirk внесена в карантинные списки ЕАЭС, включая Беларусь, Армении и Казахстана как отсутствующий вид. На территории Белорусского Полесья выявлена единичная находка вида, которая подтверждает проникновение инвазии.

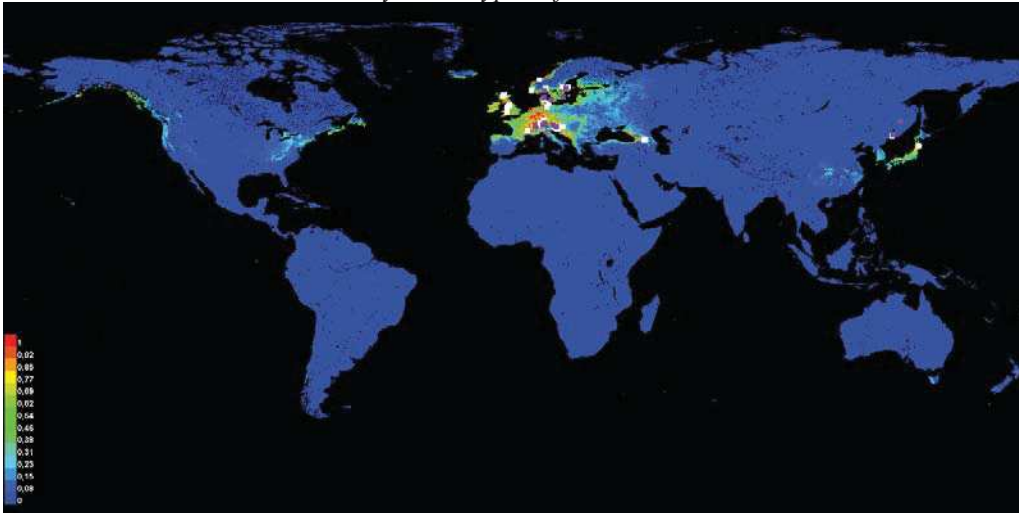
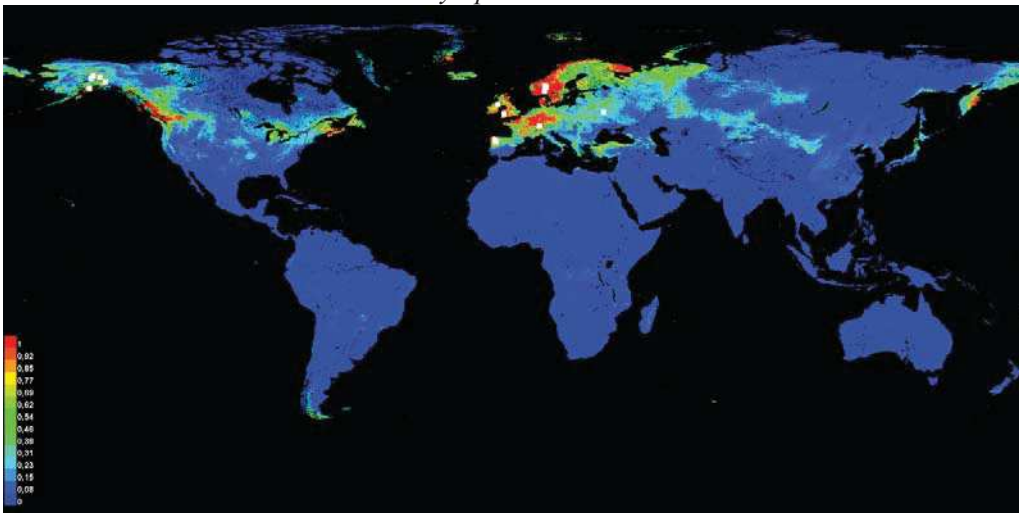
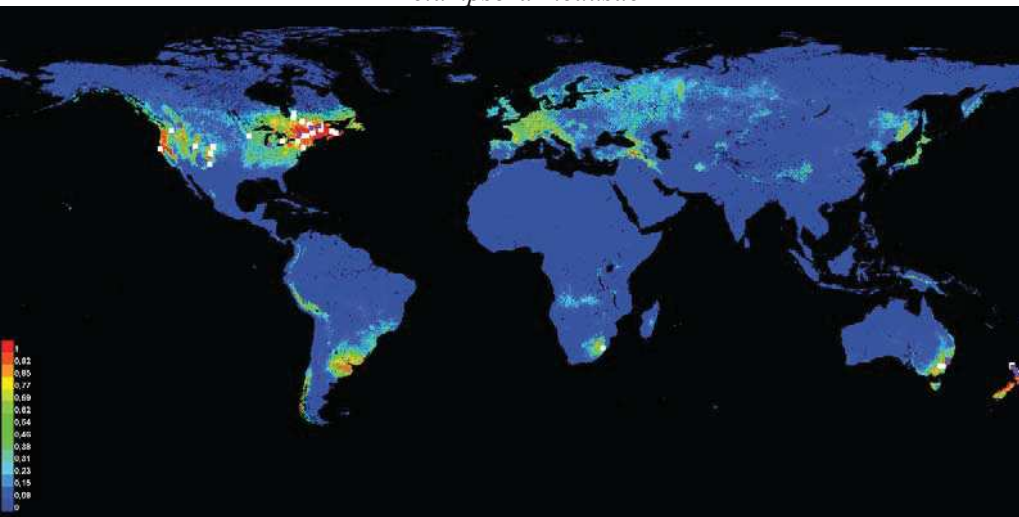
Hymenoscyphus fraxineus*Phytophthora alni**Melampsora medusae*

Рис. 3. Пример прогнозных моделей ареалов инвазивных фитопатогенов по данным модели максимальной энтропии Maxent

Fig. 3. An example of predictive models for the ranges of invasive plant pathogens based on data from the Maxent maximum entropy model

Большинство из выявленных карантинных видов отмечены в единичных локалитетах, что говорит о сравнительно недавнем их проникновении и продолжающемся этапе акклиматизации.

Однако *Hymenoscyphus fraxineus*, проникший на территорию республики примерно 20 лет назад, успел пройти натурализацию и оказал разрушительное воздействие на лесные и лесопарковые насаждения страны с участием ясеня обыкновенного.

Проведённые математические проверки и визуальная оценка картографического материала позволили констатировать, что компьютерное моделирование развития ареалов чужеродных фитопатогенов имеет достаточно высокую точность и перспективно для решения задач в области мониторинга и контроля инвазий. Модель максимальной энтропии Махент с предлагаемыми предикторами может быть использована государственными

структурами для конкретизации объектов фитопатологического мониторинга и карантина растений.

На основе экспертной оценки распространения и встречаемости карантинных видов нами предлагаются следующие меры:

1. Исключить *Hymenoscyphus fraxineus* из перечня карантинных видов актуальных для Беларуси ввиду его полной натурализации.

2. Включить *Dothistroma septosporum* в перечень карантинных видов ограничено распространённых на территории ЕАЭС.

3. Разработать меры по локализации и ликвидации очагов *Dothistroma septosporum*, *Erwinia amylovora*, *Mycosphaerella dearnessii*, *Phytophthora alni* на территории страны.

4. Внедрить компьютерное моделирование ареалов чужеродных фитопатогенов в практику мониторинга и прогноза распространения карантинных видов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беломесяцева, Д. Б. Инвазивная микобиота древесных пород в Беларуси / Д. Б. Беломесяцева, В. Б. Звягинцев, Т. Г. Шабашова // Современная микология в России. Том 8. – Вып. 3. – Материалы 4-го Международного микологического форума. – М.: Национальная академия микологии, 2020. – С. 209.
2. Звягинцев, В. Б. Глобализация массовых патологий леса и опыт ограничения их вредоносности в Республике Беларусь / В. Б. Звягинцев, В. А. Ярмолевич // Опыт управления лесным хозяйством в Республике Беларусь и сопредельных государствах, перспективы совместного преодоления глобальных вызовов современности. – 2016. – С. 62–65.
3. Поликсенова, В. Д. Чужеродные и инвазивные фитопатогенные микромицеты в естественных и искусственных фитоценозах Беларуси / В. Д. Поликсенова, А. К. Храпцов, М. Н. Федорович // Современная микология в России. Том 7. Материалы 4-го Съезда микологов России. – М.: Национальная академия микологии, 2017. – С. 90–91.
4. Билай, В. И. Методы экспериментальной микологии. – Киев: Наук.думка, 1982. – 233 с.
5. Падутов, В. Е. Методы молекулярно-генетического анализа / В. Е. Падутов, О. Ю. Баранов, Е. В. Воропаев. – Минск: Юнипол, 2007. – 176с.
6. Tapchevskaya, V. A. Dynamics of invasions of dendropathogenic organisms on the territory of Belarus / V. A. Tapchevskaya, V. B. Zviagintsev, D. B. Belomesyatseva, T. G. Shabashova // Book of abstracts / Russian Academy of Sciences (RAS) [et al.]; Ed. Yu. Yu. Dgebuadze, A. V. Krylov, V. G. Perosyan, D. P. Karabanov. – Kazan: Buk, 2021. – P. 222.
7. Звягинцев, В. Б. *Melampsorium hiratsukanum* – новый инвазивный возбудитель ржавчины ольхи и лиственницы в Беларуси / В. Б. Звягинцев, Д. Б. Беломесяцева, Т. Г. Шабашова, С. И. Марковская // Ботаника (исследования): сборник научных трудов. – Вып. 46, Минск: Колорград, 2017. – С. 169–173.
8. Zvyagintsev, V. B. Pathogenic fungal diseases of branches of the ash in the drying out plantations in Belarus / V. B. Zvyagintsev, O. Yu. Baranov, L. F. Melnik // Fungi and lichens in the Baltics and Beyond: XVIII Symposium of the Baltic Mycologists and Lichenologists Lithuania, Dubingiai, September 19–23, 2011. – P. 21.
9. Географические информационные системы и дистанционное зондирование // Краткое введение в MaxEnt [Electronic resource]. – Mode of access: <https://gis-lab.info/qa/maxent.html>.D0.98.D0.BD.D1.82.D0.B5.D1.80.D0.B0.B5.29. – Date of access: 01.11.2021.
10. Global Climate Data [Electronic resource]. – Mode of access: <http://worldclim.org/>. – Date of access: 04.11.2021.
11. ISRIC SoilGrids [Electronic resource]. – Mode of access: <https://data.isric.org/geonetwork/srv/rus/catalog.search#/metadata/20f6245e-40bc-4ade-aff3-a87d3e4fcc26>. – Date of access: 04.11.2021.
12. GlobCover land Cover Maps [Electronic resource]. – Mode of access: http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php. – Date of access: 04.11.2021.

Поступила в редакцию 28.09.2022 г.