

ISSN 1029-8940 (Print)  
ISSN 2524-230X (Online)  
УДК 635.9:632.4+577.29

<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-2-147-158>

Поступила в редакцию 21.10.2020

Received 21.10.2020

Л. А. Головченко<sup>1</sup>, Н. Г. Дишук<sup>1</sup>, С. В. Пантелеев<sup>2</sup>, О. Ю. Баранов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Республика Беларусь

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ИНВАЗИВНОГО ВИДА *DOTHISTROMA SEPTOSPORUM* (DOROGIN) M. MORELET НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

**Аннотация.** Красная пятнистость хвой – одна из распространенных и вредоносных болезней сосны. Возбудители болезни – патогенные микромицеты *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet и *Dothistroma pini* Hulbary. На территории Беларуси красная пятнистость хвой впервые выявлена в 2012 г., и до настоящего времени сведения о распространенности болезни в республике являются фрагментарными.

В статье изложены результаты обследования деревьев различных видов сосны, проведенного в период с 2016 по 2020 г. в ботанических и дендрологических садах, лесных питомниках и мини-дендрариях при лесхозах, городских насаждениях, питомниках декоративных растений, садовых центрах на предмет пораженности красной пятнистостью хвой. Видовую идентификацию возбудителя болезни проводили микологическим и молекулярно-генетическими методами. Красная пятнистость хвой в ходе данного исследования выявлена на отдельных экземплярах *Pinus mugo*, *P. nigra* и *P. ponderosa* в насаждениях Центрального ботанического сада НАН Беларуси, дендрологического сада Глубокского опытного лесхоза, в питомниках декоративных растений Гродненской и Минской областей. В собранных образцах хвой выявлен и идентифицирован инвазивный вид *Dothistroma septosporum*. Частота встречаемости вида составила 4,8–7,2 %, доля пунктов наблюдений, в которых выявлен данный вид, – 60 %. Обнаружение красной пятнистости хвой на растениях сосны, в основном на ввозимом из-за рубежа посадочном материале, указывает на трансграничный способ проникновения вида *D. septosporum* в страну, а анализ литературных данных указывает на потенциальную опасность дотистромоза для сосновых насаждений в республике. Все это требует организации регулярного мониторинга заболевания и скорейшей разработки методов по ограничению распространения вида *D. septosporum* на территории республики.

**Ключевые слова:** сосна, инвазии, красная пятнистость хвой, *Dothistroma septosporum*, ДНК-баркодирование

**Для цитирования:** Новые данные о распространении инвазивного вида *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet на территории Беларуси / Л. А. Головченко [и др.] // Вест. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2021. – Т. 66, № 2. – С. 147–158. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-2-147-158>

Liudmila A. Golovchenko<sup>1</sup>, Natalia G. Dishuk<sup>1</sup>, Stanislav V. Panteleev<sup>2</sup>, Oleg Yu. Baranov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Republic of Belarus

## NEW DATA ON THE SPREAD OF THE INVASIVE SPECIES *DOTHISTROMA SEPTOSPORUM* (DOROGIN) M. MORELET IN BELARUS

**Abstract.** Red band needle blight, or *Dothistroma* needle blight is one of the most common and harmful diseases of pine. The causative agents of the disease are pathogenic micromycetes *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet and *Dothistroma pini* Hulbary. *Dothistroma* needle blight was firstly detected in Belarus in 2012 year, but till now information about this disease in the republic is fragmentary.

The article presents the results of a survey of different pine trees, carried out in the period 2016–2020 years in botanical and dendrological gardens, forest nurseries and mini-arboretums at forestry enterprises, urban stands, nurseries of decorative plants, garden centers, for the presence of *Dothistroma* needle blight. The species identification of the causative agent of the disease was carried out by mycological and molecular genetic methods. In this study, *Dothistroma* needle blight was revealed on individual trees of *Pinus mugo*, *P. nigra* and *P. ponderosa* in the stands of the Central Botanical Garden of the NAS of Belarus, the dendrological garden of the Glubokoe experimental forestry enterprise, in the nurseries of decorative plants in the Grodno and Minsk regions. In the collected samples of needles, the invasive species *Dothistroma septosporum* was identified. The frequency of occurrence of the pathogen was 4.8–7.2 %, the proportion of observation sites in which this disease was detected at 60 %. The detection of *Dothistroma* needle blight on pine trees, mainly on planting material imported from abroad, indicates a transboundary route of *D. septosporum* entering the country. Analysis of literature data indicates the potential danger of *Dothistroma* needle blight for pine stands in the republic, which in turn requires the organization of regular monitoring of the disease and the development of methods to limit the spread of *D. septosporum* in the republic.

**Keywords:** pine, plants diseases, alien invasive species, red band needle blight, *Dothistroma septosporum*, DNA barcoding

**For citation:** Golovchenko L. A., Dishuk N. G., Pantelev S. V., Baranov O. Yu. New data on the spread of the invasive species *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet in Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2021, vol. 66, no. 2, pp. 147–158 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-2-147-158>

**Введение.** Красная пятнистость хвой (дотистромоз) – одно из хозяйственно значимых инфекционных заболеваний хвойных растений, вызываемое грибами рода *Dothistroma*. Данное заболевание диагностировано более чем у 80 видов сосны, а также отмечено и для других хвойных пород семейства Pinaceae, включая пихту, кедр, лиственницу, ель, лжетсугу [1–3]. Среди сосен высокая восприимчивость к дотистромозу установлена для *Pinus nigra* J. F. Arnold, *P. mugo* Turra, *P. sylvestris* L., *P. radiata* D. Don и др. [3–5]. За последние десятилетия проблема мониторинга возникновения очагов дотистромоза приобрела особую актуальность, что обусловлено резким увеличением распространенности патогена и возникновением новых генотипов, характеризующихся большей вирулентностью и вредоносностью [3–5].

Первое описание возбудителя болезни (под названием *Cytosporina septospora* Dorogin) было представлено М. Дорогиным в 1910 г. – патоген выделен из хвой деревьев сосны горной, произраставших на северо-западе России [3]. В то же время наличие данного заболевания в Европе датируется еще более ранним сроком. Так, при анализе гербарного материала симптомы красной пятнистости хвой уже были отмечены для образцов, собранных в 1880 г. в Дании и в 1907 г. во Франции [3, 6]. Более массовое проявление дотистромоза описано в 1954 г. на *P. nigra* и *P. ponderosa* (Англия) и в 1955 г. на *P. nigra* (Сербия). Однако, несмотря на участвовавшие в указанный период случаи выявления возникающих очагов, вредоносность болезни оценивалась как низкая.

Первые сообщения об эпифитотийном развитии болезни в естественных и искусственных насаждениях сосны стали появляться начиная со второй половины XX в. В 1950–1960-е годы значительный ущерб красная пятнистость хвой нанесла насаждениям сосны лучистой (*Pinus radiata*) в странах Южного полушария [3]. Распространение патогенного гриба привело к сокращению площадей сосны лучистой в Южном полушарии, где болезнь и до настоящего времени продолжает оставаться значимым фактором, оказывающим негативное влияние на ведение лесного хозяйства. В европейских странах увеличение распространенности и вредоносности болезни было зафиксировано в начале 1990-х годов. В обзорной статье Дренхана с соавт. [3] указывается, что за последующий 25-летний период обследований очаги дотистромоза обнаружены уже в 35 европейских странах, что составляет половину от всего числа диагностированных вспышек болезни в мире. По данным лесопатологического мониторинга, красная пятнистость хвой уже получила широкое распространение в сопредельных с Беларусью странах – Литве, Латвии, Украине, России, Польше, что делает данную проблему для нашей республики особо актуальной [3, 5, 7–15].

Согласно современным представлениям, основными возбудителями красной пятнистости хвой сосны являются два вида грибов – *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet и *D. pini* Hulbary, ранее (до 2004 г.) считавшихся разными филогенетическими линиями одного вида [3, 16]. *D. septosporum* – космополитный вид, встречающийся в Европе, Америке, Азии, Африке, Австралии, – сопряжен с ареалами распространения широкого спектра растений-хозяев. Встречаемость второго вида (*D. pini*) менее значима и относится к центральной и северной части США, некоторым регионам Европы, включая Украину и Россию [1–3, 5, 7, 9–11, 16, 17]. В некоторых регионах Северного полушария ареалы обоих видов могут частично перекрываться, причем в значительном числе случаев *D. septosporum* и *D. pini* способны формировать смешанные инфекции в пределах отдельных зараженных деревьев [3].

Согласно данным литературы, симптомы проявления заболеваний, вызываемых грибами *D. septosporum* и *D. pini*, внешне сходны. Достоверная оценка приуроченности заболевания к виду *D. septosporum* или к виду *D. pini* может быть выполнена только на основании дополнительных информативных методов, лидирующая роль среди которых отводится молекулярно-генетическим маркерам [3–5, 16].

По имеющимся к настоящему времени данным фитопатологического мониторинга, на территории Беларуси красная пятнистость хвой впервые выявлена в 2012 г. [3, 15, 18]. Сведения о распространенности и вредоносности болезни в Беларуси являются фрагментарными, а сами исследования носят отрывочный характер [15, 18–22].

Учитывая прогрессирующее распространение болезни в Европе, включая сопредельные с Беларусью страны, а также высокую вредоносность дотистромоза в очагах его распространения, проведение фитопатологической оценки на предмет встречаемости и видовой этиологии красной пятнистости хвой в естественных и искусственных сосновых насаждениях на территории нашей страны является актуальным и имеет важную хозяйственную значимость.

**Объекты и методы исследования.** В период с 2016 по 2020 г. проведено фитопатологическое обследование деревьев, таксономически относящихся к 16 видам сосен: *Pinus sylvestris*, *P. sibirica*, *P. mugo*, *P. strobus*, *P. pallasiana*, *P. banksiana*, *P. nigra*, *P. peuce*, *P. ponderosa*, *P. pumila*, *P. rigida*, *P. cembra*, *P. korainensis*, *P. hamata*, *P. contorta*, *P. kochiana*. В случае обнаружения растений сосны с характерными для *Dothistroma* spp. симптомами поражения проводили детальное обследование, включая отбор материала для последующего микологического и молекулярно-генетического анализа в лабораторных условиях. В качестве фитопатологических образцов отбирали биологический материал хвой как с типичными для красной пятнистости симптомами, так и с иными вариантами изменения окраски, наличием пятнистости и некротических участков. Кроме того, дополнительно исследовали высохшую мертвую хвою на мутовках веток в составе опада под кронами деревьев. Для каждого дерева картировалось место его локализации.

В ходе фитопатологического обследования были изучены разные виды городских насаждений (линейные посадки, скверы, парки, территории, примыкающие к административным зданиям), питомники декоративных растений и садовые центры, поставляющие посадочный материал для озеленения городов и населенных пунктов, ботанические сады и дендропарки, занимающиеся активной интродукцией растений, лесные питомники и мини-дендрарии при лесхозах. Детальный перечень пунктов наблюдений и их месторасположение приведен в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Перечень месторасположения пунктов фитопатологического обследования

Table 1. List of phytopathological observation points

Вид насаждения	Месторасположение пункта наблюдения	Перечень обследованных объектов
Питомники декоративных растений и садовые центры	Минская область	ЧП «Красный клен», УП «Бровки» Минскзеленстрой
	Гродненская область	ФХ «Зеленый горизонт», ТОО «Фирма Верасень», ООО «Туя-парк», КФХ «Европлант»
	Гомельская область	ГП «Красная гвоздика»
Мини-дендрарии при лесхозах	Витебская область	ГЛХУ «Лепельский лесхоз»
	Минская область	ГЛХУ «Столбцовский лесхоз», ГЛХУ «Слуцкий лесхоз»
	Гродненская область	ГЛХУ «Новогрудский лесхоз», ГЛХУ «Лидский лесхоз», ГЛХУ «Щучинский лесхоз»
Лесные питомники	Брестская область	ГЛХУ «Ивацевичский лесхоз»
	Гродненская область	ГЛХУ «Гродненский лесхоз», ГЛХУ «Новогрудский лесхоз», ГЛХУ «Сморгонский лесхоз»
	Минская область	ГЛХУ «Столбцовский лесхоз», ГЛХУ «Слуцкий лесхоз», ГЛХУ «Минский лесхоз», ГЛХУ «Клецкий лесхоз», ГЛХУ «Копыльский лесхоз», ГЛХУ «Старобинский лесхоз»
Ботанические и дендрологические сады и парки	Минск и Минская область	ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», Ботанический сад УО БГТУ
	Витебск и Витебская область	Ботанический сад УО «ВГУ им. П. М. Машерова», дендросад ГОЛХУ «Глубокский опытный лесхоз», дендропарк «Лужеснянский»
Городские насаждения	Минск, все областные города, районные центры республики	Парки, скверы, линейные посадки, территории, примыкающие к административным зданиям

Отобранные образцы анализировали в лаборатории защиты растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси (ЦБС НАН Беларуси) по общепринятым в фитопатологии и микологии методикам [23]. Частоту встречаемости возбудителя красной пятнистости хвой определяли как отношение количества проб, в которых был выявлен патоген, к общему количеству проанализированных проб [24].

Генетическую диагностику фитопатогенов на базе лаборатории геномных исследований и биоинформатики Института леса НАН Беларуси проводили на растительном материале, характеризующимся как наличием, так и отсутствием типичных симптомов дотистромоза. С этой целью были изучены образцы *P. mugo* и *P. nigra* из ЦБС НАН Беларуси (сбор 2017–2018 гг., координаты N53.915635°, E27.616022°) и питомника декоративных растений УП «Бровки» Минскзеленстроя (сбор 2019 г., координаты N54.0474°, E27.3859°).

Выделение ДНК из некротизированных тканей хвой выполняли с использованием СТАВ-метода [25]. В качестве маркера для видовой диагностики грибной микрофлоры применяли регион рДНК, включающий общепринятые баркодинговые маркеры – внутренние транскрибируемые спейсеры 1 и 2 (18S рДНК – ВТС1 – 5,8S рДНК – ВТС2 – 28S рДНК) [26]. ПЦР-амплификацию региона рДНК проводили с использованием праймеров ITS1F/ITS4 [27, 28] и набора DreamTaq Green PCR Master Mix (2X) (Thermo Fisher Scientific) при следующем температурном профиле: при 95 °С – 3 мин (1 цикл); при 95 °С – 30 с; при 55 °С – 20 с; при 72 °С – 45 с (35 циклов).

Для секвенирования ампликонов использовали генетический анализатор ABI Prism 310 (Thermo Fisher Scientific, США), для первичной обработки данных – программное обеспечение Sequencing Analysis 5.1.1, для видовой идентификации и сравнительного генетического анализа секвенированных нуклеотидных последовательностей грибов – базу данных Национального центра биотехнологической информации NCBI (США), включая использование сервиса BLAST и функции BLAST Tree View [29].

**Результаты и их обсуждение.** В период проведения наблюдений характерные симптомы красной пятнистости хвой впервые наблюдали летом 2016 г. на единичном старовозрастном дереве сосны горной, произрастающем в дендрологическом саду Глубокского опытного лесхоза. В последующие годы поражение дотистромозом было отмечено также в посадочном материале (саженцах) сосны горной, сосны черной, сосны желтой в питомниках декоративных растений частных предприятий Гродненской области, на единичном молодом растении сосны горной в ЦБС НАН Беларуси (саженец привезен из европейского питомника), в старовозрастных посадках сосны горной в питомнике декоративных растений Минскзеленстроя (рис. 1). У других обследованных видов сосен (включая сосну обыкновенную) поражения дотистромозом не отмечалось.

Общие черты заболевания были следующими: симптомы красной пятнистости отмечались на двух- и трехлетней хвое по всей кроне пораженных растений. Хвоя текущего года сохраняла зеленую окраску. На хвоинках появлялись светло-желтые пятна, которые увеличивались в размерах, приобретая рыжевато-бурую окраску с характерными красновато-малиновыми поперечными полосками. Цвет пораженных верхушек хвоинок постепенно изменялся на красно-кирпичный, при этом основания хвоинок оставались зелеными. После отмирания хвой красноватые пятна и полосы четко визуализировались, представляя собой видимый диагностический признак болезни.

В пораженных тканях, под эпидермисом хвой, формировались конидиомы коричневатого цвета, которые впоследствии прорывались наружу сквозь растрескивания эпидермиса хвоинки и становились хорошо видимыми на фоне красноватых пятен. Из них по мере созревания выделялась светлая слизистая масса конидий, которая зачастую была разделена на две части узким «ремешком» эпидермиса хвоинки. Конидии имели нитевидную или слегка изогнутую форму и были разделены (септированы) 1–3 перегородками.

В ходе микроскопирования биологического материала патогенов в собранных образцах был диагностирован микроспоридий *Dothistroma septosporum* – возбудитель красной пятнистости хвой сосны.



Рис. 1. Симптомы красной пятнистости хвои на сосне горной: *a, b* – характерное изменение окраски хвои; *c, d* – плононошения гриба *D. septosporum* под эпидермисом хвои и выступающие из его разрывов  
 Fig. 1. Dothistroma needle blight symptoms on *Pinus mugo*: *a* – infected shoots, *b* – red spots and necrotic bands on infected needles; *c, d* – fructifications of *D. septosporum* rupturing needle epidermis

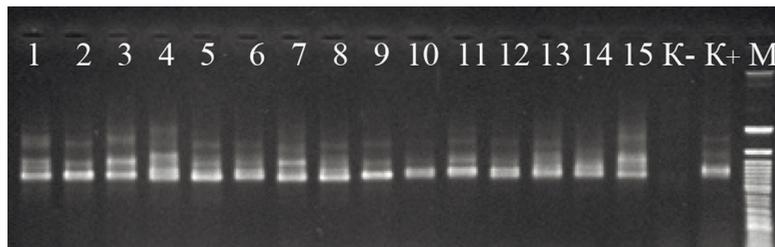


Рис. 2. Фрагмент ПЦР-спектра грибной инфекции в тканях хвои *P. mugo* и *P. nigra* (праймеры ITS1F/ITS4): 1–3, 7–15 – хвоя *P. mugo*; 4–6 – хвоя *P. nigra*; К–, К+ – отрицательный и положительный контроли ПЦР соответственно; М – маркер молекулярного веса (50–1350 п. н.)

Fig. 2. PCR-spectrum with ITS1F/ITS4 primers obtained for fungal species of pine needles *P. mugo* and *P. nigra*. Lanes: 1–3, 7–15 – *P. mugo*; 4–6 – *P. nigra*; К–, К+ – negative and positive PCR controls; М – molecular weight marker, DNA Ladder (50–1350 bp)

Анализ результатов молекулярно-генетических исследований образцов тканей хвои сосны горной и сосны черной (из ЦБС НАН Беларуси и питомника Минскзеленстроя) показал, что в основном спектр грибной инфекции был поливидовым и носил смешанный характер. Как видно из рис. 2, практически в каждом исследуемом образце отмечалось наличие генетического материала более чем одного вида грибов.

Сравнительная оценка секвенированных нуклеотидных последовательностей ампликонов в базе данных NCBI Nucleotide с использованием сервиса BLAST позволила верифицировать результаты микологического анализа – наличие фитопатогенного микромицета *D. septosporum*. Уровень содержания генетического материала *D. septosporum* в образцах хвои сосны горной в значительной степени превалировал над другими грибными видами, что указывало на ведущую роль патогена в формировании видовой структуры микрофлоры хвои. Однако моноинфекция *D. septosporum* была установлена лишь в единичном случае. Особенно следует отметить, что *D. septosporum* являлся основным компонентом микробиома хвои растений как с характерными симптомами дотистромоза, так и в инфицированных тканях без типичных признаков болезни.

С целью установления видовых комплексов с участием дотистромы в ходе исследований был идентифицирован перечень доминирующих видов микромицетов в микрофлоре *P. mugo* и *P. nigra* (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Перечень видов доминирующей грибной микрофлоры, генетически идентифицированных в хвое *P. mugo* и *P. nigra*

Table 2. List of genetically identified species of dominant fungal microflora in needles *P. mugo* and *P. nigra*

Вид фитопатогена	Растение-хозяин	Номер депозита NCBI
<i>Dothistroma septosporum</i> (Dorogin) M. Morelet	<i>P. mugo</i>	МК622273 (изолят СВГ), MW037196 (изолят Brovki)
<i>Cenangium ferruginosum</i> Fr.	<i>P. mugo</i>	MW041195
<i>Coniothyrium</i> sp. (вид отсутствует в базах NCBI и BOLD)	<i>P. mugo</i>	MW041162
<i>Cyclaneusma minus</i> (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter	<i>P. mugo</i>	МК622796
<i>Lophodermium pinastri</i> (Schrad. ex Fr.)	<i>P. mugo</i> , <i>P. nigra</i>	–
<i>Neocatenulostroma germanicum</i> (Crous & U. Braun) Quaedvlieg & Crous	<i>P. nigra</i>	МК622897

Изучение литературных данных по вопросам, связанным с особенностями функционирования патосистем, содержащих *Dothistroma* spp., показал, что роль отдельных микромицетов и характер взаимоотношений между ними в большинстве случаев остаются невыясненными. Тем не менее, в значительном числе работ описано формирование видовых комплексов *Dothistroma* spp. с такими фитопатогенами, как *Sphaeropsis (Diplodia) sapinea*, *Gremmeniella abietina*, *Lophodermium pinastri*, *L. seditiosum*, *Cyclaneusma* spp., *Coleosporium* spp., *Neocatenulostroma* spp. и др. [3, 13, 30, 31]. По мнению авторов данных исследований, фитопатогенные комплексы грибов могут характеризоваться большей вредоносностью по сравнению с моноинфекциями, вызываемыми данными грибами по отдельности. Аддитивный характер взаимоотношений грибов в патосистемах, с точки зрения формирования симптомов, может вызывать появление новых или изменение типичных признаков заболевания, что усложняет постановку точного диагноза и в свою очередь делает затруднительным разработку оптимального алгоритма защитных мероприятий [3, 13, 30].

Влияние комплексного характера инфекций на особенности патогенеза нашло подтверждение и в ходе нашего исследования (табл. 2). Так, в 2018 г. на хвое сосны горной (произрастающей на территории ЦБС НАН Беларуси) с симптомами поражения инвазивным грибом *Cyclaneusma minus* при молекулярно-генетическом анализе помимо вышеупомянутого патогена был выявлен и гриб *D. septosporum*. В 2019 г. в хвое *P. mugo* из питомника декоративных растений Минскзеленстроя в доминирующей микрофлоре присутствовали патогены *D. septosporum*, *C. minus*, *C. ferruginosum* и *L. pinastri*, которые отмечались в пределах одного растения как в виде моноинфекции, так и в комплексе.

Следует отметить, что в тканях хвои исследуемых растений *P. nigra*, произрастающих вблизи *P. mugo*, пораженных *D. septosporum* и *L. acicola* [32], в разные годы исследования (2018–2019 гг.) доминировал фитопатоген *Neocatenulostroma germanicum*. Согласно некоторым литературным источникам, *N. germanicum* отмечается на соснах, в доминирующей или сопутствующей микрофлоре которых присутствует *Dothistroma* spp. [31, 33]. В данной работе возбудители дотистромоза (DNB) и коричневого пятнистого ожога (BSNB) генетически не были выявлены как в доминирующей, так и в сопутствующей микрофлоре исследуемых экземпляров сосны черной.

Сравнительный генетический анализ нуклеотидных последовательностей *D. septosporum* с депозитами из NCBI GenBank показал, что идентифицированные в данном исследовании изоляты (МК622273, MW037196) характеризовались 100 %-ной идентичностью по первичной структуре рДНК-маркера (18S рРНК – ВТС1 – 5,8S рРНК – ВТС2 – 28S рРНК) с белорусскими изолятами [15] и с большинством изолятов из Европы, Северной и Южной Америки (рис. 3). Исключения были представлены генотипами KU948411, MN864658, KP317915 и др., содержащими единичные SNP в спейсерах ВТС1 и ВТС2 или ошибочные данные, обусловленные спецификой технологии секвенирования по Сенгеру (неточности при считывании последовательности в начале и в конце нуклеотидной цепи).

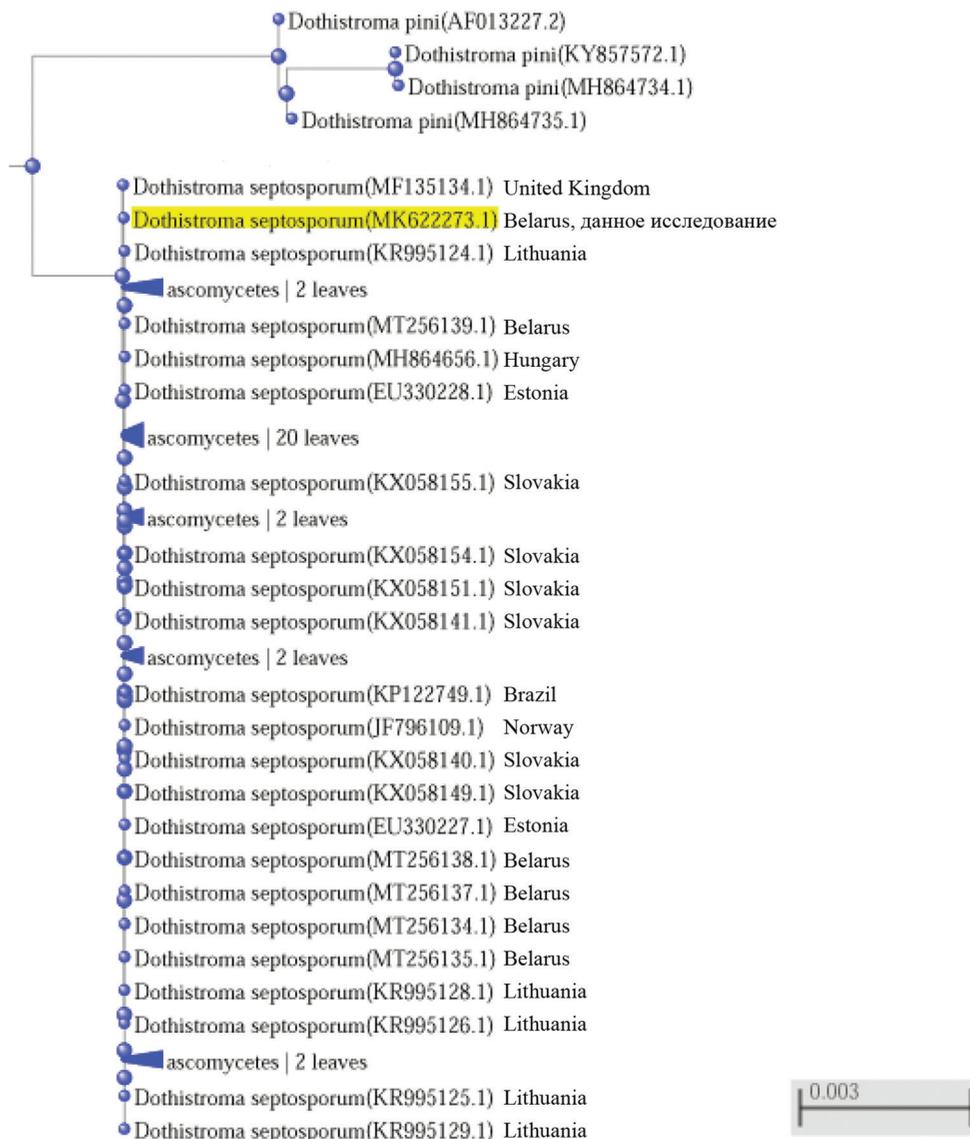
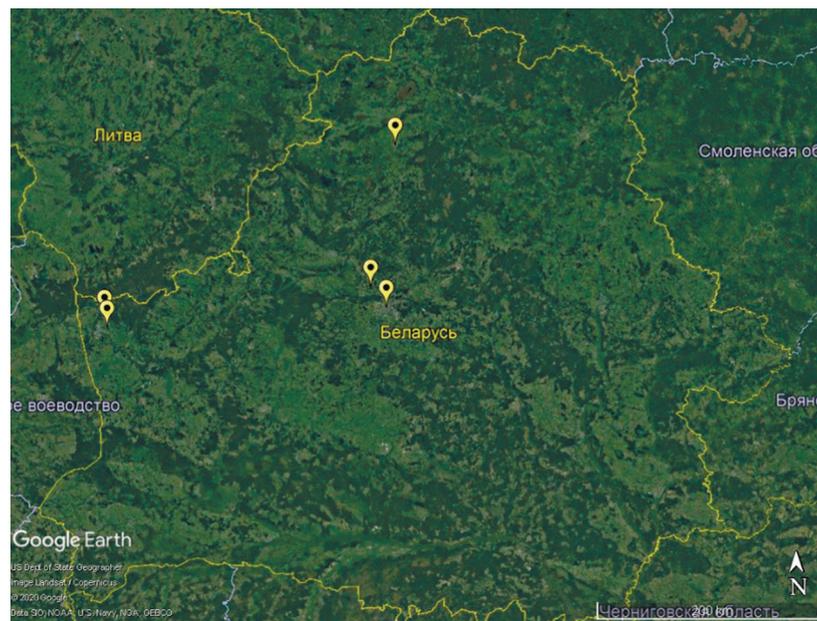


Рис. 3. Фрагмент дендрограммы, иллюстрирующий филогенетические связи белорусских изолятов *D. septosporum* с депозитами NCBI GenBank. *D. pini*, использован в качестве аутгруппы (NCBI Blast Tree View, метод присоединения соседей)

Fig. 3. Fragment of a dendrogram illustrating the phylogenetic relationships of the Belarusian isolates of *D. septosporum* with the NCBI GenBank deposits. *D. pini* used as an outgroup (NCBI Blast Tree View, Neighbor Joining)

Таким образом, учитывая генетические особенности рДНК-маркера *D. septosporum*, описанные многими авторами (NCBI) [29] и рассмотренные нами в данном исследовании, большинство популяций патогена характеризуются одним основным вариантом гаплотипа, которому сопутствуют уникальные генотипы с редкими SNP. Однако следует учесть тот факт, что рДНК является информативным инструментом для идентификации организмов на уровне вида, при этом для внутривидовой филогении более оптимальным вариантом является использование менее консервативных локусов, например таких, как гены мтДНК. Вместе с тем приведенные молекулярно-генетические данные свидетельствуют об относительной биологической целостности *D. septosporum* как вида и отсутствии выраженных процессов дивергенции.

На основании актуализированной симптоматики красной пятнистости хвои сосны в период с 2019 по 2020 г. проводился детальный анализ встречаемости инвазивного вида *D. septosporum* в стране. Исключение составили лесные питомники и старовозрастные насаждения сосны обыкновенной, сбор образцов хвои на которых представляет определенные сложности.

Рис. 4. Карта распространения вида *D. septosporum* на территории БеларусиFig. 4. Spatial distribution of *D. septosporum* in Belarus

По результатам обследования красная пятнистость хвои сосны выявлена нами на небольшом количестве растений только для видов *Pinus mugo*, *P. nigra* и *P. ponderosa*, выращиваемых в питомниках декоративных растений, ботанических и дендрологических садах (рис. 4).

Частота встречаемости инвазивного патогена составила 4,8–7,2 % (табл. 3). В то же время относительное количество пунктов наблюдения, в которых выявляли данный вид, было большим и насчитывало до 60 % от всего числа изученных объектов. Наибольшее количество случаев выявления патогена *D. septosporum* отмечалось среди саженцев интродуцированных видов сосен, поставляемых в республику в виде готового посадочного материала, что указывает на наличие латентной стадии в ходе инфицирования растений дотистромозом и на отсутствие выраженной симптоматики на этом этапе развития заболевания. Полученные данные указывают на необходимость использования в случае дотистромоза дополнительных фитопатологических методов исследований, позволяющих диагностировать инфекцию в латентной форме. Выявление локальных очагов инфекций в ботанических и дендрологических садах, по всей видимости, также обусловлено использованием ввезенного в страну зараженного бессимптомного посадочного материала при создании различных ботанических объектов.

Т а б л и ц а 3. Частота встречаемости инвазивного вида *Dothistroma septosporum* на растениях рода *Pinus* в разных видах насаждений республики (2019–2020 гг.)T a b l e 3. Frequency of *Dothistroma septosporum* occurrence in different habitats (2019–2020)

Вид насаждения	К-во обследованных пунктов наблюдения	Доля пунктов наблюдения, где выявлен вид <i>D. septosporum</i> , %	К-во обследованных деревьев, шт.	Частота встречаемости гриба, %
Питомники декоративных растений и садовые центры	5	60,0	83	7,2
Мини-дендрарии при лесхозах	6	0	25	0
Ботанические и дендрологические сады и парки	5	60,0	105	4,8
Парки, скверы, улицы городов	41	0	172	0
Территории возле административных зданий	14	0	270	0

Следует также отметить, что поражение грибом *D. septosporum* различных видов сосен не выявлено в городских насаждениях и мини-дендрариях при лесхозах. На наш взгляд, отсутствие локальных очагов инфекций в мини-дендрариях лесхозов может быть связано как с регулярно проводимыми санитарно-профилактическими и защитными мероприятиями, так и с использованием собственного, а не ввозимого извне посадочного материала. Кроме того, большую роль играет и отдаленное расположение всех обследованных пунктов наблюдений на урбанизированных территориях от садовых центров, ботанических садов и иных центров интродукции и импорта растений, что снижает возможность переноса возбудителей инфекции абиотическими и биотическими векторами. В то же время для установления причин отсутствия симптоматических растений в городских насаждениях необходимо проведение дальнейших исследований.

**Заключение.** Фитопатологическое обследование деревьев 16 видов сосны в разных видах городских насаждений, питомниках декоративных растений и садовых центрах, ботанических и дендрологических садах, лесных питомниках и мини-дендрариях, проведенное в 2016–2020 гг., позволило выявить и идентифицировать инвазивный патогенный гриб *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet – возбудитель дотистромоза (красной пятнистости хвои), инфекционного заболевания хвойных растений. Принадлежность выявленного микромицета к виду *D. septosporum* верифицирована с использованием метода ДНК-баркодирования. Болезнь выявлена у интродуцированных видов сосен: сосны горной, сосны черной и сосны желтой из ботанических и дендрологических коллекций, а также в питомниках декоративных растений. Заболеваемость растений отрицательно сказывается не только на фитосанитарном состоянии насаждений, но и на уровне рентабельности лесопромышленной деятельности вследствие снижения продуктивности древостоев.

В отличие от возбудителя коричневого пятнистого ожога хвои (гриб *Lecanosticta acicola* (Thüm.) Syd.), который поражает и старую, и молодую хвою сосен, не достигшую однолетнего возраста [32], симптомы красной пятнистости (гриб *D. septosporum*) выявлены нами только на двух- и трехлетней хвое. Также отмечено совместное поражение сосны горной грибами *D. septosporum* и *Cyclaneusma minus*.

В ходе данной работы болезнь отмечена у небольшого количества обследованных растений (частота встречаемости 4,8–7,2 %) в декоративных питомниках, ботанических и дендрологических садах. В то же время относительное количество объектов, в которых выявляли локальные очаги заболевания, было значительным (60 %). Выявление красной пятнистости хвои на растениях сосны, в основном ввозимых из-за рубежа, указывает на проникновение дотистромоза в страну вместе с бессимптомным инфицированным посадочным материалом.

Анализ литературных данных показывает, что данное заболевание является потенциально опасным для лесной отрасли республики, что обусловлено возможностью поражения дотистромозом аборигенного вида – сосны обыкновенной и последующим формированием и распространением очагов болезни. Среди основных мероприятий, направленных на снижение заболеваемости дотистромозом, особое внимание следует уделить совершенствованию методов диагностики, позволяющих идентифицировать патоген в бессимптомных растениях, организации регулярного мониторинга распространения гриба *D. septosporum* в разных видах зеленых насаждений республики, а также разработке методов по ограничению его вредоносности.

#### Список использованных источников

1. EPPO Global Database [Electronic resource]. – Mode of access: <https://gd.eppo.int>. – Date of access: 03.03.2020.
2. Systematic Mycology and Microbiology Laboratory Fungus-Host Distributions Database. U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service [Electronic resource]. – Mode of access: <https://nt.ars-grin.gov/fungalDATABASES/fungushost/fungushost.cfm>. – Date of access: 11.03.2020.
3. Global geographic distribution and host range of *Dothistroma* species: a comprehensive review / R. Drenkhan [et al.] // *Forest Pathol.* – 2016. – Vol. 46, N 5. – P. 408–442. – <http://doi.org/10.1111/efp.12290>
4. Multigene phylogenies reveal that red band needle blight is caused by two distinct species of *Dothistroma*, *D. septosporum* and *D. pini* / I. Barnes [et al.] // *Studies Mycol.* – 2004. – Vol. 50. – P. 551–565.
5. Булгаков, Т. С. Фитопатогенные грибы рода *Dothistroma* в России и прилегающих странах: история изучения и современные сведения / Т. С. Булгаков, Д. Л. Мусолин // *Современная микология в России : материалы III Между-*

нар. миколог. форума, Москва, 14–15 апр. 2015 г. / редкол. : Ю. Т. Дьяков (гл. ред.) [и др.]. – М. : Нац. акад. микол., 2015. – Т. 5. – С. 23–25.

6. Is the emergence of *Dothistroma* needle blight of Pine in France caused by the cryptic species *Dothistroma pini*? / V. Fabre [et al.] // *Phytopathology*. – 2012. – Vol. 102, N 1. – P. 47–54. – <https://doi.org/10.1094/PHYTO-02-11-0036>

7. Усиченко, А. С. *Dothistroma septosporum* (телеоморфа *Mycosphaerella pini*) – карантинный фитопатогенный гриб, выявленный в Украине / А. С. Усиченко, А. Ю. Акулов // Грибы в природных и антропогенных экосистемах : тр. Междунар. конф., посвящ. 100-летию начала работы проф. А. С. Бондарцева в Бот. ин-те им. В. Л. Комарова РАН. Санкт-Петербург, 24–28 апр. 2005. – СПб., 2005. – Т. 2. – С. 248–253.

8. Усиченко, А. С. *Dothistroma septosporum* – возбудитель усыхания хвойной сосны в Украине / А. С. Усиченко, В. И. Кучерявенко // Лісівництво і агролісомеліорація. – 2006. – Вип. 110. – С. 226–229.

9. Соколова, Э. С. Грибные болезни древесных интродуцентов в насаждениях Москвы и Подмоскovie / Э. С. Соколова, Г. Б. Колганихина // Лесн. вестн. – 2009. – № 5 (68). – С. 145–153.

10. Жуков, А. М. Опасные малоизученные болезни хвойных пород в лесах России / А. М. Жуков, Ю. И. Гниненко, П. Д. Жуков. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Пушкино : ВНИИЛМ, 2013. – 128 с.

11. *Dothistroma septosporum*, *D. pini* и *Hymenoscyphus fraxineus* (Ascomycota) – патогены древесных растений, вызывающие серьезную озабоченность в Европе / Д. Л. Мусолин [и др.] // Вредители и болезни древесных растений России. VIII чтения памяти О. А. Катаева : материалы Междунар. конф., Санкт-Петербург, 18–20 нояб. 2014 г. / под ред. Д. Л. Мусолина, А. В. Селиховкина. – СПб., 2014. – С. 54–55.

12. Kowalski, T. First record of *Dothistroma septospora* (Dorog.) Morelet in Poland: a contribution to the symptomatology and epidemiology / T. Kowalski, R. Jankowiak // *Phytopathologia Polonica*. – 1998. – Vol. 16. – P. 15–29.

13. Соколова, Э. С. Красная пятнистость, или дотистромоз хвойной сосны / Э. С. Соколова // Питомник и частный сад. – 2018. – № 5. – С. 44–46.

14. Markovskaja, S. New data on invasive pathogenic fungus *Dothistroma septosporum* in Lithuania / S. Markovskaja, A. Treigienė // *Botanica Lithuanica*. – 2009. – Vol. 15 (1). – P. 41–45.

15. Occurrence of *Dothistroma* needle blight in Lithuania and Belarus: The risk posed to native Scots Pine forests / S. Markovskaja [et al.] // *Forest Pathol.* – 2020. – Art. e12626. <https://doi.org/10.1111/efp.12626>

16. Neotypification of *Dothistroma septosporum* and epitypification of *D. pini*, causal agents of *Dothistroma* needle blight of pine / I. Barnes [et al.] // *Forest Pathol.* – 2016. – Vol. 46, N 5. – P. 388–407. <https://doi.org/10.1111/efp.12304>

17. Булгаков, Т. С. Дотистромоз – новое опасное заболевание сосны крымской на юге России / Т. С. Булгаков // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2007. – № 17. – С. 109–113.

18. Инвазивные виды фитопатогенных организмов в Беларуси и сопредельных странах / Д. Б. Беломесяцева [и др.] // Ботаника (исследования) : сб. науч. тр. – Минск, 2013. – Вып. 42. – С. 87–98.

19. Интерактивный мультимедийный определитель наиболее распространенных болезней в лесном фонде, питомниках и дендропарках [Электронный ресурс]. – Минск, 2014. – Режим доступа: <http://cd.intelico.info/>. – Дата доступа: 15.09.2019.

20. Инвазивные виды грибов в консорции сосны обыкновенной / Д. Б. Беломесяцева [и др.] // Маніторинг і ацэнка стану расліннага свету : матэрыялы V Міжнар. навук. канф., Мінск–Белавежская пушча, 8–12 кастрычніка 2018 г. – Мінск, 2018. – С. 128–130.

21. Инвазивный компонент в составе микобиоты хвойных пород / Д. Б. Беломесяцева [и др.] // Тр. БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – Минск, 2018. – № 1 (204). – С. 37–44.

22. Василевич, В. В. Исследование инвазии микопатогена хвойных *Dothistroma septosporum* на севере Беларуси / В. В. Василевич, Г. Г. Пиранов // Молодость. Интеллект. Инициатива : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, Витебск, 22 апреля 2020 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол. : И. М. Прищепа [и др.]. – Витебск, 2020. – С. 47–50.

23. Методы экспериментальной микологии : справочник / И. А. Дудка [и др.] ; отв. ред. В. И. Билай. – Киев : Наук. думка, 1982. – 550 с.

24. Интегрированная защита растений : учебник для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образования по агрономическим специальностям / Ю. А. Миренков [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2008. – 360 с.

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

26. Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi / C. L. Schoch [et al.] // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. – 2012. – Vol. 109, N 16. – P. 6241–6246. <https://doi.org/10.1073/pnas.1117018109>

27. Gardes, M. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes application of the identification of mycorrhizae and rusts / M. Gardes, T. D. Bruns // *Mol. Ecol.* – 1993. – Vol. 2, N 2. – P. 113–118. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294x.1993.tb00005.x>

28. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics / T. White [et al.] // *PCR protocols: a guide to methods and applications* / ed. : M. A. Innis [et al.]. – San Diego, 1989. – P. 315–322.

29. National Center for Biotechnological Information, NCBI [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. – Date of access: 19.12.2019.

30. Жуков, А. М. Малоизвестные грибы – возбудители заболеваний хвойных пород в России / А. М. Жуков, Ю. И. Гниненко // Информ. бюл. ВПРС МОББ. – 2007. – № 37. – С. 134–141.

31. First record of *Neocatenulostroma germanicum* on pines in Lithuania and Ukraine and its co-occurrence with *Dothistroma* spp. and other pathogens / S. Markovskaja [et al.] // *Forest Pathol.* – 2016. – Vol. 46, N 5. – P. 522–533. <https://doi.org/10.1111/efp.12308>

32. Новый инвазивный вид *Mycosphaerella dearnessii* в составе микобиоты хвои сосны на территории Беларуси / Л. А. Головченко [и др.] // *Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. біял. навук.* – 2020. – Т. 65, № 1. – С. 98–105.

33. Lazarević, J. Fungal diversity in the phyllosphere of *Pinus heldreichii* H. Christ – an endemic and high-altitude pine of the Mediterranean region / J. Lazarević, A. Menkis // *Diversity.* – 2020. – Vol. 12, N 5. – P. 172. <https://doi.org/10.3390/d12050172>

## References

1. *EPPO Global Database*. Available at: <https://gd.eppo.int> (accessed 03.03.2020).
2. *Systematic Mycology and Microbiology Laboratory Fungus-Host Distributions Database*. U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Available at: <https://nt.ars-grin.gov/fungalDATABASES/fungushost/fungushost.cfm> (accessed 03.03.2020).
3. Drenkhan R., Tomešová-Haataja V., Fraser S., Bradshaw R. E., Vahalik P. [et al.]. Global geographic distribution and host range of *Dothistroma* species: a comprehensive review. *Forest Pathology*, 2016, vol. 46, no. 5, pp. 408–442. <http://doi.org/10.1111/efp.12290>
4. Barnes I., Crous P. W., Wingfield B. D., Wingfield M. J. Multigene phylogenies reveal that red band needle blight is caused by two distinct species of *Dothistroma*, *D. septosporum* and *D. pini*. *Studies in Mycology*, 2004, vol. 50, pp. 551–565.
5. Bulgakov T. S., Musolin D. L. Pathogenic species of *Dothistroma* in Russia and in the adjacent countries: history of investigation and modern state-of-the-art knowledge. *Sovremennaya mikologiya v Rossii: materialy III Mezhdunarodnogo mikologicheskogo foruma (Moskva, 14–15 aprelya 2015 goda)* [Modern mycology in Russia: materials of the III International Mycological Forum (Moscow, April 14–15, 2015)]. Moscow, 2015, vol. 5, pp. 23–25 (in Russian).
6. Fabre B., Ioos R., Piou D., Marçais B. Is the emergence of *Dothistroma* needle blight of *Pine* in France caused by the cryptic species *Dothistroma pini*? *Phytopathology*, 2012, vol. 102, no. 1, pp. 47–54. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-02-11-0036>
7. Usichenko A. S., Akulov A. Yu. *Dothistroma septosporum* (teleomorph *Mycosphaerella pini*) – quarantine phytopathogenic fungus detected in Ukraine. *Griby v prirodnykh i antropogennykh ekosistemakh: trudy Mezhdunarodnoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu nachala raboty professora A. S. Bondartseva v Botanicheskom institute imeni V. L. Komarova Rossiiskoi akademii nauk (Sankt-Peterburg, 24–28 aprelya 2005 goda)*. Tom 2 [Fungi in natural and anthropogenic ecosystems: proceedings of the International conference dedicated to the 100th anniversary of the beginning of the work of Professor A. S. Bondartsev in the V. L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (Sankt-Petersburg, April 24–28, 2005)]. Vol. 2]. Sankt-Peterburg, 2005, pp. 248–253 (in Russian).
8. Usichenko A. S., Kucheryavenko V. I. *Dothistroma septosporum* – the causal agent of red band needle blight in Ukraine. *Licivnistvo i agrolisomeliorsiya = Forestry and forest melioration*, 2006, no. 110, pp. 226–229 (in Russian).
9. Sokolova E. S., Kolganikhina G. B. Fungal diseases of introduced woody plants in urban plantations of Moscow and the Moscow region. *Lesnoi vestnik = Forestry Bulletin*, 2009, no. 5 (68), pp. 145–153 (in Russian).
10. Zhukov A. M., Gninenko Ju. I., Zhukov P. D. *Hazardous understudied coniferous diseases in Russian forests*. 2nd ed. Pushkino, All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, 2013. 128 p. (in Russian).
11. Musolin D. L., Bulgakov T. S., Selihovkin A. V., Adamson K., Drenkhan R., Vasajtis R. *Dothistroma septosporum*, *D. pini* i *Hymenoscyphus fraxineus* (Ascomycota) – woody plant pathogens of great concern in Europe. *Vrediteli i bolezni drevesnykh rastenii Rossii. VIII chteniya pamyati O. A. Kataeva: materialy Mezhdunarodnoi konferentsii (Sankt-Peterburg, 18–20 noyabrya 2014 goda)* [Pests and diseases of woody plants in Russia. VIII readings in memory of O. Kataev: materials of the International conference (St. Petersburg, November 18–20, 2014)]. Saint-Petersburg, 2014, pp. 54–55 (in Russian).
12. Kowalski T., Jankowiak R. *First record of Dothistroma septospora* (Dorog.) Morelet in Poland: a contribution to the symptomology and epidemiology. *Phytopathologia Polonica*, 1998, vol. 16, pp. 15–29.
13. Sokolova E. S. *Dothistroma* needle blight of *Pine*. *Pitomnik i chastnyi sad* [Nursery and garden, 2018], no. 5, pp. 44–46 (in Russian).
14. Markovskaja S., Treigienė A. New data on invasive pathogenic fungus *Dothistroma septosporum* in Lithuania. *Botanica Lithuanica*, 2009, vol. 15, no. 1, pp. 41–45.
15. Markovskaja S., Raitelaityte K., Kačergius A., Kolmakov P., Vasilevich V. Occurrence of *Dothistroma* needle blight in Lithuania and Belarus: The risk posed to native Scots Pine forests. *Forest Pathology*, 2020, art. e12626. <https://doi.org/10.1111/efp.12626>
16. Barnes I., van der Nest A., Mullett M. S., Crous P. W., Drenkhan R., Musolin D. L., Wingfield M. J. Neotypification of *Dothistroma septosporum* and epitypification of *D. pini*, causal agents of *Dothistroma* needle blight of pine. *Forest Pathology*, 2016, vol. 46, no. 5, pp. 388–407. <https://doi.org/10.1111/efp.12304>
17. Bulgakov T. S. *Dothistroma* needle blight – a new dangerous disease of *Crimean pine* (*Pinus pallasiana* D. Don) in the south of Russia. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of forestry complex], 2007, no. 17, pp. 109–113 (in Russian).
18. Belomesyatseva D. B., Gapienko O. S., Zvyagintsev V. B., Zhdanovich S. A. The invasive species of phytopathogenic organisms in Belarus and in the adjacent countries. *Botanika (issledovaniya): sbornik nauchnykh trudov* [Botany (research): collection of scientific papers]. Minsk, 2013, vol. 42, pp. 87–98 (in Russian).
19. *Interactive multimedia key of the most common diseases in forests, nurseries and dendroparks*. Available at: <http://cd.intelico.info/> (accessed 20 July 2019) (in Russian).

20. Belomesyatseva D. B., Zvyagintsev V. B., Shabashova T. G., Volchenkova G. A. The invasive species of phytopathogenic fungi in Scotch pine consortium. *Manitoryng i atsenka stanu raslinnaga svetu: materyaly V Mizhnarodnai navukovai kanferentsyi (Minsk–Belavezhskaya pushcha, 8–12 kastrychnika 2018 goda)* [Monitoring and assessment of the state of the plant world: materials of the V international scientific conference (Minsk-Belovezhskaya Pushcha, October 8–12, 2018)]. Minsk, 2018, pp. 128–130 (in Russian).

21. Belomesyatseva D. B., Zvyagintsev V. B., Shabashova T. G., Volchenkova G. A. Invasive species in the mycobiota of coniferous trees. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya 1, Lesnoe khozyaistvo, prirodopol'zovanie i pererabotka vozobnovlyayemykh resursov* [Proceedings of the Belarusian State Technological University. Series 1, Forestry, Environmental Management and Renewable Resources Processing], 2018, no. 1 (204), pp. 37–44 (in Russian).

22. Vasilevich V. V., Piranov G. G. Investigation of the *Dothistroma* needle blight in the North Belarus. *Molodost'. Intellekt. Initsiativa: materialy VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov i magistrantov (Vitebsk, 22 aprelya 2020 goda)* [Youth. Intelligence. Initiative: materials of the VIII International scientific and practical conference of students and undergraduates (Vitebsk, April 22, 2020)]. Vitebsk, 2020, pp. 47–50 (in Russian).

23. Bilai V. I. (ed.). *Guide of the experimental mycology methods*. Kiev, Naukova dumka Publ., 1982. 550 p. (in Russian).

24. Mirenkov Yu. A., Saskevich P. A., Tsyganov A. R., Kazharskii V. R. *Integrated pest and disease management: textbook for students*. Minsk, IVC Minfina Publ., 2008. 360 p. (in Russian).

25. Padutov V. E., Baranov O. Yu., Voropaev E. V. *The methods of molecular genetic technique*. Minsk, Yunipol Publ., 2007. 176 p. (in Russian).

26. Schoch C. L., Seifert K. A., Huhndorf S., Robert V., Spouge J. L., Levesque C. A., Chen W. [et al.]. Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012, vol. 109, no. 16, pp. 6241–6246. <https://doi.org/10.1073/pnas.1117018109>

27. Gardes M., Bruns T. D. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes application of the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology*, 1993, vol. 2, no. 2, pp. 113–118. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294x.1993.tb00005.x>

28. White T. J., Bruns T., Lee S., Taylor J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR protocols: a guide to methods and applications*. San Diego, 1989, pp. 315–322.

29. *National Center for Biotechnological Information, NCBI*. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/> (accessed 19.12.2019).

30. Zhukov A. M., Gninenko Yu. I. Understudied fungi – causative agents of coniferous diseases in Russian forests. *Informatsionnyi byulleten' VPRS MOBB = Information bulletin EPRS IOBC*, 2007, no. 37, pp. 134–141.

31. Markovskaja S., Kačergius A., Davydenko K., Fraser S. First record of *Neocatenulostroma germanicum* on pines in Lithuania and Ukraine and its co-occurrence with *Dothistroma* spp. and other pathogens. *Forest Pathology*, 2016, vol. 46, no. 5, pp. 522–533. <https://doi.org/10.1111/efp.12308>

32. Golovchenko L. A., Dishuk N. G., Pantelev S. V., Baranov O. Yu. New invasive specie of *Mycosphaerella dearnessii* in the composition of mycobiota of pine needles in the territory of Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2020, vol. 65, no. 1, pp. 98–105 (in Russian).

33. Lazarevič J., Menkis A. Fungal diversity in the phyllosphere of *Pinus heldreichii* H. Christ – an endemic and high-altitude pine of the Mediterranean region. *Diversity*, 2020, Vol. 12, no. 5, p. 172. <https://doi.org/10.3390/d12050172>

## Информация об авторах

Головченко Людмила Анатольевна – канд. биол. наук, заведующий лабораторией. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: L.Golovchenko@cbg.org.by

Дишук Наталия Георгиевна – канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: dishukn@rambler.ru

Пантелеев Станислав Викторович – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник. Институт леса НАН Беларуси (ул. Пролетарская, 71, 246050, г. Гомель, Республика Беларусь). E-mail: stasikdesu@mail.ru

Баранов Олег Юрьевич – д-р биол. наук, доцент, заведующий лабораторией. Институт леса НАН Беларуси (ул. Пролетарская, 71, 246050, г. Гомель, Республика Беларусь). E-mail: betula-belarus@mail.ru

## Information about the authors

Liudmila A. Golovchenko – Ph. D. (Biol.), Head of the Laboratory. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: L.Golovchenko@cbg.org.by

Natalia G. Dishuk – Ph. D. (Biol.), Leading Researcher. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dishukn@rambler.ru

Stanislav V. Pantelev – Ph. D. (Biol.), Senior Researcher. Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus (71, Proletarskaya Str., 246050, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: stasikdesu@mail.ru

Oleg Yu. Baranov – D. Sc. (Biol.), Associate Professor, Head of the Laboratory. Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus (71, Proletarskaya Str., 246050, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: betula-belarus@mail.ru