

ISSN 0026-3648

Том 57, Номер 5

Сентябрь - Октябрь 2023



МИКОЛОГИЯ И ФИТОПАТОЛОГИЯ



www.sciencejournals.ru



СОДЕРЖАНИЕ

Том 57, номер 5, 2023

БИОРАЗНООБРАЗИЕ, СИСТЕМАТИКА, ЭКОЛОГИЯ

- Новые виды для микобиот регионов России. 8. Информационное сообщение – 2023
- С. В. Волобуев, С. Ю. Большаков, Л. Б. Калинина, В. И. Капитонов,
Ю. А. Ребриев, Ю. Р. Химич, В. А. Власенко, О. Н. Ежов, А. В. Власенко,
И. В. Енущенко, Н. В. Шахова, И. В. Змитрович 309
- Особенности формирования микобиоты на каменных памятниках Санкт-Петербурга по данным метагеномного и культурального исследования
- К. В. Сазанова, М. С. Зеленская, О. А. Павлова, Д. Ю. Власов 321
- Афиллофороидные грибы государственного природного заказника “Пижемский” и памятника природы “Урочище Васин бор” (Кировская область, Россия)
- И. В. Ставищенко, Е. А. Лугина, С. И. Оботнин 332
- Афиллофороидные грибы острова Великий (Кандалакшский заповедник, Мурманская область, Россия)
- Ю. Р. Химич 344
-

ГРИБЫ – ВОЗБУДИТЕЛИ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ

- Антагонистические штаммы *Pantoea brenneri* как средства защиты растений
- Д. С. Бульмакова, Г. И. Шагиева, Д. Л. Иткина, О. А. Ленина,
М. Р. Шарипова, А. Д. Сулейманова 352
- Молекулярная идентификация, гены-эффекторы и вирулентность изолятов гриба *Parastagonospora podorum* из Алтайского края (Россия)
- Ю. В. Зеленева, Ф. Б. Ганнибал, И. А. Казарцев, В. П. Судникова 362
-

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- Первые данные о нивальных миксомицетах природно-исторического парка “Битцевский лес” (Москва, Россия)
- В. И. Гмошинский, Н. И. Киреева 372
- Микромицеты России: географические и таксономические заметки.
6. *Diatrypella quercina* (Xylariales, Ascomycota) в России
- А. Б. Шишлянникова, И. В. Змитрович, Г. И. Зарудная 378
-

Contents

Vol. 57, No. 5, 2023

BIODIVERSITY, TAXONOMY, ECOLOGY

New species for regional mycobiotas of Russia. 8. Report 2023 <i>S. V. Volobuev, S. Yu. Bolshakov, L. B. Kalinina, V. I. Kapitonov, Yu. A. Rebriev, Yu. R. Khimich, V. A. Vlasenko, O. N. Ezhov, A. V. Vlasenko, I. V. Enushchenko, N. V. Shakhova, I. V. Zmitrovich</i>	309
The peculiarities of the mycobiota formation on the Saint Petersburg stone monuments based on metagenomics and cultural data <i>K. V. Sazanova, M. S. Zelenskaya, O. A. Pavlova, D. Yu. Vlasov</i>	321
Aphyllorphoroid fungi of the State Nature Reserve “Pizhemskiy” and the Natural Monument “Urochishche Vasin Bor” (Kirov Region, Russia) <i>I. V. Stavishenko, E. A. Luginina, S. I. Obotnin</i>	332
Aphyllorphoroid fungi of the Velikiy Island (Kandalaksha State Nature Reserve, Murmansk Region, Russia) <i>Yu. R. Khimich</i>	344

PHYTOPATHOGENIC FUNGI

Antagonistic strains of <i>Pantoea brenneri</i> as plant protectors <i>D. S. Bulmakova, G. I. Shagieva, D. L. Itkina, O. A. Lenina, M. R. Sharipova, A. D. Suleymanova</i>	352
Molecular identification, effector genes and virulence of isolates of <i>Parastagonospora nodorum</i> from Altai Krai (Russia) <i>Yu. V. Zeleneva, Ph. B. Gannibal, I. A. Kazartsev, V. P. Sudnikova, V. D. Sidorova</i>	362

SHORT COMMUNICATIONS

First data on nivicolous myxomycetes in the “Bitsevsky forest” natural and historical park (Moscow, Russia) <i>V. I. Gmoshinskiy, N. I. Kireeva</i>	372
Micromycetes Rossicae: chorological and taxonomical notes. 6. <i>Diatrypella quercina</i> (Xylariales, Ascomycota) in Russia <i>A. B. Shishlyannikova, I. V. Zmitrovich, G. I. Zarudnaya</i>	378

УДК 582.28 : 581.95 (470 + 571)

NEW SPECIES FOR REGIONAL MYCOBIOTAS OF RUSSIA. 8. REPORT 2023

© 2023. S. V. Volobuev^{1,*}, S. Yu. Bolshakov^{1,**}, L. B. Kalinina^{1,2,***}, V. I. Kapitonov^{3,****}, Yu. A. Rebriev^{4,*****}, Yu. R. Khimich^{5,*****}, V. A. Vlasenko^{6,*****}, O. N. Ezhov^{7,*****}, A. V. Vlasenko^{6,*****}, I. V. Enushchenko^{8,*****}, N. V. Shakhova^{1,*****}, and I. V. Zmitrovich^{1,*****}

¹Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, 197022 St. Petersburg, Russia

²Polistovsky State Nature Reserve, 182840 Bezhanitsy, Russia

³Tobolsk Complex Scientific Station of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 626152 Tobolsk, Russia

⁴Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, 344006 Rostov-on-Don, Russia

⁵Institute of North Industrial Ecology Problems – subdivision of the Federal Research Centre “Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences”, 184209 Apatity, Russia

⁶Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 630090 Novosibirsk, Russia

⁷N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, 163000 Arkhangelsk, Russia

⁸All-Russian Plant Quarantine Center, 664023 Irkutsk, Russia

*e-mail: sergvolobuev@binran.ru

**e-mail: sbolshakov@binran.ru

***e-mail: lkalinina@binran.ru

****e-mail: kvi@udsu.ru

*****e-mail: rebriev@yandex.ru

*****e-mail: ukhim@inbox.ru

*****e-mail: vlasenkomyces@mail.ru

*****e-mail: olegezhik@gmail.com

*****e-mail: anastasiamix81@mail.ru

*****e-mail: deschampsia@yandex.ru

*****e-mail: nshakhova@binran.ru

*****e-mail: iv_zmitrovich@mail.ru

Received April 26, 2023; revised May 25, 2023; accepted May 31, 2023

A total of 83 fungal species including one ascomycete (*Helvella macropus*) and 82 basidiomycete species have been recorded for the first time from 18 administrative regions of Russia: Republic of Buryatia (2), Republic of Dagestan (7), Republic of Mordovia (30), Republic of Tyva (6), Primorsky Krai (1), Zabaykalsky Krai (3), Arkhangelsk Oblast (5), Irkutsk Oblast (4), Kaluga Oblast (1), Leningrad Oblast (1), Murmansk Oblast (7), Nizhny Novgorod Oblast (1), Novgorod Oblast (3), Novosibirsk Oblast (2), Pskov Oblast (1), Tyumen Oblast (10), Saint Petersburg Federal City (1), and Khanty-Mansi Autonomous Okrug (1 species). An annotated species list containing the data on locality, substrate, habitat type, date of collection, and voucher numbers is provided. *Pluteus vellinae* is reported as the first record in Russia. *Aurantiporus priscus*, *Bolbitius sibiricus*, and *Mycopan scabripes* are recorded in Russia for the second time. *Hypsizygus marmoreus* is reported for the third time. New data on little-collected fungal species such as *Botryobasidium botryoideum*, *Fibrodontia gossypina*, *Lycoperdon rupicola*, *Neohypochnicium cremicolor*, *Postia luteocaesia*, *Psathyrella gordonii*, and *Xylodon pruinosus*, is presented. Complete sequences of ITS1–5.8S–ITS2 nuclear ribosomal DNA for 16 species reported have been generated and submitted to the GenBank database.

Keywords: Ascomycota, Basidiomycota, biodiversity, DNA barcodes, fungal distribution, Russia

DOI: 10.31857/S0026364823050112, **EDN:** UCYFKK

INTRODUCTION

The present report is the eighth in the series of articles devoted to the new regional records of fungi (Bolshakov et al., 2016, 2018, 2020; Svetasheva et al., 2017; Volobuev et al., 2019, 2021a, 2022).

An annotation record includes the data on species location, substrate, habitat, and herbarium documentation. Voucher specimens are deposited in LE (Saint Petersburg), AR (Arkhangelsk), INEP (Apatity), and NSK (Novosibirsk) herbaria. Duplicates of all specimens are stored in LE.

MATERIALS AND METHODS

Material was collected and identified using light microscopy technique by the authors abbreviated as follows: Sergey V. Volobuev (SV), Sergey Yu. Bolshakov (SB), Lyudmila B. Kalinina (LK), Vladimir I. Kapitonov (VK), Yury A. Rebriev (YuR), Yuliya R. Khimich (YuKh), Vyacheslav A. Vlasenko (VV), Oleg N. Ezhov (OE), Ivan V. Zmitrovich (IZ), and other persons indicated in the text.

To shorten the names of administrative regions of Russia we have used the international standard codes ISO 3166-2:RU (ISO, 2010). Republic of Crimea was abbreviated as KM.

Data on the fungal species distribution in Russia is based on the updated database on *Agaricomycetes* diversity (Bolshakov et al., 2021, 2022) as well as other papers partly referenced in previous reports (Bolshakov et al., 2016; Svetasheva et al., 2017). Species registered for more than 25 regions are noted as widespread.

Molecular identity of some studied specimens has been confirmed by ITS1–5.8S–ITS nrDNA sequence analysis. DNA extraction, PCR amplification and sequencing were performed followed Volobuev et al. (2021b). Newly generated sequences were submitted to GenBank.

RESULTS

ASCOMYCOTA

PEZIZOMYCETES

Pezizales

Helvella macropus (Pers.) P. Karst. – new to Murmansk Oblast.

Distribution in Russia: IVA, KHA, KR, LEN, NGR, VOR, PRI.

Specimens examined: Murmansk Oblast, Tersky District, the Turiy Peninsula, 66.61678° N, 34.37766° E, on soil in old-growth spruce forest, 13.08.2022, coll. M.N. Kozhin, det. YuKh (LE F-342557, dupl. INEP 3672); Kirovsk, Khibiny Mts., slope of Mount Yuksporr, 67.64060° N, 33.72898° E, on fallen trunk of *Picea obovata* in mixed spruce-small-leaved forest, 25.08.2022, coll. and det. YuKh (INEP 3679).

BASIDIOMYCOTA

AGARICOMYCETES

Agaricales

Arrhenia spathulata (Fr.) Redhead – new to the Republic of Dagestan.

Distribution in Russia: ARK, KGD, KRS, LEN, MAG, MUR, RYA, SPE, VGG.

Specimen examined: Republic of Dagestan, Derbentsky District, vicinity of Naryn-Kala citadel (part of the Derbent fortress), 42.04309° N, 48.27777° E, on mosses in herb-mosses oak forest, 31.10.2021, coll. and det. SV (LE F-342526). GenBank accession number – OR225909 (ITS nrDNA).

Bolbitius sibiricus Bulyonk., E.F. Malysheva et L.B. Kalinina – new to Primorsky Krai.

Distribution in Russia: NVS.

Specimens examined: Primorsky Krai, Ussuriysk, vicinity of Gorno-Taezhnoe settlement, 47.70399° N, 132.16241° E, on rotten wood of *Tilia* sp. in wet deciduous forest with *Tilia* sp., *Quercus mongolica*, *Acer mono*, *Juglans mandshurica* and *Fraxinus* sp., 18.08.2020, coll. and det. LK (LE F-342533); *ibid.*, 43.70367° N, 132.16209° E, on rotten wood of deciduous tree in wet deciduous forest with *Tilia* sp., *Quercus mongolica*, *Acer mono*, *Juglans mandshurica* and *Fraxinus* sp., 21.08.2021, coll. and det. LK (LE F-342534).

Bovista paludosa Lév. – new to the Republic of Tyva.

Distribution in Russia: AL, IRK, KM, KO, KYA, MAG, TYU.

Specimens examined: Republic of Tyva, Piy-Khemsy District, 29 km north-eastward from Turan village, 52.31930° N, 94.23820° E, on soil, 04.08.2022, coll. A.V. Vlasenko, det. VV (LE F-342570, dupl. NSK 1017287); *ibid.*, 52.31240° N, 94.22680° E, on soil, among mosses, 03.08.2022, coll. A.V. Vlasenko, det. VV (LE F-342569, dupl. NSK 1017334). GenBank accession numbers – OQ874520, OQ874523 (ITS nrDNA).

B. tomentosa (Vittad.) De Toni – new to Zabaykalsky Krai.

Distribution in Russia: AL, ARK, AST, BEL, KGD, KL, LEN, MAG, NVS, SVE, VGG, YAN.

Specimen examined: Zabaykalsky Krai, Kalarsky District, Kodar Ridge, valley of the Oleniy Rog River, 56.80150° N, 117.31480° E, on soil in mountain tundra, 04.08.2021, coll. I.V. Enushchenko, det. YuR (LE F-342221).

Calvatia cretacea (Berk.) Lloyd – new to the Republic of Tyva.

Distribution in Russia: AL, ARK, BEL, CHE, CHU, KYA, MAG, ROS, SA, SE, SVE, YAN.

Specimen examined: Republic of Tyva, Piy-Khemsy District, 28 km north-eastward from Turan village, 52.31240° N, 94.22680° E, on soil in meadow, 03.08.2022, coll. A.V. Vlasenko, det. VV (LE F-342568, dupl. NSK 1017333). GenBank accession number – OQ874522 (ITS nrDNA).

C. turneri (Ellis et Everh.) Demoulin et M. Lange – new to the Republic of Buryatia and the Republic of Tyva.

Distribution in Russia: AL, ALT, ARK, CHU, KAM, KO, KYA, MAG, SVE, TYU, YAN.

Specimens examined: Republic of Buryatia, Okinsky District, valley of the Khelgin River, 52.51710° N, 98.82356° E, on soil in mountain tundra, 21.06.2017, coll. I.V. Enushchenko, det. YuR (LE F-342236); Republic of Tyva, Todzhinsky District, watershed of the Arzhan-Khem and Khelgin Rivers, 52.54270° N, 98.72620° E, on soil in mountain tundra, 21.06.2017, coll. I.V. Enushchenko, det. YuR (LE F-342235).

Clitocybe odora (Bull.) P. Kumm. – new to the Republic of Dagestan.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Republic of Dagestan, Derbentsky District, vicinity of Naryn-Kala citadel (part of the Derbent fortress), 42.04309° N, 48.27777° E, on soil in herb-mosses oak forest, 31.10.2021, coll. and det. SV (LE F-342524). GenBank accession number – OR225910 (ITS nrDNA).

Cristinia helvetica (Pers.) Parmasto – new to the Republic of Mordovia.

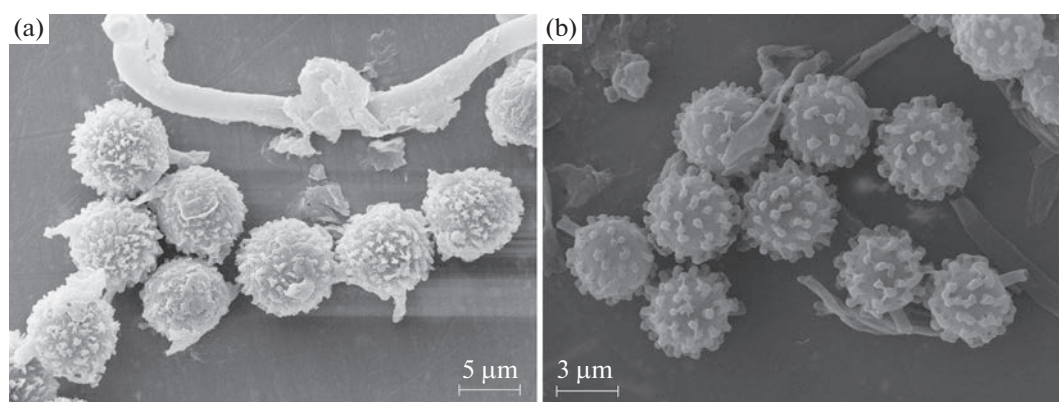


Fig. 1. Scanning electron micrograph (SEM) of basidiospores: a – *Disciseda hyalothrix* LE 2044; b – *Lycoperdon ericaeum* LE F-342324 (photos Yu.A. Rebriev).

Distribution in Russia: ARK, DA, KO, KR, LEN, NIZ, NVS, ORL, PER, PRI, SAK, SPE, SVE, TA, TVE, TYU, VGG, VLG, VOR.

Specimens examined: Republic of Mordovia, Temnikovsky District, Temnikov town, park imeni 50-Letiya VLKSM, 54.61547° N, 43.23143° E, on fallen branch of *Alnus glutinosa* in black alder forest, 28.09.2015, coll. and det. SB (LE 314479); Tengushevsky District, 5 km north-eastward from Standrovo village, 54.65230° N, 42.74098° E, on fallen branch of *A. glutinosa* in hygrophilous herb black alder forest, 11.08.2015, coll. and det. SB (LE 314603).

Disciseda hyalothrix (Cooke et Masee) Hollós – new to Irkutsk Oblast and the Republic of Buryatia.

Distribution in Russia: ALT, KB.

Specimens examined: Irkutsk Oblast, Irkutsk city, near the confluence of the Kaya River with the Irkut River, 52.28920° N, 104.23740° E, on soil in dry meadow, 03.04.2021, coll. I.V. Enushchenko, det. YuR (LE F-342240); Republic of Buryatia, Barguzinsky District, on the way from Suvo to Badom villages, 53.66670° N, 109.50000° E, on soil in steppe, 06.06.1911, coll. M. Korotky, det. YuR (LE 2044, Fig. 1, a).

Hebeloma alpinum (J. Favre) Bruchet – new to Novosibirsk Oblast.

Distribution in Russia: AL, ARK, CHU, KO, KYA, YAN.

Specimen examined: Novosibirsk Oblast, Novosibirsk city, Akademgorodok, Uchenykh str., 10, 54.83350° N, 83.10710° E, on soil in plantation of *Betula pendula* and *Padus maackii*, 27.08.2022, coll. T.V. Vlasenko, M.V. Vlasenko, det. VV (LE F-342567, dupl. NSK 1017415). GenBank accession number – OQ874528 (ITS nrDNA).

Hohenbuehelia fluxilis (Fr.) P.D. Orton – new to Pskov Oblast.

Distribution in Russia: CHE, KR, KYA, LEN, LIP, MOS, NGR, UD.

Specimen examined: Pskov Oblast, Bezhanitsky District, buffer zone of the Polistovsky Nature Reserve, Plavnikskoe Boloto trail, 57.09891° N, 30.36961° E, on dead standing tree of *Alnus* sp. in aspen forest with birch and rowan in undergrowth, 06.08.2021, coll. and det. LK (LE F-342537).

Hypsizygus marmoreus (Peck) H.E. Bigelow – new to the Republic of Dagestan.

Distribution in Russia: KYA, ORL.

Specimen examined: Republic of Dagestan, Magaram-kentsky District, Samursky National Park, Delta Samura area, vicinity of Primorsky village, 41.87864° N, 48.50992° E, on living tree of *Populus* sp. in liana poplar forest, 18.10.2021, coll. and det. SV (LE F-342529). GenBank accession number – OR225906 (ITS nrDNA).

Lycoperdon ericaeum Bonord. – new to Irkutsk Oblast.

Distribution in Russia: AD, AL, ARK, KK, LEN, LIP, PNZ, PRI, PSK, ROS, SE, TOM, TVE.

Specimen examined: Irkutsk Oblast, Angarsky District, the right bank of the Malaya Yelovka River, near the Yelovsky reservoir, 52.48850° N, 103.81330° E, on sandy soil in forb-grasses edge of the pine forest, 06.08.2022, coll. I.V. Enushchenko, det. YuR (LE F-342324, Fig. 1, b).

L. frigidum Demoulin – new to Zabaykalsky Krai.

Distribution in Russia: AL, CHU, IRK, MAG, SA, SVE, TY.

Specimen examined: Zabaykalsky Krai, Kalarsky District, Kodar Ridge, upper reaches of the Oleniy Rog River, near the Sygkhtinsky glacier, 56.80150° N, 117.31480° E, on soil in bedrock riegel, 22.08.2021, coll. I.V. Enushchenko, det. YuR (LE F-342273).

L. lambinonii Demoulin – new to the Republic of Tyva.

Distribution in Russia: AD, AL, ARK, CHE, IRK, KAM, KC, KDA, KO, KYA, MAG, MO, MOS, NGR, PRI, ROS, RYA, SVE, TOM, TYU, ULY, YAN.

Specimen examined: Republic of Tyva, Piy-Khemsy District, 28 km north-eastward from Turan village, 52.31240° N, 94.22680° E, on soil, 03.08.2022, coll. A.V. Vlasenko, det. VV (LE F-342565, dupl. NSK 1017330). GenBank accession number – OQ874521 (ITS nrDNA).

L. rupicola Jeppson, E. Larss. et M.P. Martín – new to Zabaykalsky Krai.

Distribution in Russia: AL, ALT, KHA, MAG.

Specimen examined: Zabaykalsky Krai, Kalarsky District, Kodar Ridge, 56.80150° N, 117.31480° E, on mosses in mountain tundra, 03.07.2021, coll. I.V. Enushchenko, det. YuR (LE F-342287).

Melanoleuca arcuata (Bull.) Singer — new to Novosibirsk Oblast.

Distribution in Russia: AL, KK, KR, LEN, MUR, PNZ, ROS, SPE, TVE.

Specimen examined: Novosibirsk Oblast, Novosibirsk city, Akademgorodok, Uchenykh str., 10, 54.83350° N, 83.10710° E, on soil in plantations of *Betula pendula* and *Padus maackii*, 27.08.2022, coll. T.V. Vlasenko, M.V. Vlasenko, det. VV (LE F-342564, dupl. NSK 1017338). GenBank accession number — OQ874524 (ITS nrDNA).

Mycena acicula (Schaeff.) P. Kumm. — new to Arkhangelsk Oblast.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimens examined: Arkhangelsk Oblast, Plesetsky District, vicinity of Sheleksa railway station, 62.89670° N, 40.30890° E, on soil in herb-rich larch forest, 30.08.2021, coll. OE, det. IZ (AR 3695); Shenskursky District, vicinity of Shegovary village, 62.37560° N, 42.94890° E, on soil in mixed coniferous-deciduous forest, 17.09.2022, coll. OE, det. IZ (AR 3676).

M. pura (Pers.) P. Kumm. — new to the Republic of Dagestan.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Republic of Dagestan, Magaramkentsky District, Samursky National Park, Delta Samura area, vicinity of Primorsky village, 41.87749° N, 48.53043° E, on fallen branch of *Euonymus* sp. in herb-rich poplar forest with oak, 17.10.2021, coll. and det. SV (LE F-342528). GenBank accession number — OR225907 (ITS nrDNA).

Mycopan scabripes (Murrill) Redhead, Moncalvo et Vilgalys — new to Novgorod Oblast.

Distribution in Russia: KGD.

Specimen examined: Novgorod Oblast, Borovichsky District, vicinity of abandoned Dubku village, 58.35774° N, 34.08576° E, on litter in mixed forest with aspen and oak, 05.10.2019, coll. and det. LK (LE F-342535).

Pluteus vellengae Justo, Ferisin, Ševčíková, Kaygusuz, G. Muñoz, Lebeuf et S.D. Russell — new to Russia.

Specimen examined: Leningrad Oblast, Kingissepsky District, vicinity of Kaibolovo village, the Suma River canyon, 59.57050° N, 28.83484° E, on rotten branch of deciduous tree on island in stream with elm and black alder, 21.07.2019, coll. and det. LK (LE F-342532, Fig. 2, c).

Psathyrella gordonii (Berk. et Broome) A. Pearson et Dennis — new to Novgorod Oblast.

Distribution in Russia: KM, PNZ, PRI, SPE, VGG.

Specimen examined: Novgorod Oblast, Chudovsky District, vicinity of Perehod village, 59.08809° N, 31.85179° E, on litter in aspen forest with *Rhamnus cathartica* and *Salix* spp. in undergrowth, 13.07.2019, coll. and det. LK (LE F-342536).

Radulomyces confluens (Fr.) M.P. Christ. — new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Zubovo-Polyansky District, 8 km south-westward from Lesnoy village, 54.44621° N, 42.64510° E, on fallen branch of *Quercus robur* in nemoral herb oak forest, 12.08.2015, coll. and det. SB (LE 314637).

Rickenella swartzii (Fr.) Kuyper — new to Novgorod Oblast and Saint Petersburg Federal City.

Distribution in Russia: ALT, KHM, KLU, LEN, MAG, MUR, NVS, PRI, PSK, TA, TOM, UD, VLG, YEV.

Specimens examined: Novgorod Oblast, Novgorodsky District, Volynskie dubravy nature protected area, near Volyn' village, 58.60626° N, 31.52985° E, on mossed trunk in mixed forest with spruce, aspen and oak in undergrowth, 06.07.2018, coll. and det. LK (LE F-342538); Saint Petersburg Federal City, Kalininsky District, Piskaryovsky city park, 59.99917° N, 30.40389° E, among mosses in park with pine and birch, 09.10.2022, coll. and det. LK (LE F-342539).

Tricholoma matsutake (S. Ito et S. Imai) Singer — new to Murmansk Oblast.

Distribution in Russia: IRK, KHA, KHM, KYA, LEN, PRI, TOM.

Specimen examined: Murmansk Oblast, Tersky District, 82 km of the Kandalaksha-Umba road, 66.86686° N, 33.97486° E, on soil in lichen pine forest by the road, 28.08.2022, coll. and det. YuKh (LE F-342559, dupl. INEP 3680).

Xerula pudens (Pers.) Singer — new to the Republic of Dagestan.

Distribution in Russia: AD, BEL, KDA, KM, KRS, KYA, LIP, PNZ, ROS, SAM, SEV, TA, TUL, ULY, VOR.

Specimen examined: Republic of Dagestan, Tabasaran-sky District, vicinity of Darvag settlement, 42.04473° N, 48.03850° E, on soil in herb-rich oak forest, 23.10.2021, coll. and det. SV (LE F-342531, Fig. 2, b). GenBank accession number — OR225908 (ITS nrDNA).

Amylocorticiales

Ceraceomyces tessulatus (Cooke) Jülich — new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Zubovo-Polyansky District, 2 km westward from Marlyay village, 53.83146° N, 42.62743° E, on fallen trunk of *Quercus robur* in nemoral herb pine forest with oak, 12.11.2015, coll. SB, det. IZ (LE 314412).

Atheliales

Athelia bombacina (Link) Pers. — new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: AL, ARK, BA, BEL, IRK, KHA, KHM, KIR, KM, KO, KR, KYA, LEN, MUR, NGR, NIZ, NVS, ORE, ORL, PER, SA, SPE, SVE, TOM, TYU.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Zubovo-Polyansky District, 0.5 km northward from Shiringushi village, 53.86270° N, 42.78473° E, on fallen branch of *Pinus sylvestris* in nemoral herb pine forest, 12.11.2015, coll. and det. SB (LE 314728).

A. neuhoffii (Bres.) Donk — new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: ARK, CHE, KAM, KGD, KHM, KIR, KR, LEN, SVE.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Tengu-shevsky District, 4.5 km westward from Barashevo village, 54.53857° N, 42.80133° E, on fallen trunk of *Picea abies* in nemoral herb pine forest, 11.11.2015, coll. SB, det. IZ (LE 314729).

Leptosporomyces galzinii (Bourdod) Jülich — new to the Republic of Mordovia.



Fig. 2. Basidiomata of some collected species *in situ*: a – *Neolentinus cyathiformis* LE F-342552 (photo S.V. Volobuev); b – *Xerula pudens* LE F-342531 (photo S.V. Volobuev); c – *Pluteus vellengae* LE F-342532 (photo L.B. Kalinina); d – *Aurantiporus priscus* AR3673 (photo O.N. Ezhov); e, f – *Caloboletus radicans* LE F-342530 (photo S.V. Volobuev).

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Zubovo-Polyansky District, 3 km westward from Marlyay village, 53.83113° N, 42.62762° E, on fallen trunk of *Pinus sylvestris* in nemoral herb pine forest, 12.11.2015, coll. SB, det. SB and IZ (LE 314628).

Auriculariales

Auricularia mesenterica (Dicks.) Pers. – new to Nizhny Novgorod Oblast.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimens examined: Nizhny Novgorod Oblast, Lukoyanovsky District, Imeni Stepana Razina settlement, 54.89200° N, 44.29400° E, on oak sleepers, 10.08.1964, coll.

P.A. Suvorov, det. SV (LE 210926); vicinity of Sanki village, 54.83490° N, 44.23300° E, on fallen trunk of *Tilia cordata*, 09.05.1998, coll. V.A. Spirin, det. SV (LE 210927); 4 km south-eastward from Pokrovka village, 54.70900° N, 44.35510° E, on fallen trunk of *Fraxinus excelsior*, 27.07.1999, coll. V.A. Spirin, det. SV (LE 210928); Pochinkovsky District, 6 km south-eastward from Kommunar village, 54.62390° N, 44.41520° E, on fallen trunk of *Quercus robur*, 21.05.1999, coll. V.A. Spirin, det. SV (LE 210929). All of these specimens were previously reported for the region as *Chondrostereum purpureum* (Pers.) Pouzar (Spirin, 2003).

Pseudohydnum gelatinosum (Scop.) P. Karst. – new to Murmansk Oblast.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimens examined: Murmansk Oblast, Tersky District, the Turiy Peninsula, 66.61297° N, 34.37723° E, on fallen trunk of *Picea obovata* in old-growth herbaceous spruce forest with an admixture of rowan, 13.08.2022, coll. YuKh and Borovichev E. A., det. YuKh (LE F-342558, dupl. INEP 3669, INEP 3670).

Boletales

Caloboletus radicans (Pers.) Vizzini – new to the Republic of Dagestan.

Distribution in Russia: BA, BEL, CU, KGD, KM, LIP, MO, MOS, ORE, PER, PNZ, SAM, SAR, SEV, SPE, TA, TUL, VGG.

Specimen examined: Republic of Dagestan, Magaramkentsky District, Samursky National Park, Delta Samura area, vicinity of Primorsky village, 41.82095° N, 48.53242° E, on soil in herb-rich hornbeam forest with oak and ash, 16.09.2022, coll. and det. SV (LE F-342530, fig. 2, e, f). GenBank accession number – OR225905 (ITS nrDNA).

Cantharellales

Botryobasidium botryoideum (Overh.) Parmasto – new to Tyumen Oblast.

Distribution in Russia: KO, KYA, PRI, TY.

Specimen examined: Tyumen Oblast, Tobolsk city, 58.27116° N, 68.49600° E, on fallen trunk of *Populus tremula* in birch forest with aspen, 30.06.2022, coll. and det. VK (LE F-342543).

B. capitatum (Link) Rossman et W.C. Allen – new to Tyumen Oblast.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Tyumen Oblast, Tobolsk city, 58.28930° N, 68.46641° E, on fallen trunk of *Populus tremula* in aspen-birch forest with pine, 27.07.2021, coll. and det. VK (LE F-342548).

B. conspersum J. Erikss. – new to Tyumen Oblast.

Distribution in Russia: AL, ARK, CHE, DA, DON, KDA, KO, LEN, LUG, NGR, NIZ, NVS, ORL, PER, PRI, SAM, SPE, SVE, TVE.

Specimen examined: Tyumen Oblast, Tobolsky District, vicinity of Belaya village, 58.27532° N, 68.69336° E, on fallen trunk of *Pinus sylvestris* in pine forest, 24.08.2021, coll. and det. VK (LE F-342547).

B. obtusisporum J. Erikss. – new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: AL, IRK, KDA, KHM, KIR, KO, KR, KYA, LEN, MUR, NVS, ORL, PER, PRI, SPE, SVE, TVE, YAN.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Zubovo-Polyansky District, 0.5 km eastward from Yavas village, 54.42135° N, 42.87331° E, on fallen trunk of *Pinus sylvestris* in mosses – dwarf shrub pine forest, 29.09.2015, coll. and det. SB (LE 314578, LE 314579).

B. vagum (Berk. et M.A. Curtis) D.P. Rogers – new to Tyumen Oblast.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Tyumen Oblast, Tobolsky District, vicinity of Vinokurovo village, 58.35162° N, 68.34105° E, on fallen trunk of *Pinus sibirica* in Siberian pine forest with spruce and fir, 15.04.2021, coll. and det. VK (LE F-342549).

Sistotrema coroniferum (Höhn. et Litsch.) Donk – new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: BA, KGN, LEN, OMS, PER, SVE.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Tengu-shevsky District, 4.5 km westward from Barashevo village, 54.53830° N, 42.80224° E, on fallen trunk of *Populus tremula* in nemoral herb pine forest, 11.11.2015, coll. SB, det. SB and IZ (LE 314731).

S. resinicystidium Hallenb. – new to Murmansk Oblast.

Distribution in Russia: ARK, DA, KHM, KO, KR, NIZ, NVS, SVE, TVE, TYU.

Specimen examined: Murmansk Oblast, Lovozersky District, 67.48844° N, 35.05292° E, on log of *Pinus sylvestris* in pine forest, 10.08.2021, coll. and det. YuKh (LE F-342561, dupl. INEP 3500).

Corticiales

Vuilleminia coryli Boidin, Lanq. et Gilles – new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: ARK, BRY, KDA, KLU, LEN, LIP, MOS, NIZ, ORL, PSK, RYA, SAM, SPE, SVE, TUL, TVE, VGG, VOR.

Specimens examined: Republic of Mordovia, Zubovo-Polyansky District, 0.5 km northward from Shiringushi village, 53.86268° N, 42.78429° E, on dry dead branch of living *Corylus avellana* in nemoral herb pine forest, 12.11.2015, coll. and det. SB (LE 314475); 0.5 km south-eastward from Udevo village, 53.84751° N, 42.59173° E, on dead standing stem of *C. avellana* in nemoral herb birch forest, 12.11.2015, coll. and det. SB (LE 314476).

Geastrales

Geastrum pectinatum Pers. – new to Arkhangelsk Oblast.

Distribution in Russia: AMU, BEL, KGD, KHA, KK, KM, KO, KR, KYA, LEN, LIP, MOS, NGR, NIZ, NVS, PNZ, PRI, PSK, ROS, SMO, SPE, SVE, TA, TVE, VOR.

Specimen examined: Arkhangelsk Oblast, Primorsky District, Solovetsky archipelago, Bolshoy Solovetsky Island, vicinity of Varyazhsky village, 65.02320° N, 35.73845° E, on soil in spruce forest, 05.08.2021, coll. OE, det. OE and IZ (AR 3721).

G. rufescens Pers. – new to the Republic of Dagestan.

Distribution in Russia: AL, ALT, BEL, BRY, DA, KC, KK, KM, KR, KRS, LEN, LIP, MO, PNZ, PRI, ROS, RYA, SPE, SVE, TA, TOM, TVE, UD, VGG, VOR.

Specimen examined: Republic of Dagestan, Gunibsky District, Verkhny Gunib Nature Park, 42.40759° N, 46.90312° E, on soil in pine forest with birch, 06.10.2018, coll. SV, det. YuR (LE F-342554).

G. schmidelii Vittad. – new to Irkutsk Oblast.

Distribution in Russia: AL, ALT, AST, BEL, KC, KGD, KHR, KK, KYA, LIP, PER, PNZ, PRI, ROS, RYA, SAR, SVE, TA, TUL, TY, UD, VGG, VOR.

Specimen examined: Irkutsk Oblast, Irkutsk city, near the confluence of the Kaya River with the Irkut River, 52.28920° N, 104.23740° E, on sandy soil in psammophytic steppe, 16.04.2020, coll. I.V. Enushchenko, det. YuR (LE F-342263).

Gloeophyllales

Neolentinus cyathiformis (Schaeff.) Della Magg. et Trassin. — new to Kaluga Oblast.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Kaluga Oblast, Ulyanovsky District, Kaluzhskiy Zaseki Nature Reserve, vicinity of Nagaya village, 53.62336° N, 35.86784° E, on fallen trunk of *Populus tremula* in herb-fern aspen forest with oak, maple and linden, 18.08.2022, coll. N.V. Shakhova, det. SV (LE F-342552, Fig. 2, a, voucher for the strain LE-BIN 4895). GenBank accession number — OR225904 (ITS nrDNA).

Hymenochaetales

Kneiffiella subalutacea (P. Karst.) Jülich et Stalpers — new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Temnikovsky District, Temnikov town, park imeni 50-Letiya VLKSM, 54.62211° N, 43.22884° E, on fallen branch of *Pinus sylvestris* in pine forest, 28.09.2015, coll. and det. SB (LE 314557).

Kurtia argillacea (Bres.) Karasiński — new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Temnikovsky District, Temnikov town, park imeni 50-Letiya VLKSM, 54.62211° N, 43.22884° E, on fallen trunk of *Pinus sylvestris* in pine forest, 28.09.2015, coll. and det. SB (LE 314639).

Lyomyces sambuci (Pers.) P. Karst. — new to Khanty-Mansi Autonomous Okrug.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Khanty-Mansi Autonomous Okrug, vicinity of Shapsha village, 60.08250° N, 69.45611° E, on fallen branch of *Populus tremula* in herb-fern Siberian pine forest with aspen and birch, 26.07.2022, coll. N.V. Shakhova, det. SV (LE F-342553, voucher for the strain LE-BIN 4966). GenBank accession number — OR225903 (ITS nrDNA).

Onnia tomentosa (Fr.) P. Karst. — new to Murmansk Oblast.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Murmansk Oblast, Tersky District, Kideretsky Island (near the Turiy Peninsula, western coast), 66.59634° N, 34.37551° E, on soil in blueberry spruce forest, 13.08.2022, coll. M.N. Kozhin, det. YuKh (LE F-342555, dupl. INEP 3665).

Tubulicrinis calothrix (Pat.) Donk — new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: AL, ARK, BEL, IRK, KHM, KO, KR, KYA, LEN, MUR, NVS, ORL, PER, PRI, SPE, SVE, TA, TVE, TY, TYU, VLG, VOR, YAN, ZAB.

Specimens examined: Republic of Mordovia, Zubovo-Polyansky District, 3.5 km south-eastward of Vysha village, Boloto Bolshoye protected area, 53.81122° N, 42.39896° E, on fallen branch of *Picea abies* in nitrophilous herb black alder forest, 14.08.2015, coll. and det. SB (LE 314512); 0.5 km eastward from Yavas village, 54.42135° N, 42.87331° E, on fallen trunk of *Pinus sylvestris* in mosses — dwarf shrub pine forest, 29.09.2015, coll. and det. SB (LE 314513, LE 314580).

T. subulatus (Bourdot et Galzin) Donk — new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimens examined: Republic of Mordovia, Temnikovsky District, 6.5 km eastward from Yavas village, 54.42832° N, 42.96324° E, on fallen branch of *Pinus sylvestris* in mosses — dwarf shrub pine forest, 30.09.2015, coll. and det. SB (LE 314511); 0.5 km south-eastward from Udevo village, 53.84670° N, 42.59071° E, on fallen branch of *P. sylvestris* in nemoral herb birch forest, 12.11.2015, coll. and det. SB (LE 314590).

Xylodon nesporii (Bres.) Hjortstam et Ryvarden — new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimens examined: Republic of Mordovia, Temnikovsky District, Temnikov town, park imeni 50-Letiya VLKSM, 54.62287° N, 43.22728° E, on fallen trunk of *Acer platanoides* in birch forest, 28.09.2015, coll. and det. SB (LE 314566); *ibid.*, 54.60994° N, 43.23210° E, on dead standing tree of *Salix* sp. in nemoral herb pine forest, 28.09.2015, coll. and det. SB (LE 314572); *ibid.*, 54.62211° N, 43.22884° E, on fallen branch of *Pinus sylvestris* in pine forest, 28.09.2015, coll. and det. SB (LE 314573); Zubovo-Polyansky District, 5 km westward from Marlyay village, 53.83146° N, 42.62743° E, on fallen trunk of *Quercus robur* in nemoral herb pine with oak forest, 12.11.2015, coll. and det. SB (LE 314722); 3.5 km north-westward from Potma village, 54.14634° N, 42.86856° E, on fallen trunk of *Pinus sylvestris* in mosses — dwarf shrub pine forest, 13.08.2015, coll. and det. SB (LE 314922).

X. pruinosis (Bres.) Spirin et Viner — new to Tyumen Oblast.

Distribution in Russia: KYA, NIZ, SVE.

Specimen examined: Tyumen Oblast, Tobolsky District, vicinity of Belaya village, 58.27532° N, 68.69336° E, on fallen branch of *Betula* sp. in mixed forest with pine, birch and aspen, 26.09.2019, coll. and det. VK (LE F-342542).

Polyporales

Aegerita candida Pers. — new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: DON, KDA, KIR, KR, LEN, NIZ, ORE, ROS, RYA, SVE, TVE, VLG.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Temnikovsky District, Temnikov town, park imeni 50-Letiya VLKSM, 54.61547° N, 43.23143° E, on fallen branch of *Alnus glutinosa* in black alder forest, 28.09.2015, coll. SB, det. IZ (LE 314593).

Aurantiporus priscus Niemelä, Miettinen et Manninen — new to Arkhangelsk Oblast.

Distribution in Russia: LEN.

Specimen examined: Arkhangelsk Oblast, Shenkursky District, Shegovary village, vicinity of Tsyganikha place, 62.40338° N, 43.00694° E, on fallen trunk of *Pinus sylvestris* in lichen pine forest, 17.09.2022, coll. OE, det. OE and IZ (LE F-342540, dupl. AR 3673, Fig. 2, d).

Ceriporia bresadolae (Bourdot et Galzin) Donk — new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: ARK, AST, CHE, DA, LIP, NIZ, ORL, PER, PNZ, TA, TY, YAN.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Zubovo-Polyansky District, 0.5 km northward from Shiringushi village, 53.86307° N, 42.78420° E, on fallen branch of *Pinus sylvestris* in nemoral herb pine forest, 12.11.2015, coll. and det. SB (LE 314418).

Cinereomyces lindbladii (Berk.) Jülich – new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Zubovo-Polyansky District, 3.5 km north-westward from Potma village, 54.14634° N, 42.86856° E, on fallen trunk of *Pinus sylvestris* in mosses – dwarf shrub pine forest, 13.08.2015, coll. and det. SB (LE 314405).

Hyphoderma litschaueri (Burt) J. Erikss. et Å. Strid – new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: KDA, KIR, LEN, ORE, ORL, PER, SVE, TVE, TYU, VLG, YAN.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Tengu-shevsky District, 4 km northward from Khlebino village, the shore of Piyavskoye Lake, 54.66859° N, 42.81776° E, on fallen trunk of *Populus tremula* in boreal-nemoral herb pine forest, 11.08.2015, coll. and det. SB (LE 314594).

H. transiens (Bres.) Parmasto – new to Tyumen Oblast.

Distribution in Russia: BEL, KDA, KLU, KM, LEN, LIP, MO, ORL, SAM, SVE, TVE, VLG.

Specimen examined: Tyumen Oblast, Tobolsky District, vicinity of Belaya village, 58.27678° N, 68.69433° E, on fallen trunk of *Tilia cordata* in aspen forest with linden, 24.08.2021, coll. and det. VK (LE F-342544).

Meruliopsis violacea (Fr.) Bondartsev – new to Arkhangelsk Oblast.

Distribution in Russia: CHE, KHM, KIR, KYA, LEN, MO, MOS, NIZ, NVS, PER, SVE, TA, UD.

Specimen examined: Arkhangelsk Oblast, Plesetsky District, Kenozersky National Park, Plesetsky sector, vicinity of Shishkino village, 62.00790° N, 38.02173° E, on fallen trunk of *Picea obovata* in mixed coniferous-deciduous forest, 21.08.2021, coll. OE, det. SV and OE (LE F-342541, dupl. AR 3617).

Metulodontia nivea (P. Karst.) Parmasto – new to Murmansk Oblast.

Distribution in Russia: AMU, ARK, KC, KDA, KGD, KLU, KO, KR, LEN, MO, NGR, NIZ, NVS, ORL, PER, PSK, SAM, SVE, TA, TVE, TYU.

Specimen examined: Murmansk Oblast, Pechengsky District, Pasvik Nature Reserve, north-western foothills of Mount Kalkupya, 69.30447° N, 29.34630° E, on fallen trunk of *Populus tremula* in aspen forest, 23.08.2017, coll. and det. YuKh (LE F-342556, dupl. INEP 3370, INEP 3373).

Neohypochnicum cremicolor (Bres.) N. Maek. – new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: KO, OMS, TVE.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Tengu-shevsky District, 5 km north-eastward from Standrovo village, 54.65203° N, 42.74007° E, on fallen trunk of *Alnus glutinosa* in hygrophilous herb black alder forest, 11.08.2015, coll. and det. SB (LE 314636).

Niemelaea consobrina (Bres.) Zmitr., Ezhov et Khimich – new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: ARK, KM, LEN, MUR, TVE, UD.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Temnikovsky District, Temnikov town, park imeni 50-Letiya VLKSM, 54.61547° N, 43.23143° E, on dead standing trunk of *Salix* sp. in black alder forest, 28.09.2015, coll. and det. SB (LE 314620).

Phanerochaete calotricha (P. Karst.) J. Erikss. et Ryvar-den – new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: ARK, BEL, DA, KHM, KO, KR, LEN, MUR, NIZ, NVS, ORE, ORL, PER, ROS, SAM, SPE, SVE, VGG.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Zubovo-Polyansky District, 7 km south-westward from Lesnoy village, 54.43901° N, 42.64864° E, on fallen trunk of *Acer platanoides* in nemoral herb linden forest, 12.08.2015, coll. and det. SB (LE 314605).

Ph. galactites (Bourdote et Galzin) J. Erikss. et Ryvar-den – new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: ARK, BEL, KR, NIZ, ORL, TYU, VLG.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Temnikovsky District, Temnikov town, park imeni 50-Letiya VLKSM, 54.61547° N, 43.23143° E, on dead standing tree of *Salix* sp. in black alder forest, 28.09.2015, coll. and det. SB (LE 314635).

Phlebia subochracea (Bres.) J. Erikss. et Ryvar-den – new to Tyumen Oblast.

Distribution in Russia: ALT, ARK, BA, CHE, IRK, KDA, KHM, KO, LEN, MO, OMS, ORE, ROS, SVE, VGG, VLG, VOR.

Specimen examined: Tyumen Oblast, Tobolsky District, vicinity of Vesnina village, 58.32872° N, 68.14586° E, on fallen trunk of *Salix fragilis* in floodplain willow forest, 22.07.2021, coll. and det. VK (LE F-342545).

Postia caesia (Schrad.) P. Karst. – new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Temnikovsky District, 2.5 km eastward from Yavas village, 54.42209° N, 42.89567° E, on fallen trunk of *Picea abies* in mosses – dwarf shrub spruce forest, 30.09.2015, coll. and det. SB (LE 314500).

P. luteocaesia (A. David) Jülich – new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: LEN, MOS, NGR, ORL, PSK.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Temnikovsky District, 5.5 km eastward from Yavas village, 54.42652° N, 42.94678° E, on fallen trunk of *Pinus sylvestris* with *Postia leucomallella* (Murrill) Jülich in mosses – dwarf shrub spruce forest, 30.09.2015, coll. and det. SB (LE 314306).

Rhizoporia hyalina (Spirin, Miettinen et Kotir.) Audet – new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: ARK, DA, KR, LEN, MOW, NIZ, ORL, SAM, SVE, TY.

Specimens examined: Republic of Mordovia, Tengu-shevsky District, 4 km northward from Khlebino village, the shore of Piyavskoye Lake, 54.66831° N, 42.81756° E, on fallen branch of *Populus tremula* in sphagnum birch forest, 11.08.2015, coll. and det. SB (LE 314937); Zubovo-Polyansky District, 4 km south-westward from Lesnoy village,

54.44301° N, 42.64668° E, on fallen branch of *Populus tremula* in nemoral herb linden forest, 12.08.2015, coll. and det. SB (LE 314938).

Trametopsis cervina (Schwein.) Tomšovský — new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Temnikovskiy District, 6 km northward from Stary Gorod village, 54.73620° N, 43.07562° E, on fallen trunk of *Prunus padus* in nitrophilous herb linden forest, 05.08.2015, coll. and det. SB (LE 311587).

Xanthoporus syringae (Parmasto) Audet — new to Irkutsk Oblast.

Distribution in Russia: ARK, CHU, IRK, KO, MAG, MUR, RYA, SVE.

Specimen examined: Irkutsk Oblast, Olkhonsky District, valley of the Solntsepad River, 54.03730° N, 108.25600° E, on fallen trunk of *Pinus sibirica* in Siberian pine forest, 27.08.2013, coll. I.A. Gorbunova, det. VV (LE F-342562, dupl. NSK 1014997). GenBank accession number — OQ874527 (ITS nrDNA).

Russulales

Asterostroma laxum Bres. — new to Murmansk Oblast.

Distribution in Russia: ARK, CU, KDA, KHM, KO, KR, SVE, VLG.

Specimens examined: Murmansk Oblast, Kirovsk, Khibiny Mts., the southwest slope of the Poachvumchorr Ridge, 67.67364° N, 33.61978° E, on stump of *Picea obovata* in spruce forest, 10.09.2019, coll. and det. YuKh (LE F-342560, dupl. INEP 3300); Pechengsky District, Pasvik Nature Reserve, northern part of the reserve, vicinity of Glukhaya plotina area, 69.35414° N, 29.80492° E, on fallen trunk of *Pinus sylvestris* in pine forest, 05.09.2018, coll. and det. YuKh (INEP 3415).

Lactarius pubescens Fr. — new to the Republic of Tyva.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Republic of Tyva, Kyzylsky District, 20 km north-eastward from Cherbi village, 51.91970° N, 94.86640° E, on soil in aspen-birch-larch forest, 10.08.2020, coll. A.V. Vlasenko, det. VV (LE F-342566, dupl. NSK 1017340). GenBank accession number — OQ874525 (ITS nrDNA).

Peniophora lilacea Bourdot et Galzin — new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: ARK, DON, KDA, LIP, PSK, ROS, RYA.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Zubovo-Polyansky District, 6 km south-westward from Lesnoy village, 54.44711° N, 42.64649° E, on fallen branch of *Ulmus* sp. in nemoral herb linden forest, 12.08.2015, coll. and det. SB (LE 314640).

Russula exalbicans (Pers.) Melzer et Zvára — new to the Republic of Tyva.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Republic of Tyva, Todzhinsky District, 48 km northward from Sevi village, 52.91580° N, 94.99220° E, on soil, 08.08.2020, coll. A.V. Vlasenko, det. VV (LE F-342563, dupl. NSK 1017345). GenBank accession number — OQ874526 (ITS nrDNA).

Vararia investiens (Schwein.) P. Karst. — new to Tyumen Oblast.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Tyumen Oblast, Tobolsk city, 58.29112° N, 68.47239° E, on fallen branch of *Picea obovata* in coniferous forest with *Betula* × *aurata*, 26.05.2022, coll. and det. VK (LE F-342551).

Thelephorales

Tomentella neobourdotii M.J. Larsen — new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: ARK, IRK, KDA, KHA, KM, KR, KYA, LIP, NGR, NVS, PRI, SA, SAK, SPE, SVE, TVE, TY, VLG, YAN, ZAB.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Zubovo-Polyansky District, 6.5 km north-eastward from Vysha village, 53.87795° N, 42.46754° E, on fallen trunk of *Betula* sp. with *Mycoacia fuscoatra* (Fr.) Donk in sphagnum birch forest, 14.08.2015, coll. and det. SB (LE 314532).

Trechisporales

Fibrodontia gossypina Parmasto — new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: DA, KDA, KHM, KO, LIP.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Zubovo-Polyansky District, 5 km south-westward from Lesnoy village, 54.44711° N, 42.64649° E, on fallen trunk of *Acer platanoides* in nemoral herb linden forest, 12.08.2015, coll. and det. SB (LE 314596).

Sistotremastrum suecicum Litsch. ex J. Erikss. — new to Tyumen Oblast.

Distribution in Russia: ARK, IRK, KHM, KM, KO, KR, KYA, LEN, MUR, NIZ, NVS, PRI, PSK, SPE, SVE, TVE, YAN.

Specimen examined: Tyumen Oblast, Tobolsk city, 58.20477° N, 68.24676° E, on fallen trunk of *Populus tremula* in aspen forest with birch and linden, 17.04.2021, coll. and det. VK (LE F-342546).

Subulicystidium longisporum (Pat.) Parmasto — new to Tyumen Oblast.

Distribution in Russia: widespread species.

Specimen examined: Tyumen Oblast, Tobolsky District, vicinity of Suzgun village, 58.21974° N, 68.19132° E, on fallen trunk of *Tilia cordata* in linden forest with aspen and birch, 13.07.2022, coll. and det. VK (LE F-342550).

Trechispora candidissima (Schwein.) Bondartsev et Singer — new to the Republic of Mordovia.

Distribution in Russia: AL, ARK, BRY, DA, IRK, KAM, KEM, KM, KO, LEN, MOS, NIZ, NVS, ORL, SPE, SVE, TOM, TVE.

Specimen examined: Republic of Mordovia, Zubovo-Polyansky District, 4 km westward from Marlyay village, 53.83146° N, 42.62743° E, on fallen trunk of *Quercus robur* with *Byssocorticium atrovirens* (Fr.) Bondartsev et Singer in nemoral herb pine with oak forest, 12.11.2015, coll. and det. SB (LE 314411).

DACRYMYCETES

Dacrymycetales

Dacrymyces chrysocomus (Bull.) Tul. — new to Arkhangelsk Oblast.

Distribution in Russia: AMU, KEM, KHM, KM, KO, LEN, MOW, OMS, PRI, PSK, SVE, TOM, TVE.

Specimens examined: Arkhangelsk Oblast, Kargopolsky District, Kenozersky National Park, Kargopolsky sector, vicinity of Okhotnichya zaimka hut, 61.73260° N, 38.01410° E, on fallen trunk of *Picea obovata* in mixed coniferous-deciduous forest, 12.07.2016, coll. OE, det. OE and IZ (AR 2744); Shenkursky District, vicinity of Shegovary village, 62.37560° N, 42.94890° E, on fallen trunk of *Pinus sylvestris* in floodplain, 21.09.2020, coll. and det. OE (AR 3434).

DISCUSSION

A total of 83 macromycete species, including one species (*Helvella macropus*) from the phylum *Ascomycota* and 82 species from the phylum *Basidiomycota*, have been recorded for the first time from 18 administrative regions of Russia.

One of regional mycological novelties, *Pluteus vellengae*, is reported as new species to Russia based on specimen collected in Leningrad Oblast. This wood-inhabiting species was described in 2022, has a Holarctic distribution and has been known from Central and Southern Europe, Western Asia, and North America (Ševčíková et al., 2022). The finding of *P. vellengae* from Leningrad Oblast confirmed the presence of this species in Eastern Europe.

Noteworthy are fungal finds which are reported for Russia only for the second time and for the third time. Three species — *Aurantiporus priscus*, *Bolbitius sibiricus*, and *Mycopan scabripes* — are listed for Russia as the second occurrences. Among them, *Aurantiporus priscus* described from old-growth forests and developing basidiomata on large and long-ago fallen conifer trunks (Niemelä et al., 2012), was previously known in Russia as a protected polypore fungus for Leningrad Oblast only (Geltman et al., 2018). *Bolbitius sibiricus* was recently described from vicinity of Novosibirsk, and until now this species was known only from type locality (Crous et al., 2021). New records from Primorsky Krai listed above extend the global distributional range of the species from the south of Siberia to the south of the Russian Far East. *Mycopan scabripes* was earlier registered in the Northwest European Russia from Kaliningrad Oblast only (Dedkov et al., 2007). The species *Hypsizygus marmoreus* is recorded by the third finding besides the known localities in Oryol Oblast (Volobuev et al., 2020) and Krasnoyarsk Krai (Malysheva et al., 2017).

New data on distribution of some little-collected fungal species such as *Botryobasidium botryoideum*, *Fibrodontia gossypina*, *Lycoperdon rupicola*, *Neohypochnicium cremicolor*, *Postia luteocaesia*, *Psathyrella gordonii*, and *Xylodon pruinosus*, is presented. In particu-

lar, the cited finding of *Xylodon pruinosus* from Tyumen Oblast is the first reliable record of the species in Western Siberia. However, some collections of *Xylodon detriticus* (Bourdot) K.H. Larss., Viner et Spirin [= *Lagarobasidium detriticum* (Bourdot) Jülich] on a woody substrate may actually refer to *Xylodon pruinosus*, with which it was previously synonymized (Viner et al., 2018).

In addition to traditional microscopic identification, ITS1–5.8S–ITS2 nuclear ribosomal DNA sequences were obtained from the specimens studied and compared with the reference sequences from the GenBank database. Complete sequences of ITS nrDNA have been generated and submitted to the GenBank database for *Arrhenia spathulata*, *Bovista paludosa*, *Caloboletus radicans*, *Calvatia cretacea*, *Clitocybe odora*, *Hebeloma alpinum*, *Hypsizygus marmoreus*, *Lactarius pubescens*, *Lycoperdon lambinonii*, *Lyomyces sambuci*, *Melanoleuca arcuata*, *Mycena pura*, *Neolentinus cyathiformis*, *Russula exalbicans*, *Xanthoporus syringae*, and *Xerula pudens*.

The work of S.V. Volobuev, S.Yu. Bolshakov, L.B. Kalinina, N.V. Shakhova, and I.V. Zmitrovich has been carried out within the framework of the institutional research project of the Komarov Botanical Institute (project 122011900033-4) using the equipment of the Core Facility Centre “Cell and Molecular Technologies in Plant Science” at the Komarov Botanical Institute, RAS (St. Petersburg, Russia). The work of L.B. Kalinina has been carried out within the framework of the research project of the Polistovsky State Nature Reserve, FOIV — 1-22-66-3. The work of V.I. Kapitonov was carried out within the framework of the research project of the Tobolsk Complex Scientific Station of the Ural Branch RAS (project 122011800529-3). The work of Yu.A. Rebriev was carried out within the frame of government assignment for the South Science Center RAS (project 122020100332-8). The work of Yu.R. Khimich was carried out within the framework of the research project no. FMEZ-2022-0021 of the Institute of North Industrial Ecology Problems of the Kola Scientific center of RAS. The work of V.A. Vlasenko and A.V. Vlasenko was carried out within the framework of the State Assignment of the Central Siberian Botanical Garden, SB RAS (№ AAAA-A21-121011290024-5). The work of O.N. Ezhov was supported financially by the Russian Science Foundation (RSF project N 23-24-10030). The authors are grateful to Drs. E.A. Borovichev, I.A. Gorbunova, M.N. Kozhin for kindly providing fungal specimens. Molecular work was financially supported by the Ministry of science and higher education of the Russian Federation under Agreement No. 075-15-2021-1056.

REFERENCES

- Bolshakov S. Yu., Potapov K. O., Ezhov O. N. et al.* New species for regional mycobiotas of Russia. 1. Report 2016. Mikologiya i fitopatologiya. 2016. V. 50 (5). P. 275–286.
- Bolshakov S. Yu., Volobuev S. V., Ezhov O. N. et al.* Aphyllophoroid fungi of the European part of Russia: a checklist / Eds. S. Yu. Bolshakov, S. V. Volobuev. ETU Publishing house, Saint Petersburg, 2022 (in Russ.).
- Bolshakov S. Yu., Volobuev S. V., Potapov K. O. et al.* New species for regional mycobiotas of Russia. 3. Report 2018. Mikologiya i fitopatologiya. 2018. V. 52 (6). P. 386–397. <https://doi.org/10.1134/S0026364818060028>
- Bolshakov S. Yu., Kalinina L. B., Volobuev S. V. et al.* New species for regional mycobiotas of Russia. 5. Report 2020. Mikologiya i fitopatologiya. 2020. V. 54 (6). P. 404–413. <https://doi.org/10.31857/S0026364820060033>
- Bolshakov S., Kalinina L., Palomozhnykh E. et al.* Agaricoid and boletoid fungi of Russia: the modern country-scale checklist of scientific names based on literature data. Biological Communications. 2021. V. 66 (4). P. 316–325. <https://doi.org/10.21638/spbu03.2021.404>
- Crous P. W., Cowan D. A., Maggs-Kölling G. et al.* Fungal Planet description sheets: 1182–1283. Persoonia. 2021. V. 46. P. 313–528. <https://doi.org/10.3767/persoonia.2021.46.11>
- Dedkov V. P., Volodina A. A., Gubareva I. Yu.* Summary of fungi of Kaliningrad Oblast. In: V. P. Dedkov, I. Yu. Gubareva (eds). Biodiversity of the Kaliningrad Oblast. Part 1. Fungi, lichens, clubmosses, horsetails and ferns of Kaliningrad Oblast. Publishing House of the Immanuel Kant Russian State University, Kaliningrad, 2007. P. 6–78 (in Russ.).
- Geltman D. V., Himelbrant D. E., Konechnaya G. Yu. et al.* Vascular plants, bryophytes, algae, lichens, fungi and slime molds needed in regional conservation measures in the Leningrad Region. Botanicheskii Zhurnal. 2018. V. 103 (6). P. 764–811 (in Russ.).
- ISO 3166-2 Changes in the list of subdivision names and code elements. Newsletter II-2. 2010. http://www.iso.org/iso/iso_3166-2_newsletter_ii-2_2010-06-30.pdf. Accessed 12.04.2021
- Malysheva V. F., Malysheva E. F., Kiyashko A. A. et al.* Fungi and mosses of the Sayano-Shushensky Nature Reserve. Synopsis of flora. Edited by E. A. Shikalova. Shushenskoye, 2017 (in Russ.).
- Niemelä T., Miettinen O., Manninen O.* *Aurantiporus priscus* (Basidiomycota), a new polypore from old fallen conifer trees. Ann. Bot. Fennici. 2012. V. 49. P. 201–205.
- Ševčíková H., Malysheva E., Ferisin G. et al.* Holarctic species in the *Pluteus romellii* clade. Five new species described and old names reassessed. J. Fungi. 2022. V. 8 (8). Art. 773. <https://doi.org/10.3390/jof8080773>
- Svetasheva T. Yu., Arslanov S. N., Bolshakov S. Yu. et al.* New species for regional mycobiota of Russia. 2. Report 2017. Mikologiya i fitopatologiya. 2017. V. 51 (6). P. 375–389.
- Viner I., Spirin V., Zibarová L. et al.* Additions to the taxonomy of *Lagarobasidium* and *Xylodon* (Hymenochaetales, Basidiomycota). MycoKeys. 2018. V. 41. P. 65–90. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.41.28987>
- Volobuev S. V., Bolshakov S. Yu., Kalinina L. B. et al.* New species for regional mycobiotas of Russia. 7. Report 2022. Mikologiya i fitopatologiya. 2022. V. 56 (6). P. 383–392. <https://doi.org/10.31857/S0026364822060101>
- Volobuev S. V., Bolshakov S. Yu., Khimich Yu. R. et al.* New species for regional mycobiotas of Russia. 6. Report 2021. Mikologiya i fitopatologiya. 2021a. V. 55 (6). P. 411–422. <https://doi.org/10.31857/S0026364821060131>
- Volobuev S. V., Bolshakov S. Yu., Shakhova N. V.* Synopsis of the macrofungi (Basidiomycota) on wood of fruit trees in the Central Black Earth Region of Russia. South of Russia: ecology, development. 2020. V. 15 (4). P. 75–98. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2020-4-75-98>
- Volobuev S. V., Bolshakov S. Yu., Shiryayev A. G. et al.* New species for regional mycobiotas of Russia. 4. Report 2019. Mikologiya i fitopatologiya. 2019. V. 53 (5). P. 261–271. <https://doi.org/10.1134/S0026364819050076>
- Volobuev S. V., Ivanushenko Yu. Yu., Ismailov A. B.* Diversity and ecology of poroid fungi (Agaricomycetes, Basidiomycota) of the Gunib Plateau, Dagestan. South of Russia: ecology, development. 2021b. V. 16 (3). P. 68–80. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2021-3-68-80>
- Большаков С. Ю., Волобуев С. В., Ежов О. Н. и др.* (Bolshakov et al.) Афиллофороидные грибы европейской части России: аннотированный список видов / отв. ред. С. Ю. Большаков, С. В. Волобуев. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2022. 578 с.
- Гельтман Д. В., Гимельбрант Д. Е., Конечная Г. Ю. и др.* (Geltman et al.) Виды сосудистых растений, мохообразных, водорослей, лишайников, грибов и миксомицетов, нуждающиеся в региональной охране на территории Ленинградской области // Ботанический журнал. 2018. Т. 103. № 6. С. 764–811.
- Дедков В. П., Володина А. А., Губарева И. Ю.* (Dedkov et al.) Конспект грибов Калининградской области // Дедков В. П., Губарева И. Ю. (отв. ред.) Биоразнообразие Калининградской области. Часть 1. Грибы, лишайники, плауны, хвощи и папоротники Калининградской области. Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2007. С. 6–78.
- Малышева В. Ф., Малышева Е. Ф., Кияшко А. А. и др.* (Malysheva et al.) Грибы и мхи Саяно-Шушенского заповедника. Конспект флоры. Отв. ред. Е. А. Шикалова. Шушенское, 2017. 172 с.

Новые виды для микобиот регионов России. 8. Информационное сообщение — 2023

С. В. Волобуев^{a, #}, С. Ю. Большаков^{a, ##}, Л. Б. Калинина^{a, b, ###}, В. И. Капитонов^{c, ####},
Ю. А. Ребриев^{d, #####}, Ю. Р. Химич^{e, #####}, В. А. Власенко^{f, #####}, О. Н. Ежов^{g, #####},
А. В. Власенко^{f, #####}, И. В. Енушенко^{h, #####}, Н. В. Шахова^{a, #####}, И. В. Змитрович^{a, #####}

^aБотанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

^bГосударственный природный заповедник "Полистовский", Бежаницы, Россия

^cТобольская комплексная научная станция Уральского отделения РАН, Тобольск, Россия

^dЮжный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, Россия

^eИнститут проблем промышленной экологии Севера — обособленное подразделение Федерального исследовательского центра "Кольский научный центр Российской академии наук", Апатиты, Россия

^fЦентральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия

^gФедеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова РАН, Архангельск, Россия

^hВсероссийский центр карантина растений, Иркутск, Россия

[#]e-mail: sergvolobuev@binran.ru

^{##}e-mail: sbolshakov@binran.ru

^{###}e-mail: lkalinina@binran.ru

^{####}e-mail: kvi@udsu.ru

^{#####}e-mail: rebriev@yandex.ru

^{#####}e-mail: ukhim@inbox.ru

^{#####}e-mail: vlasenkomyces@mail.ru

^{#####}e-mail: olegezhik@gmail.com

^{#####}e-mail: anastasiamix81@mail.ru

^{#####}e-mail: deschampsia@yandex.ru

^{#####}e-mail: nshakhova@binran.ru

^{#####}e-mail: iv_zmitrovich@mail.ru

Представлены данные о находках 83 видов грибов, включая один вид сумчатых (*Helvella macropus*) и 82 вида базидиальных грибов, выявленных впервые для Республики Бурятия (2), Республики Дагестан (7), Республики Мордовия (30), Республики Тыва (6), Приморского края (1), Забайкальского края (3), Архангельской (5), Иркутской (4), Калужской (1), Ленинградской (1), Мурманской (7), Нижегородской (1), Новгородской (3), Новосибирской (2), Псковской (1), Тюменской (10) областей, Санкт-Петербурга (1), Ханты-Мансийского автономного округа (1). Аннотированный список включает данные о местонахождениях, местообитаниях, субстратах и датах сбора приводимых видов с указанием коллекционных номеров микологических гербариев. Впервые для России приводится *Pluteus vellingae*. Виды *Aurantiporus priscus*, *Bolbitius sibiricus* и *Mycoran scabripes* указываются для России во второй раз, вид *Hypsizygus marmoreus* отмечен третьей находкой. Представлены новые данные о малоизвестных видах грибов, таких как *Botryobasidium botryoideum*, *Fibrodontia gossypina*, *Lycoperdon rupicola*, *Neohypochnicium cremicolor*, *Postia luteocaesia*, *Psathyrella gordonii* и *Xylodon pruinosus*. Получены и депонированы в международную базу данных Генбанк полные нуклеотидные последовательности ITS1–5.8S–ITS2 области ядерной рибосомальной ДНК для 16 изученных видов.

Ключевые слова: аскомицеты, базидиомицеты, биоразнообразие, ДНК-штрихкоды, распространение грибов, Россия

THE PECULIARITIES OF THE MYCOBIOTA FORMATION ON THE SAINT PETERSBURG STONE MONUMENTS BASED ON METAGENOMICS AND CULTURAL DATA

© 2023. K. V. Sazanova^{1,2,3,*}, M. S. Zelenskaya^{2,**}, O. A. Pavlova^{4,***}, and D. Yu. Vlasov^{1,2,****}

¹Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, 197022 St. Petersburg, Russia

²St. Petersburg State University, 199034 St. Petersburg, Russia

³Archive of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg Branch, 196084 St. Petersburg, Russia

⁴Beagle LTD Company, St. Petersburg, 192289 Russia

*e-mail: ksazanova@binran.ru

**e-mail: marsz@yandex.ru

***e-mail: beagle07@bk.ru

****e-mail: dmitry.vlasov@mail.ru

Received April 15, 2023; revised May 20, 2023; accepted May 23, 2023

Fungi play an important role in colonization and biodeterioration of stone monuments in the open air. This study significantly complements the data on fungal diversity in lithobiotic communities through the use of metagenomic analysis. It was shown that the mycobiota of tombstones in the historical center of St. Petersburg has a complex structure. There are different complexes of species, which have various origins and ways of getting to the monuments. The complex of dominant fungi in SABs on marble and granite in St. Petersburg is formed by dark-colored micromycetes. At the species level, the absolute dominant in all samples was the *Knufia karalitana* according to metagenomic data and *Aureobasidium pullulans* according to cultural data. The use of two methodological approaches indicates the expediency of combining culture-based and molecular genetics methods, which make it possible to obtain the most more complete picture of the formation of lithobiotic communities. The season and the type of biofilm have a key importance for the abundance and diversity of micromycetes on stone surface. It was shown that type of rock has a minimal importance for the fungal diversity on stone monument.

Keywords: cultivation and metagenomic methodologies, cultural heritage, fungal diversity, microbial community, microfungi, subaerial biofilms

DOI: 10.31857/S0026364823050070, **EDN:** YECIMP

INTRODUCTION

Cultural heritage preservation is an important problem for human society (Villa et al., 2016; Liu et al., 2020). Stone cultural heritage has a great historical, artistic and scientific value. Most of stone monuments are destroyed due to physical, chemical and biological influences over time.

Natural stone is important ecosystems providing an ecological niche for various microorganisms (Zhang et al., 2023). Fungi, algae, bacteria, mosses and lichens are common for stone surface in different geographic locations. They form the lithobiotic communities on the monuments, embankments, facades of the historical building and often cover a significant surface of stone. Stone monuments may be degraded by growth and activity of living organisms. Their interaction with stone surface is one of the main factors of the cultural heritage biodeterioration processes (Villa et al., 2016; Zhang et al., 2023). Microbial communities at the

stone-air border are called subaerial biofilms (SABs) (Gorbushina, 2007; Liu et al., 2020; De Leo et al., 2022; Zhang et al., 2023).

Microfungi are typical inhabitants of the SABs on any type of stone. A number of researchers consider the activity of microfungi leads to damage of natural and artificial stone (Kurakov et al., 1999; Gorbushina et al., 2002; Onofri et al., 2014; De Leo, Urzi, 2015; Salvadori, Municchia, 2016; Isola et al., 2016; Kirtsideli et al., 2016; Isola et al., 2022; De Leo et al., 2022).

Deterioration caused by fungi involves both physical and chemical effects (simultaneously) on stone substrates (De Leo, Urzi, 2015; Sazanova et al., 2020). Cracks, cavities, pores and fissures facilitate penetration of microorganisms and provide favorable microenvironments on stone surfaces. Melanin and extracellular polymeric substances (EPS) produced by fungi promote biofilm formation and adherence to stone surface and increase mechanical pressure causing swelling (Burford et al., 2003; Gorbushina, 2007).

Table 1. Characteristics of samples

Sample	Type of biofilm	Stone	Monument and location in The Museum necropolis
1	SAB 1: dark-coloured biofilms with domination of non-lichenized fungi	White Carrara homogeneous marble	Monument to Unknown in The Museum Necropolis of 18th Century
2		Rapakivi granite (pink ovoid granite)	Monument to V.V. Stasov in the Museum Necropolis of Masters of Art
3	SAB 2: green biofilms with domination of algae	White Carrara homogeneous Marble	Monument to A.A. Borozdin in The Museum Necropolis of 18th Century
4		Serdobol granite (grey homogeneous granite)	Monument to I.A. Olchin in The Museum Necropolis of 18th Century
5	SAB 3: biofilms with domination of lichens	White Carrara homogeneous marble	Monument to A.N. Bukarevskaya in The Museum Necropolis of 18th Century
6		Serdobol granite (grey homogeneous granite)	Monument to P.E. Nikitin in The Museum Necropolis of 18th Century

Undoubtedly, the data about the fungal biodiversity directly depends on the methodology of the study. For many years, methods for studying microorganisms inhabiting cultural heritage have been culture-dependent, associated with the ability of microbes to grow under solid-phase cultivation at the laboratory, and the consequent use of microscopy technique. Such approach makes it possible to visualize and preserve cultures for further study of their physiology and metabolism (Paiva et al., 2022). However they provide limited information on the diversity of fungal communities. This approach has certain limitations and only reveals a small part of the total diversity because some microfungi are not growing on nutrient media (González, Sáiz-Jiménez, 2005; Dakal, Arora, 2012; Mihajlovski et al., 2015). In addition, very often cultivation conditions are favorable for some species and hinder the development of others.

The culture-independent methods based on DNA analysis provide most complete information on the composition of microbial communities. Such methods are increasingly used in recent years (González, Sáiz-Jiménez, 2005; Trovãoa et al., 2019; Paiva et al., 2022; Zhang et al., 2023). In recent studies, the authors have emphasized the importance of integrating metagenomics and cultivations approaches. Such methodology provides a clear understanding of the actual fungal biodiversity on stone surface, as well as to keep the strains to study their potential destructive importance (Onofri et al., 2014; Zhang et al., 2023).

Climate and microenvironment are important factors influencing the colonization of organisms (De Leo, Urzi, 2015). The unique collection of monuments made of marble, limestone and granite is located in Saint Petersburg and undergoes intensive biological colonization. Studies on the microfungi diversity on historical monuments have been carried out in Saint Petersburg since 1998. More than 300 outdoor monuments were examined during this period. The focus was

made on the tombstones of the Museum necropolises of the State Museum of Urban Sculpture of Saint Petersburg. The biodiversity of microfungi on Saint Petersburg stone monuments was studied previously by cultivation methods (Vlasov et al., 2002; Gorbushina et al., 2002; Sazanova et al., 2020, 2022). However, some aspects of the fungal biodiversity study at sites still remain unexplored. The first question is how the picture of fungal biodiversity in biofilms on sculptural monuments will change when using metagenomic analysis in comparison with cultural data. The second question is how the composition of fungi on monuments changes during one growing season, which is important when developing methods for protecting monuments against bioweathering. In this work, we have tried to answer these questions.

MATERIALS AND METHODS

Sampling. Samples for this study were taken in two seasons of 2022: early vegetation season (April) and late vegetation season (September). Material for the study was collected at the territory of Museum necropolis of 18th Century and the Necropolis of Masters of Art (State Museum of Urban Sculpture, central part of Saint Petersburg). The tombstones made of silicate (granite) and carbonate (marble) rocks were included in the research. Samples for cultivation and metagenomic analysis were taken from various types of SABs: dark-coloured biofilms, presumably formed mainly by non-lichenized fungi (SAB 1); green biofilms with algae domination (SAB 2), and biofilms with lichens domination (SAB 3) (Table 1, Fig. 1). Samples of biofilms for cultivation and metagenomic analysis were collected from the same locations on tombstones and places into sterile containers.

Fungal isolation and identification. For the primary isolation, cultivation, and identification of microfungi small fragments of biofilms were placed on the surface



Fig. 1. Types of studied SABs and details of the sampling areas on tombstones: a – territory of Museum Necropolis; b – dark-colored biofilms with domination of fungi (SAB1) on white Carrara marble (monuments to Unknown); c – green biofilms with domination of algae (SAB2) on white Carrara marble (Monument to A.A. Borozdin); d – biofilms with domination of lichens (SAB3) on white Carrara marble (Monument to A.N. Bukarevskaya).

Czapek – Dox nutrient medium and incubated for 2–4 weeks at a temperature of 22°C. Identification was carried out in accordance with morphological characteristics. The frequency of species occurrence (number of species findings in all samples, %) was also detected. The abundance of species was account based on the ratio of the number of species colonies to the total number of colonies on a nutrient medium.

Metagenomic analysis. DNA isolation was performed according to the method described by Vladimirov et al. (2014), additional purification in low-melting agarose was used. Commercial PowerSoil DNA Isolation kit (MO BIO Laboratories, Inc, Carlsbad, CA, USA) were used to isolate DNA. We had to use additional purification to remove humic acid pollution. Identification of microfungi in biofilms was carried out using primers for amplification of the site (ITS1–5.8 S–ITS2) (Beagle, St. Petersburg, Russia). Primers for the analysis of maximum diversity were used from the guide (Fungal sequencing., 2018). Amplification was carried out using the FastStartHighFidelityPCRsystem kit (Roche, Basel, Switzerland). Amplicons for library preparation were obtained by

thermal cycling according to the protocol: 3 min at 95°C, 30 cycles (30 s at 95°C, 30 s at 55°C, 40 s at 72°C). Sample preparation was performed according to the standard protocol (Fungal metagenomic sequencing., 2019). Sequencing was performed on a MiSeq instrument using a MiSeqReagentKit v3 (600-cycle) in pair-ended mode 2 × 300 cycles. The data obtained were analyzed using the QIIME2 software package. When forming the OTU, a sequence similarity threshold of 97% was used.

RESULTS

Cultivated fungal diversity

As a result of cultural studies 19 species of *Ascomycota* were identified (Table 2). Only one species of *Mucoromycota* (*Entomortierella lignicola*) was found in one sample. *Aureobasidium pullulans*, *Alternaria alternata* and *Cladosporium cladosporioides* were found in more than 90% of samples. The occurrence of *Alternaria chartarum*, *Cladosporium herbarum*, *C. sphaerospermum* and *Sydowia polyspora* reached to 50%. The abundance of *Aureobasidium pullulans* amounted to 85%.

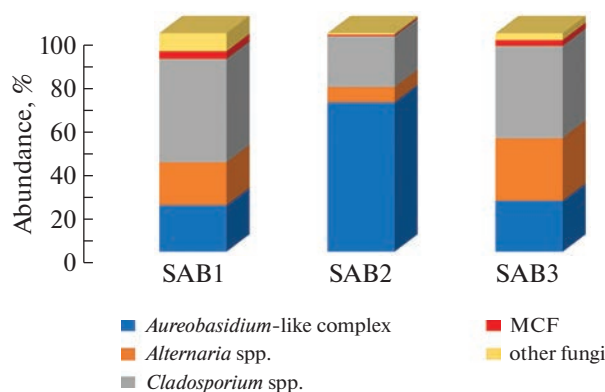


Fig. 2. Abundance of fungi in samples of different types of SABs (the data combined for different seasons) according to culture-dependent studies.

The average abundance of *Cladosporium cladosporioides* was about 20%, and in some samples it reached 50%. The abundance of *C. herbarum* and *C. sphaerospermum* varied from 10 to 23%. The average abundance of *Alternaria alternata* was 15–25%. The abundance of *A. chartarum* reached 13% but was generally less than 10%. The abundance of *Sydowia polyspora* averaged 5%.

Some groups of species clearly dominate on the surface of the stone during vegetation period of 2022. The first group is presented by fungi with *Aureobasidium*-like morphology: *Aureobasidium pullulans*, *Sydowia polyspora* and *Exophiala exophialae*. Super-dominant in all samples is *Aureobasidium pullulans*. The second group includes species of genus *Alternaria* (*A. alternata* and *A. chartarum*). The third group is formed by *Cladosporium* spp. complex (*C. cladosporioides*, *C. herbarum* and *C. sphaerospermum*). The abundance of MCFs (microcolonial fungi) reached 14%. Other fungi were less abundant in SABs.

About a quarter of the total diversity consists of typical anamorphic soil fungi: *Trichoderma viride*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Tritiracium*

um sp. and *Epicoccum nigrum*. In general their abundance was 1.5–2%. The genus *Penicillium* was represented by four species: *Penicillium brevicompactum*, *P. chrysogenum*, *P. decumbens*, *P. oxalicum*. These species were founded rarely and its abundance did not exceed 2.5%.

Comparative analysis of the biodiversity of fungi in different types of SABs (Fig. 2) showed that the samples of SAB2 contrasted with SAB1 and SAB3 due to the maximum abundance of *Aureobasidium*-like fungi, primarily *Aureobasidium pullulans* in SAB2 (up to 88% SAB2 and up to 50% in SAB1 and SAB3). MCFs were found predominantly in SAB1 and SAB2.

Significant differences of fungal diversity were associated with the season (Fig. 3). The general patterns of changes in the structure of fungal communities were an increase in biodiversity and relative abundance of rare species with a decrease in the abundance of the dominant species *A. pullulans* in the autumn period. The species diversity and abundance of microfungi in SAB2 were significantly lower than in SAB1 and SAB3 in the spring period. But in autumn samples these parameters were about the same. There were no significant differences in the diversity of fungi between silicate and carbonate rocks (Fig. 3).

Metagenomic analysis of fungal diversity. As a result of metagenomics data the diversity of fungi mainly represented by *Ascomycota* – 71–97%. The share of *Basidiomycota* is 0.2–14.3%. About 10% of total DNA in the all samples was not identified at the range of division. As the rank of the taxon decreased, the number of unidentified fungi increased and reached about 20% at the genus level. For a detailed description and comparative analysis we have chosen orders and genera. This choice is due to the greatest visibility of the distribution of fungi according to taxonomic affiliation (at the level of orders) and the overall diversity of fungi (at the level of genera) between the compared samples.

The number of orders varied for different samples and reached 61 (Fig. 4, a, b). Among them six orders

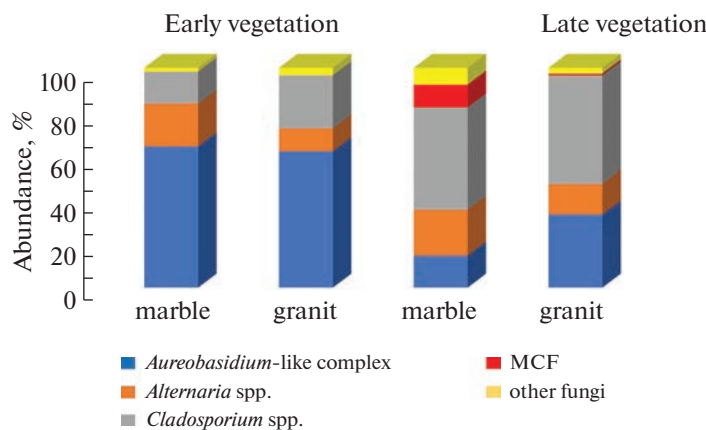


Fig. 3. The abundance of microfungi in samples from the surface of various rocks at different seasons.

Table 2. Microfungi from subaerial biofilms (SABs) on marble and granite (culture-based method)

Species	Frequency of occurrence, %	Early vegetation season						Late vegetation season					
		Marble			Granite			marble			granite		
		SAB1	SAB2	SAB3	SAB1	SAB2	SAB3	SAB1	SAB2	SAB3	SAB1	SAB2	SAB3
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	92	+	+	+	+	–	+	+	+	+	+	+	+
<i>A. chartarum</i> Preuss	50	–	+	+	–	–	–	+	+	+	–	–	+
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary et Löwenthal) G. Arnaud	92	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Botrytis cinerea</i> Pers.	17	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	+	–
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G.A. de Vries	92	+	+	–	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. herbarum</i> (Pers.) Link	50	+	–	–	+	–	–	+	+	+	–	–	–
<i>C. sphaerospermum</i> Penz.	42	–	–	–	–	–	–	+	+	+	+	–	+
<i>Entomortierella lignicola</i> (G.W. Martin) Vandepol et Bonito	8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+
<i>Epicoccum nigrum</i> Link	8	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Exophiala exophialae</i> (de Hoog) de Hoog	8	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–
<i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl.	17	–	–	–	+	–	–	+	–	–	–	–	–
<i>F. solani</i> (Mart.) Sacc.	8	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Penicillium brevicompactum</i> Dierckx	17	–	–	–	+	–	–	–	–	–	+	–	–
<i>P. chrysogenum</i> Thom	8	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>P. decumbens</i> Thom	17	–	–	+	–	–	–	–	–	+	–	–	–
<i>P. oxalicum</i> Currie et Thom	8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–
<i>Sydowia polyspora</i> (Bref.) E. Müll.	50	–	+	+	+	–	+	–	–	–	+	–	+
<i>Trichoderma viride</i> Pers.	8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Tritiracium</i> sp.	8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–
MCF (microcolonial fungi)	25	–	–	–	–	–	–	+	–	+	–	+	–

Table 3. Main genera of fungi in SABs according to metagenomic analysis

Genus/Share in metagenome, %	Early vegetation season						Late vegetation season					
	marble			granite			marble			granite		
	SAB 1	SAB 2	SAB 3	SAB 1	SAB 2	SAB3	SAB 1	SAB2	SAB3	SAB1	SAB2	SAB3
<i>Ascomycota</i>												
<i>Knufia</i>	70.4	75.8	71.4	29.3	83.8	84.9	62.9	54.1	63.5	1.3	84.4	41.3
<i>Aureobasidium</i>	10.3	16.9	22.2	51.8	0.7	0.6	1.1	—	—	1.6	4.3	—
<i>Capronia</i>	—	1.2	3.1	5.4	13.0	2.6	1.2	1.8	6.6	—	3.9	15.8
<i>Cladosporium</i>	—	—	—	—	—	—	—	1.0	—	19.6	—	—
<i>Rhinochadiella</i>	—	—	—	7.1	—	9.9	—	—	6.6	—	—	11.9
<i>Celosporium</i>	—	0.9	0.3	2.8	—	0.6	1.8	—	—	1.0	—	4.6
<i>Neomicrosphaeropsis</i>	—	—	—	—	—	—	3.5	3.4	—	—	—	—
<i>Vermiconia</i>	0.5	—	—	—	—	—	1.6	—	6.4	—	—	—
<i>Acericola</i>	—	0.7	—	—	—	0.7	1.2	—	1.8	—	—	1.2
<i>Candida</i>	—	—	—	—	—	—	—	0.5	2.3	2.9	—	—
<i>Exophiala</i>	—	—	0.8	—	—	—	—	4.1	—	—	0.5	—
<i>Penicillium</i>	0.8	—	—	0.7	—	—	0.2	1.8	0.7	4.6	—	—
<i>Alternaria</i>	2.5	0.1	—	—	0.1	—	1.1	0.3	—	3.8	—	—
<i>Epicoccum</i>	—	—	—	—	—	—	1.0	—	—	1.7	—	—
<i>Aspergillus</i>	1.1	—	—	—	—	—	—	—	—	1.3	—	—
<i>Trichomerium</i>	—	—	—	—	—	—	—	1.4	3.6	0.9	—	5.1
<i>Coniosporium</i>	—	—	—	—	—	0.3	0.9	—	1.6	—	—	2.0
<i>Paracamarosporium</i>	—	—	0.1	0.4	0.1	0.3	0.3	1.0	0.9	—	0.9	4.4
<i>Stemphylium</i>	—	—	—	—	—	—	—	1.2	—	0.6	—	—
<i>Tolypocladium</i>	—	—	—	—	—	—	—	0.8	—	—	—	2.9
<i>Basidiomycota</i>												
<i>Vishniacozyma</i>	—	—	—	—	—	—	2.5	—	—	4.4	—	—
<i>Naganishia</i>	—	—	—	—	—	—	3.4	—	—	2.2	—	—
<i>Symmetrospora</i>	—	—	—	—	—	—	3.8	—	—	—	1.2	—
<i>Malassezia</i>	6.3	—	—	—	—	—	1.3	2.3	0.8	14.6	—	—
<i>Filobasidium</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4	6.1	—	—
<i>Kondoa</i>	1.0	1.3	—	—	—	—	1.9	1.2	—	—	—	—
<i>Laetiporus</i>	—	—	—	—	—	—	—	0.8	—	1.1	—	—
<i>Rhodotorula</i>	—	—	—	—	—	—	—	0.6	0.7	2.2	—	—
<i>Peniophora</i>	0.6	—	—	—	—	—	—	—	—	0.7	—	2.4
<i>Ganoderma</i>	0.5	—	—	—	—	—	0.5	1.2	—	—	—	4.2
<i>Fomitopsis</i>	—	—	—	—	—	—	0.1	1.5	—	2.6	—	—

include lichenized fungi. Fungi from orders *Chaetothyriales*, *Dothideales*, *Capnodiales*, *Helotiales* and *Pleosporales* were dominant. The order *Chaetothyriales* reached up to 98% of DNA in all studied samples. The order *Dothideales* was second in abundance (up to 40% in all samples).

At the genus level 190 taxa were identified. Most of them (114) were only single findings in only one sample. The absolute dominant in all samples was the genus *Knufia* (up to 85% of the total abundance). In most samples the genus *Aureobasidium* reach to 21% of the

abundance. Main genera of fungi with a large and more or less significant proportion are presented in Table 3.

The approach of dividing fungal diversity into groups was used in the same way as for the cultivated microfungi. The genera of *Ascomycota* were divided into seven groups.

The first group MCFs is the most numerous in terms of the number of species and the largest in terms of abundance. This group includes six genera: *Knufia*, *Celosporium*, *Vermiconia*, *Neophaeococcomyces*, *Conio-*

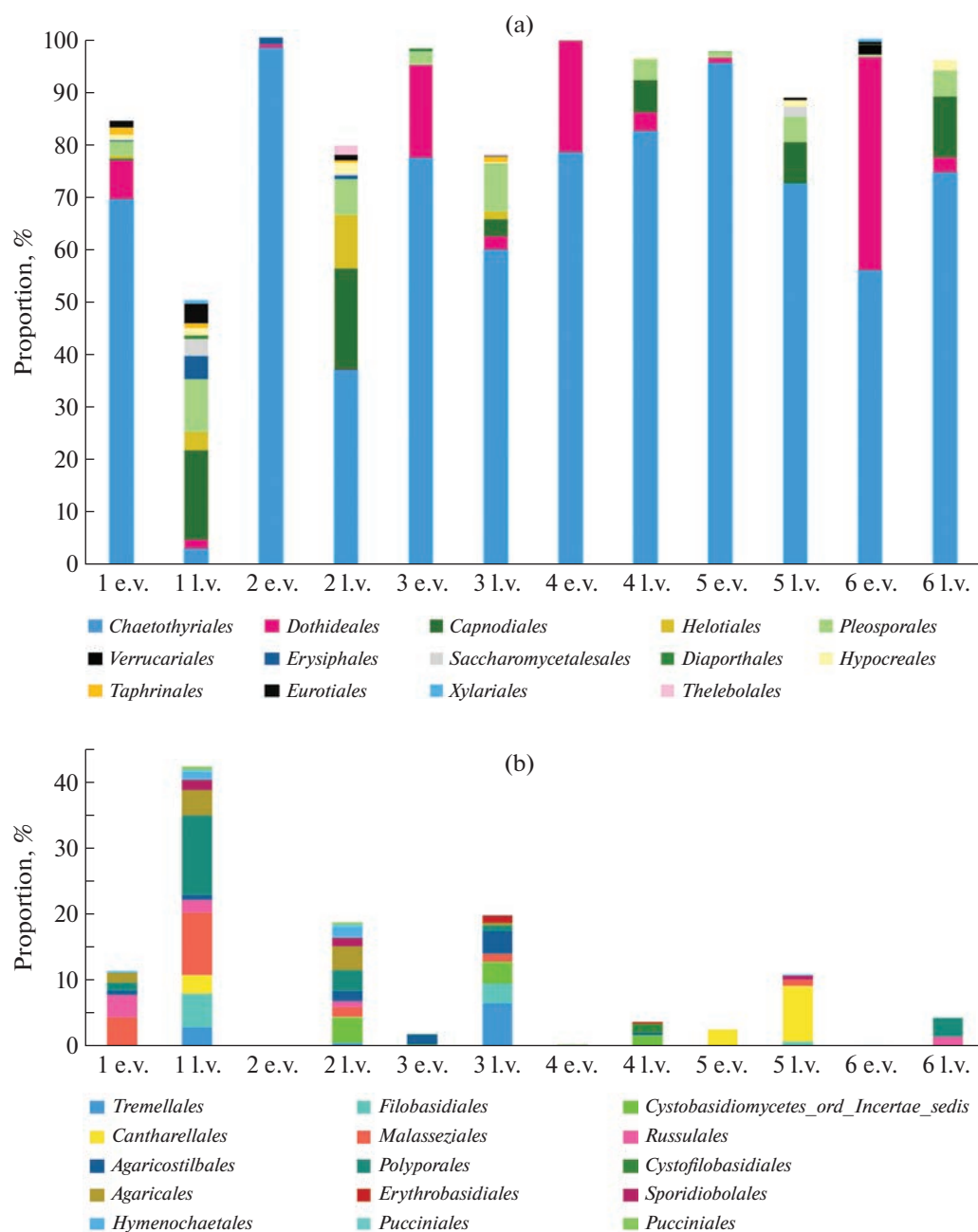


Fig. 4. Abundance of the main orders of fungi in SABs according to metagenomic analysis: a – *Ascomycota*, b – *Basidiomycota*. Samples 1, 2 – SAB1; 3, 4 – SAB2, 5, 6 – SAB3; 1, 3, 5 – marble, 2, 4, 6 – granite.

sporium, *Bradomyces*. The second most abundant group is the fungi with *Aureobasidium*-like morphology: *Aureobasidium*, *Rhinoctadiella*, *Sacchettoecium*, *Exophiala*. The third abundant group is the *Cladosporium* complex, including *Cladosporium*, *Capronia* and *Trichomerium*. The fourth group is presented by fungi of the *Alternaria* complex (large-spore microfungi): *Paracamarosporium*, *Alternaria* and *Stemphylium*. Fungi of this group were found in all samples, but their abundance did not exceed 4%. Fungi of these four groups were found in almost all samples, their frequency of occurrence tended to 100%.

Representatives of subsequent groups met much less frequently. The frequency of their occurrence did not exceed 60%, and the abundance did not exceed 5%. The yeast fungi from *Saccharomycetaceae* (fifth group) are usually associated with the presence of readily available organic substrates (sugars): *Candida*, *Debaryomyces*, *Hanseniaspora*. The sixth group is fungi associated with plants – *Erysiphe*, *Taphrina*, *Podosphaera*, *Cytospora*, *Phaeosphaeria*, *Pseudoophiobolus*. This taxonomically combined group unites fungi that live both on living plants (biotrophs and hemibiotrophs) and on plant substrates of various origins (saprotrophs). The

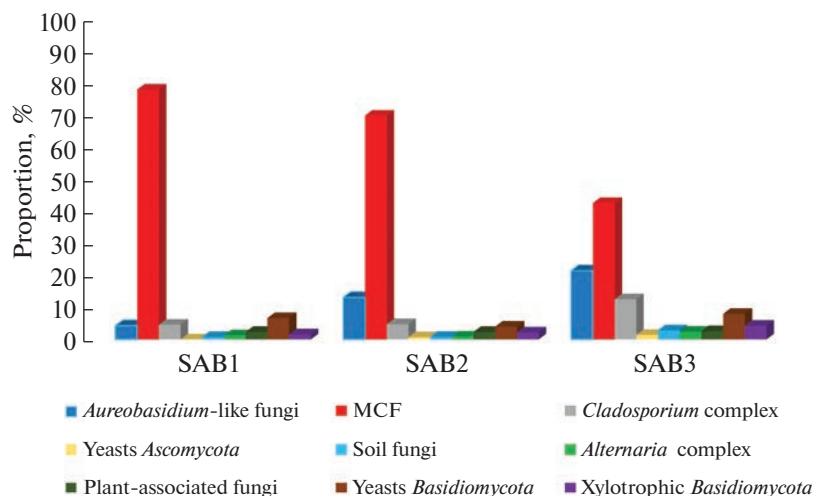


Fig. 5. Shares of some groups of fungi in different SABs (metagenomic data).

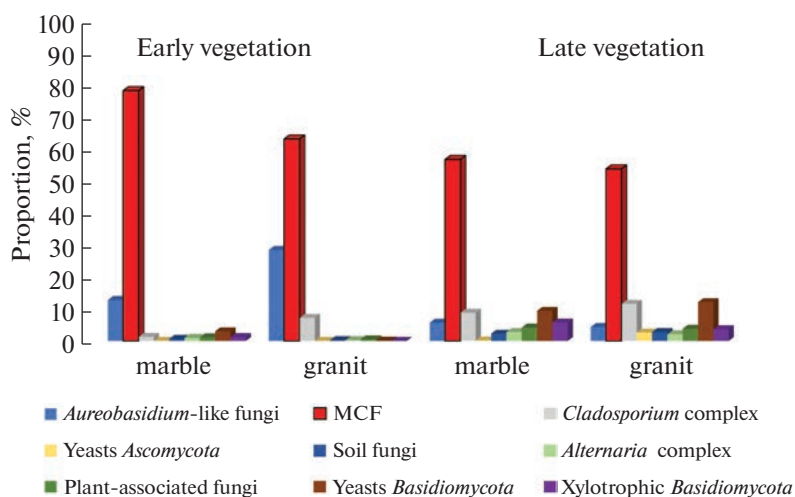


Fig. 6. Shares of some groups of fungi in SABs from various rocks at different seasons (metagenomic data).

seventh group is other fungi associated with the soil and easily spread through the air: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Epicoccum*, and *Tolypocladium*.

The genera of *Basidiomycota* can be divided into two main groups. The first of them includes 13 genera of basidiomycete yeast with different ecology: *Vishniacozyma*, *Naganishia*, *Symmetrospora*, *Malassezia*, *Kondoa*, *Buckleyzyma*, *Filobasidium*, *Rhodotorula*, *Udeniomyces*, *Bensingtonia*, *Kurtzmanomyces*, *Tausonia*, and *Erythrobasidium*. The second group includes 14 genera of wood-rotting fungi: *Baltazaria*, *Laetiporus*, *Phlebia*, *Heterobasidion*, *Peniophora*, *Ganoderma*, *Pleurotus*, *Sistotrema*, *Hyphodontia*, *Botryobasidium*, *Bjerkandera*, *Fomes*, *Fomitopsis*, *Oxyporus*.

The main dominant genus *Knufia* is represented by three species: *Knufia karalitana*, *K. endospora* and *K. peltigerae*. The most abundant species among them is *K. karalitana*. The genus *Aureobasidium* was the sec-

ond in metagenome and included *Aureobasidium leucospermi* and *A. pullulans*.

Comparison of fungi by types of SABs showed that the dominant MCF complex and mainly the genus *Knufia* are most abundant in SAB1 and SAB2 (Figure 5). The abundance of *Aureobasidium*-like fungi was the lowest in SAB1 in contrast to SAB2 and SAB3.

The seasonal distribution of fungi shows that the proportion of *Basidiomycota* increased in autumn (Fig. 4b). The abundance of *Ascomycota* fluctuated in different ways. The orders *Capnodiales* and *Pleosporales* dominate in autumn. The order *Dothideales* dominates in spring (Fig. 4a). At the genera level, seasonal differences varied for different types of SABs. The main trends were as follows: the abundance of *Aureobasidium*-like fungi and MCF increased in the spring and decreased in autumn (Fig. 6). The shares of other groups increase in autumn. Differences between marble and granite are minimal (Fig. 6).

DISCUSSION

SABs on the stone monuments surface in Saint Petersburg are abundantly inhabited by fungi, the detection of which depends on the methodological approach. According to culture-based studies, a total of 20 species of fungi have been identified. These data are consistent with the previously obtained results of the microfungi diversity on monuments in the Museum Necropolis of Saint Petersburg which has been carried out since 1999 (Vlasov et al., 2002; Sazanova et al., 2020). The overall species diversity was significantly higher than in one vegetative period described in this study that is obviously associated with a much larger number of samples taken from different monuments covered with biofilms. At the same time, the general trends in the formation of mycobiota at the monuments of the Museum Necropolises are the same. The super-dominant in terms of frequency was the fungus *Aureobasidium pullulans*, which was also confirmed in this study. The dominant species included *Alternaria alternata* and *Cladosporium cladosporioides* (over 50% frequency).

The results of metagenomics analysis made it possible to reveal a significantly greater diversity of microfungi at different taxonomic levels. At the genus level, the number of identified fungi was almost 15 times higher (190 genera).

Obviously, the identified fungi include both the true inhabitants of the stone and fungi, the spores of which fell on the surface of the stone from the environment. Therefore, in addition to the taxonomic diversity of fungi, it is important, in our opinion, to take into account the ecological and morphological features that formed the basis for dividing fungi into groups. On the basis of cultural data 5 groups were identified, and on the basis of metagenomic data, nine groups were identified, two of which formed by basidiomycete fungi.

Both methodological approaches (cultivation and metagenomics) clearly indicate that the complex of dominant fungi in SABs on marble and granite in Saint Petersburg is formed by dark-colored microfungi. The dark-colored microfungi from the genera *Cladosporium*, *Aureobasidium*, *Alternaria*, *Exophiala* and MCF also were often found in urban environment on the surface of calcarenite, granite, limestone, marble, plaster, sandstone, tufa in various regions of the world, mainly in Mediterranean and temperate climate (Cappitelli et al., 2007; Suihko et al., 2007; Farooq et al., 2015; Ortega-Morales et al., 2016; Trovão et al., 2019; Mang et al., 2020; Santo et al., 2021; Paiva et al., 2022).

According to metagenomics studies the fungi from orders *Chaetothyriales*, *Dothideales*, *Capnodiales*, *Helotiales* and *Pleosporales* are dominant. The absolute dominant in occurrence in all samples was *Knufia karalitana*, which was not identified by cultivation methods. Isolation of MCF using conventional culture methods is notoriously difficult, and it requires special methodological approaches (Wollenzien et al., 1995;

Vlasov et al., 2002). In addition, identification of isolates is often not possible based on culture and microscopic morphology, and molecular diagnostics are required (Isola et al., 2016).

According to the results of culture-dependent analysis the abundance of MCF reached 13%. We assume the presence of the genera *Coniosporium* spp. and *Knufia* spp. in MCFs complex. Species of this genera form similar morphological structures and their exact identification is possible only with the use of molecular analysis (Isola et al., 2016; De Leo et al., 2019). There is evidence that *Knufia* actively penetrates into freshly exposed stone surfaces regardless of their porosity due to the formation of iron-chelating molecules (De Leo et al., 2022). The species *K. karalitana* was first isolated and described on monuments in Italy, but it is a less common species on stone compared to *K. petricola* and *K. marmoricola*. Diversity of MCF on Saint Petersburg stone monuments is significantly lower than in Mediterranean area.

In our research fungi of different ecological groups (extremophiles, phytopathogens, wood-rotting fungi, soil-inhabiting, yeasts, and even litter saprotrophs) are found on the monuments in Saint Petersburg. Typical soil fungi (species of the genera *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Botrytis*, *Fusarium*) as well as microfungi connected with plant substrates were found in all types of SAB. These fungi as well as basidiomycete from *Russulales*, *Agaricales*, and *Polyporales* are occasional for lithobiotic communities and occur due to the retention of spores in biofilms on the stone surface. It is interesting to note that basidiomycete fungi increase in abundance in autumn that can be connected with the fruiting bodies formation in this period. At the same time, the abundance of *Aureobasidium*-like fungi and MCF was more observed in the spring.

Biodiversity of fungi on stone surface also depends on the characteristics of SABs. The maximum biodiversity of microfungi was noted in biofilms with lichens domination that was shown by cultural and metagenomics data. This can be explained by the fact that spores of fungi deposited from the atmosphere are more retained in such type of SAB.

The obtained data generally show that the formation of mycobiota on stone monuments in the urban environment is a multifactorial process. The most objective characteristics of the mycobiota can be obtained using a complex of cultural and molecular genetics methods, taking into account the characteristics of biofilms, the nearest environment and the influence of the season.

CONCLUSION

The mycobiota of sculptural monuments in the historical center of Saint Petersburg has a complex structure. There are different complexes of species that play a decisive role in the stone monuments colonization (MCF, *Aureobasidium*-like fungi, *Cladosporium* com-

plex, *Alternaria* complex). Fungi associated with plant substrates and soil are also constantly present in the SAB on the surface of the monuments. The use of two methodological approaches indicates the expediency of combining cultural and molecular genetic methods, which make it possible to obtain the most diverse picture of the formation of lithobiotic communities. The season has a key importance for the abundance and diversity of microfungi on stone surface. Obviously, the type of rock has a minimal importance for the fungal diversity on stone monument. At the same time, the SAB type seems to significantly affect the formation of mycobiota due to the different ability to accumulate fungal propagules from the environment. Results of the study can be used in the development of methods for monuments protection from biodeterioration.

This research was supported by the Russian Science Foundation (№ 21-74-00031). The authors are grateful to Beagle LLC for their cooperation in performing metagenomic analysis.

REFERENCES

- Burford E., Kierans M., Gadd M. Geomycology: fungi in mineral substrata. *Mycologist*. 2003. V. 17. P. 98–07. [https://doi.org/10.1017/S0269-915X\(03\)00311-2](https://doi.org/10.1017/S0269-915X(03)00311-2)
- Cappitelli F., Principi P., Pedrazzani R. et al. Bacterial and fungal deterioration of the Milan cathedral marble treated with protective synthetic resins. *Sci. Total Environ*. 2007. V. 385. P. 172–181. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.06.022>
- Dakal T.C., Arora P.K. Evaluation of potential of molecular and physical techniques in studying biodeterioration. *Rev. Environ. Sci. BioTechnol*. 2012. V. 11. P. 71–104. <https://doi.org/10.1007/s11157-012-9264-0>
- De Leo F., Antonelli F., Pietrini A.M. et al. Study of the euedolitic activity of black meristematic fungi isolated from a marble statue in the Quirinale Palace's Gardens in Rome, Italy. *Facies*. 2019. V. 65. <https://doi.org/10.1007/s10347-019-0564-5>
- De Leo F., Marchetta A., Urzi C. Black fungi on stone-built heritage: Current knowledge and future outlook. *Appl. Sci*. 2022. V. 12. (3969). <https://doi.org/10.3390/app12083969>
- De Leo F., Urzi C. Microfungi from deteriorated materials of cultural heritage. In: *Fungi from different substrates*. Misra J.K. et al. (eds). CRC Press, Taylor and Francis group, N.Y., 2015, pp. 144–158.
- Farooq M., Hassan M., Hassan M. et al. Mycobial deterioration of stone monuments of Dhamarajika, Taxila. *J. Microbiol. Experimentation*. 2015. V. 2 (1). P. 29–33. <https://doi.org/10.15406/jmen.2015.02.00036>
- Fungal sequencing and classification with the ITS metagenomics protocol. 2018. https://www.illumina.com/content/dam/illumina-marketing/documents/products/appnotes/its_metagenomics-app-note-1270-2018-001-web.pdf
- Fungal metagenomic sequencing. demonstrated protocol. 2019. https://support.illumina.com/content/dam/illumina-support/documents/documentation/chemistry_documentation/metagenomic/fungal-metagenomic-demonstrated-protocol-1000000064940-01.pdf
- González J.M., Sáiz-Jiménez C. Application of molecular nucleic acid-based techniques for the study of microbial communities in monuments and artworks. *Int. Microbiol*. 2005. V. 8. P. 189–194.
- Gorbushina A. Life on the rocks. *Environ. Microbiol*. 2007. V. 9. P. 1613–1631. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2007.01301.x>
- Gorbushina A.A., Vlasov D.Yu., Lyalikova N.N. et al. Microbial communities on the monuments of Moscow and St. Petersburg: Biodiversity and trophic relations. *Microbiology*. 2002. V. 71 (3). P. 350–356.
- Isola D., Bartoli F., Meloni P. et al. Black fungi and stone heritage conservation: ecological and metabolic assays for evaluating colonization potential and responses to traditional biocides. *Appl. Sci*. 2022. V. 12 (2038). <https://doi.org/10.3390/app12042038>
- Isola D., Zucconi L., Onofri G.S. et al. Extremotolerant rock inhabiting black fungi from Italian monumental sites. *Fungal Diversity*. 2016. V. 76. P. 75–96. <https://doi.org/10.1007/s13225-015-0342-9>
- Kirtsideli I.Yu., Kazanova A.V., Lazarev P.A. et al. Development of rock-inhabiting microfungi on artificial (synthetic) marble sculptures in the Summer Garden (St. Petersburg). In: *Biogenic-abiogenic interactions in natural and anthropogenic systems / O.V. Frank-Kamenetskaya etc. (eds)*. Springer, N.Y. etc., 2016, pp. 393–401.
- Kurakov A.V., Somova N.G., Ivanovskii R.N. Micromycetes populating limestone and red brick surfaces of the Novodevichii convent masonry. *Microbiology*. 1999. V. 68 (2). P. 273–282 (in Russ.).
- Liu X., Koestler R.J., Warscheid T. Microbial deterioration and sustainable conservation of stone monuments and buildings. *Nat. Sustain*. 2020. V. 3. P. 991–1004. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00602-5>
- Mang S.M., Scrano L., Camele I. Preliminary studies on fungal contamination of two rupestrian churches from Matera (Southern Italy). *Sustainability*. 2020. V. 12 (6988). <https://doi.org/10.3390/su12176988>
- Mihajlovski A., Seyer D., Benamara H. et al. An overview of techniques for the characterization and quantification of microbial colonization on stone monuments. *Ann. Microbiol*. 2015. V. 65. 1243–1255. <https://doi.org/10.1007/s13213-014-0956-2>
- Onofri S., Zucconi L., Isola D. et al. Rock-inhabiting fungi and their role in the deterioration of stone monuments in the Mediterranean area. *Plant Biosyst*. 2014. V. 148 (2). P. 384–391. <https://doi.org/10.1080/11263504.2013.877533>
- Ortega-Morales B.O., Narváez-Zapata J., Reyes-Estebanez M. et al. Bioweathering potential of cultivable fungi associated with semi-arid surface microhabitats of Mayan buildings. *Front. Microbiol*. 2016. V. 7 (201). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00201>
- Paiva D.S., Fernandes L., Trovão J. et al. Uncovering the fungal diversity colonizing limestone walls of a forgotten monument in the central region of Portugal by high-throughput sequencing and culture-based methods. *Appl. Sci*. 2022. V. 12. P. 10650. <https://doi.org/10.3390/app122010650>
- Salvadori O., Municchia A.C. The role of fungi and lichens in the biodeterioration of stone monuments. *The Open Conference Proceeding Journal*. 2015. N 6 (Suppl 1: M 4). P. 70–82. <https://doi.org/10.2174/2210289201607020039>

- Santo A.P., Cuzman O.A., Petrocchi D. et al. Black on white: microbial growth darkens the external marble of Florence Cathedral. *Appl. Sci.* 2021. 11. 6163. <https://doi.org/10.3390/app11136163>
- Sazanova K.V., Zelenskaya M.S., Vlasov A.D. et al. Microorganisms in superficial deposits on the stone monuments in St. Petersburg. *Microorganisms*. 2022. V. 10. P. 316. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020316>
- Sazanova K.V., Zelenskaya M.S., Bobir S.Yu. et al. Micromycetes in biofilms on stone monuments of Saint Petersburg. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2020. V. 54 (5). P. 329–339. <https://doi.org/10.31857/S0026364820050104>
- Suihko M.L., Alakomi H.L., Gorbushina A. et al. Characterization of aerobic bacterial and fungal microbiota on surfaces of historic Scottish monuments. *Syst. Appl. Microbiol.* 2007. V. 30. P. 494–508. <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2007.05.001>
- Trovão J., Portugal A., Soares F. et al. Fungal diversity and distribution across distinct biodeterioration phenomena in limestone walls of the old cathedral of Coimbra, UNESCO World Heritage Site. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2019. V. 142. P. 91–102. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2019.05.008>
- Villa F., Stewart P.S., Klapper I. et al. Subaerial biofilms on outdoor stone monuments: Changing the perspective toward an ecological framework. *BioSci.* 2016. V. 66. P. 285–294. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw006>
- Vladimirov I.A., Matveva T.V., Lutova L.A. Real-time RCR for agrobacteria distribution study. *Galanika*, SPb., 2014.
- Vlasov D.Yu., Zelenskaya M.S., Frank-Kamenetskaya O.V. Micromycetes on marble monuments of Alexander Nevskaya lavra Museum necropolises (Saint Petersburg). *Mikologiya i fitopatologiya*. 2002. V. 36 (3). P. 7–10 (in Russ.).
- Wollenzien U., de Hoog G.S., Krumbein W.E. et al. On the isolation of microcolonial fungi occurring on and in marble and other calcareous rocks. *Sci. Total Environ.* 1995. № 167. P. 287–294.
- Zhang Y., Su M., Wu F. et al. Diversity and composition of culturable microorganisms and their biodeterioration potentials in the Sandstone of Beishiku Temple, China. *Microorganisms*. 2023. V. 11. P. 429. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020429>
- Власов Д.Ю., Зеленская М.С., Франк-Камеицкая О.В. (Vlasov et al.) Микромикеты на мраморных памятниках музейных некрополей Александрово-Невской Лавры (Санкт-Петербург) // Микология и фитопатология, 2002. Т. 36. № 3. С. 7–10.
- Горбушина А.А., Ляликова Н.Н., Власов Д.Ю. и др. (Gorbushina et al.) Микробные сообщества на мраморных памятниках Санкт-Петербурга и Москвы: видовой состав (разнообразие) и трофические взаимодействия // Микробиология. 2002. Т. 71. № 3. С. 409–417.
- Кураков А.В., Сомова Н.Г., Ивановский Р.Н. (Kurakov et al.) Микромикеты – обитатели поверхности белокаменных и кирпичных сооружений Новодевичьего монастыря // Микробиология. 1999. Т. 68. № 2. С. 273–282.
- Сазанова К.В., Зеленская М.С., Бобир С.Ю. и др. (Sazanova et al.) Микромикеты в биопленках на каменных памятниках Санкт-Петербурга // Микология и фитопатология. 2020. Т. 54. № 5. С. 329–339.

Особенности формирования микобиоты на каменных памятниках Санкт-Петербурга по данным метагеномного и культурального исследования

К. В. Сазанова^{a,b,c,#}, М. С. Зеленская^{b,##}, О. А. Павлова^{d,###}, Д. Ю. Власов^{a,b,####}

^aБотанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

^bСанкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

^cАрхив Российской академии наук, Санкт-Петербургское отделение, Санкт-Петербург, Россия

^dООО Бигль, Санкт-Петербург, Россия

[#]e-mail: ksazanova@binran.ru

^{##}e-mail: marsz@yandex.ru

^{###}e-mail: kmitry.vlasov@mail.ru

^{####}e-mail: beagle07@bk.ru

Грибы играют важную роль в колонизации и биоповреждении каменных памятников на открытом воздухе. Это исследование существенно дополняет данные о разнообразии грибов в литобионтных сообществах за счет использования метагеномного анализа. Показано, что микобиота надгробных памятников в историческом центре Санкт-Петербурга имеет сложную структуру. Существуют разные комплексы видов, имеющих различное происхождение и пути попадания в памятники. Комплекс доминирующих грибов в САБ на мраморе и граните Санкт-Петербурга формируют темноокрашенные микромикеты. Абсолютным доминантом во всех выборках был вид *Knufia karalitana* по метагеномным данным и *Aureobasidium pullulans* по культуральным данным. Использование двух методологических подходов указывает на целесообразность сочетания культуральных и молекулярно-генетических методов, позволяющих получить наиболее полную картину формирования литобионтных сообществ. Сезон и тип биопленки имеют ключевое значение для обилия и разнообразия микромикетов на поверхности камня. Показано, что тип породы имеет минимальное значение для разнообразия грибов на каменном памятнике.

Ключевые слова: культуральный и метагеномный методологические подходы, культурное наследие, микроскопические грибы, микробное сообщество, разнообразие грибов, субаэральные биопленки

УДК 582.284 (470.342)

АФИЛЛОФОРОИДНЫЕ ГРИБЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА “ПИЖЕМСКИЙ” И ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ “УРОЧИЩЕ ВАСИН БОР” (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)

© 2023 г. И. В. Ставишенко^{1,*}, Е. А. Лугинина^{2,**}, С. И. Оботнин^{2,***}

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН, 620144 Екатеринбург, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б.М. Житкова, 610000 Киров, Россия

*e-mail: stavishenko@bk.ru

**e-mail: e.luginina@gmail.com

***e-mail: obotnin123@mail.ru

Поступила в редакцию 23.06.2022 г.

После доработки 15.05.2023 г.

Принята к публикации 23.05.2023 г.

В статье приводятся новые сведения о видовом составе афиллофороидных и гетеробазидиальных грибов центральной части государственного природного заказника “Пижемский” и памятника природы “Урочище Васин бор”, расположенных в юго-западной части Кировской обл. в подзоне южной тайги. На охраняемых природных территориях найдено 212 видов и два внутривидовых таксона базидиальных макромицетов, из которых 40 видов впервые обнаружены в Кировской обл. В аннотации к каждому виду приводятся сведения о частоте находок, местообитаниях и субстратной приуроченности. В результате исследований обнаружено 25 видов грибов, редких как в европейской части России, так и в странах Северной Европы. Отмечены новые местонахождения для четырех видов (*Diplomitoporus crustulinus*, *Flavidoporia mellita*, *Hericium coralloides*, *Rigidoporus crocatus*), включенных в Красную книгу Кировской области. Зафиксировано 14 видов грибов, являющихся индикаторными для старовозрастных лесов. К настоящему времени на территории заказника “Пижемский” зарегистрировано 175 видов базидиомицетов, а на территории памятника природы “Урочище Васин бор” — 143 вида. Полученные данные указывают на высокую значимость исследованных природных комплексов в поддержании и сохранении регионального разнообразия микобиоты.

Ключевые слова: аннотированный список видов, афиллофороидные грибы, биоразнообразие, европейская часть России, индикаторные виды, Кировская область, ООПТ, редкие виды, хвойно-широколиственные леса, *Basidiomycota*

DOI: 10.31857/S0026364823050094, **EDN:** YNOVBD

ВВЕДЕНИЕ

Микобиота Кировской обл. к настоящему времени остается недостаточно исследованной (Perevedentseva et al., 2007; Kirillov, Luginina, 2011; Stavishenko, Veselovskaya, 2011; Kotkova, 2013a, 2013b, 2014; Stavishenko, Luginina, 2015; Stavishenko et al., 2019; Volobuev et al., 2019; Volobuev et al., 2021). К практически неизученным в микологическом плане территориям относятся Государственный природный заказник “Пижемский” и расположенный поблизости памятник природы “Урочище Васин бор” с уцелевшими участками старых коренных лесов, что послужило основанием проведения исследований с целью более полной и объективной оценки биоразнообразия этих природоохраненных комплексов.

Заказник “Пижемский” площадью 308479 км², основанный в 1990 г. для охраны водных биоценозов и уникальных природных объектов, расположен на юго-западе Кировской обл. в увалистой части Русской равнины в пределах водоохраных зон побережий рек Пижма и Немда (Especially protected., 2022). Памятник природы “Урочище Васин бор” площадью 9.038 км², образованный в 1990 г. для охраны эталонных сосновых лесов, расположен в междуречье Пижмы и Идоморки (Perestoronina, Shabalkina, 2014). Бассейны крупных рек Пижма и Немда находятся в южной полосе подзоны южнотаежных лесов Пижмо-Вятско-Чепецкого геоботанического округа (Aleksandrova, Yurkovskaya, 1989). Значительная часть этой территории занята лугами, лесная площадь составляет около 34%. Основными типами растительности плакоров являются ельники кисличные

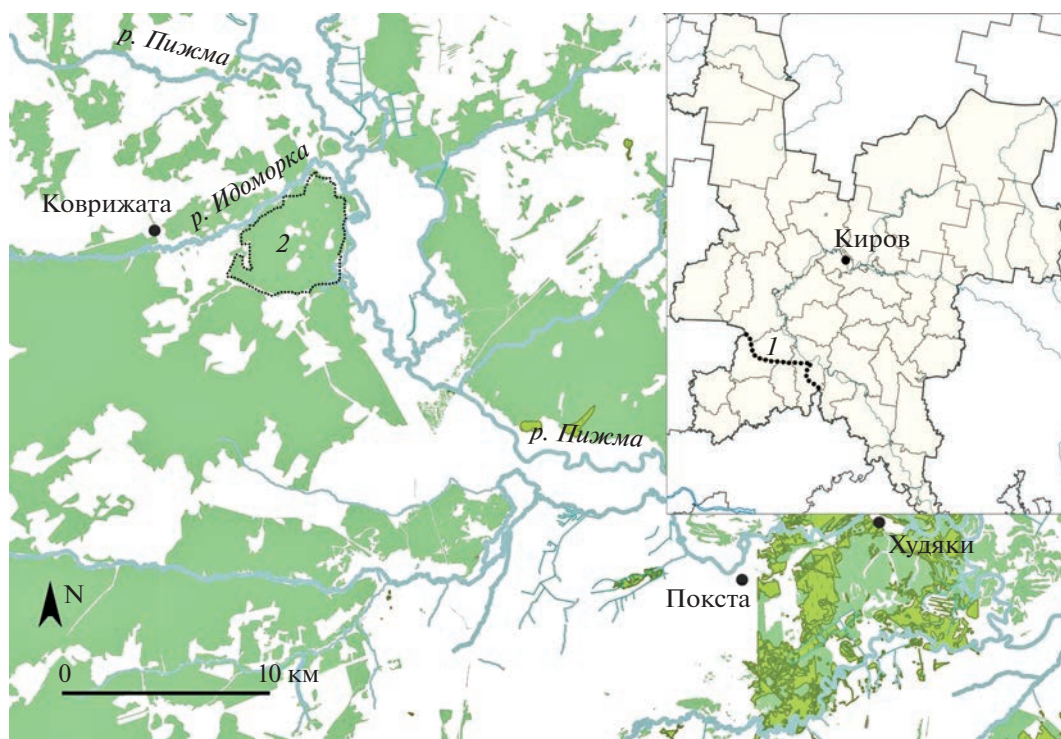


Рис. 1. Карта-схема р-на исследований: 1 — Государственный природный заказник “Пижемский”; 2 — Памятник природы “Урочище Васин бор”.

и черничные, а также сосновые леса. На останцовых возвышенностях произрастают кисличные и дубравно-травяные (с участием неморального широколиственного) еловые леса, в пониженных участках — заболоченные долгомошные и сфагновые леса. Вторичные осиновые и березовые травяные леса распространены в местах вырубок. Небольшими массивами встречаются сложные пихтово-еловые неморальнотравяные леса с незначительным участием во втором ярусе широколиственных пород *Acer platanoides*, *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, с подлеском из *Tilia cordata*, *Euonymus verrucosa*, *Alnus glutinosa*, *A. incana*, *Prunus padus*, *Sorbus aucuparia*, *Salix* sp. Берега рек и узкие участки надпойменных террас занимают травяные дубовые и смешанные леса (Forests, 2008).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение микобиоты проводилось маршрутным методом в последней декаде сентября — начале октября 2014 и 2019 гг. в центральной части заказника “Пижемский” и в памятнике природы “Урочище Васин бор” на территории, расположенной между населенными пунктами: д. Коврижата и д. Худяки (57°45.599' с.ш., 47°52.141' в.д. — 57°36.893' с.ш., 48°08.384' в.д.) (рис. 1).

Объектом исследования были афиллофороидные грибы, в сборы также вошли некоторые гетеробазидальные макромицеты. Идентификация

собранного материала осуществлялась в лабораторных условиях с использованием светового и стереоскопического микроскопов ЛОМО: Микмед-2 и МС-2, набора стандартных реактивов и современных определителей. Микрофотографии получены с помощью цифрового микроскопа Leica DM 1000 Led с камерой Leica DFC 295. Сведения о находках визуально распознаваемых в природе видах макромицетов вносились в дневник наблюдений.

Собранная за период исследований коллекция грибов хранится в музее Института экологии растений и животных УрО РАН [SVER(F)] (г. Екатеринбург), дубликаты некоторых образцов переданы в микологический гербарий Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (LE) (г. Санкт-Петербург). Гербарные номера образцов в коллекции SVER (F) составлены из первых букв названия Кировской обл. (Kirov), охраняемых природных территорий в р-не исследований (Pzh — заказник “Пижемский”, Vs — памятник природы “Урочище Васин бор”) и порядкового номера.

Таксономическая структура приведена по работе Wijayawardene et al. (2022). Видовые названия грибов в аннотированном списке приведены по базе данных Index Fungorum (2023). В аннотациях к видам использованы следующие сокращения: тип древесного субстрата (ж — живое дерево, вв — валежная ветвь, вс — валежный ствол, п — пень, с — сухостой); стадии разложения древесины — I—

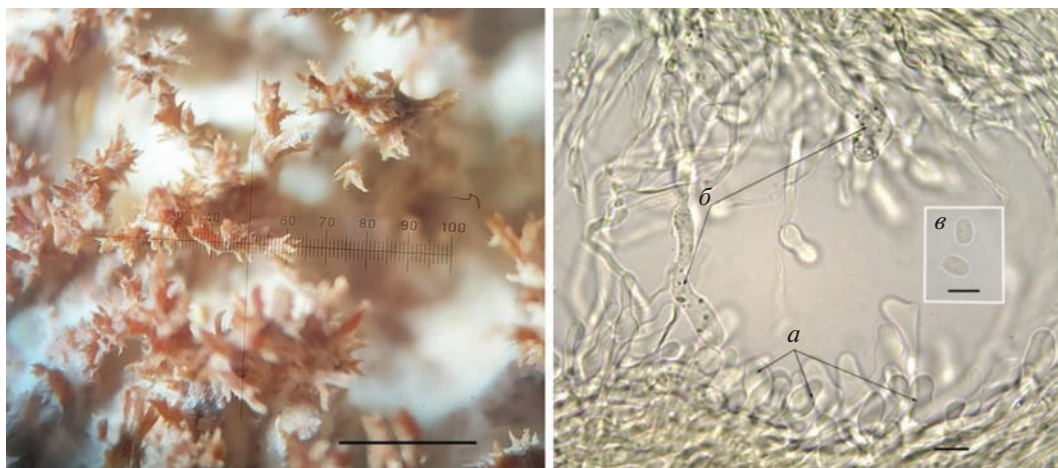


Рис. 2. Базидиома и микроструктура *Radulomyces arborifer*: слева — базидиома (масштаб — 1 мм); справа — микроструктура (а — базидии и базидиолы, б — глеоцистиды, в — споры) (масштаб — 10 мкм).

V (Burova, 1986); П — заказник “Пижемский”, ВБ — памятник природы “Урочище Васин бор”; лесные формации (1 — долинные, 2 — дубовые, 3 — сложные пихтово-еловые, 4 — еловые, 5 — сосновые; 6 — производные леса). Оценка встречаемости видов макромицетов в р-не исследований указана согласно следующей шкале: единичная находка — 1 образец, редко — 2–5 образцов, нередко — 6–10 образцов, часто — более 10 образцов, очень часто — более 30 образцов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

К настоящему времени в р-не исследований выявлено 212 видов, один подвид и одна разновидность афиллофороидных и гетеробазидиальных грибов из 138 родов, 49 семейств, 15 порядков, двух классов отдела *Basidiomycota*; 40 видов базидиомицетов (в аннотированном списке отмечены звездочкой) приводятся, согласно литературным сведениям, впервые для Кировской обл.

AGARICOMYCETES

Agaricales

Cyphellaceae

Chondrostereum purpureum (Pers.) Pouzar — на *Populus* (вс, п II, III), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-120], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-121]. П, ВБ (3, 6). Редко.

Granulobasidium vellereum (Ellis et Cragin) Jülich — на *Populus* (вс IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-369, SVER (F) Kirov-Pzh-370]. П (3). Редко.

Cystostereaceae

Cystostereum murrayi (Berk. et M.A. Curtis) Pouzar — на *Abies*, *Populus* (вс II, III) 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-160], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-161], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-162]. П, ВБ (2, 3, 4). Редко.

Radulomycetaceae

**Radulomyces arborifer* Malysheva et Zmitr. — на *Quercus* (вс III), в долине р. Пижда, в ивняке высокотравно-осоковом с участием дуба, рябины и черемухи, 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-665, SVER (F) Kirov-Pzh-666]. П (1). Редко. Вид был описан из Самарской обл. (Malysheva, 2006). Найденные нами образцы соответствуют голотипу. Базидиомы однолетние, резупинатные, простирающиеся на 3–5 см, толщ. до 1.5 мм, со слегка приподнятым краем. Гименофор радулоидный, кремового цвета. Шипы высотой до 3 мм, разветвленные в виде дендритов или кораллов с восковидными охристыми концами. Гифальная система мономитическая, гифы с пряжками. В субгимении гифы тонкостенные, шириной до 2.5 мкм, трамальные гифы толстостенные, иногда извилистые или ампуловидно вздутые, шириной 2.5–7 мкм. Некоторые трамальные гифы проникают в гимений, где выступают в качестве монилиоидных или ампуловидных псевдоцистид. Базидии булавовидно-стебельчатые 30–40 × 6–8 мкм, четырехспоровые, с базальными пряжками. Цистиды (глеоцистиды) слабо дифференцированные, утриформные, 30–52 × 8 мкм. Споры эллипсоидные, со слегка утолщенными стенками и маслянистым содержимым, 7–10.5 × 5–6 мкм (рис. 2).

Schizophyllaceae

**Schizophyllum amplum* (Lév.) Nakasone — на *Populus* (вс III), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-700, SVER (F) Kirov-Pzh-701]. П (2). Редко.

Sch. commune Fr. — на *Padus*, *Populus*, *Quercus* (вс II–IV), 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-704]. П, ВБ (1, 2, 3, 4, 5, 6). Нередко.

Stephanosporaceae

Cristinia helvetica (Pers.) Parmasto — на *Salix* (вс IV), 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-148]. П (1). Единичная находка.

*Amylocorticiales**Amylocorticiaceae*

**Amylocorticium subsulphureum* (P. Karst.) Pouzar — на *Picea* (вс IV), 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-20]. ББ (4). Единичная находка.

**Anomoloma myceliosum* (Peck) Niemelä et K.H. Larss. — на *Pinus* (вс IV), 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-50], 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-51], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-52]. П, ББ (5). Редко.

**Ceraceomyces borealis* (Romell) J. Erikss. et Ryvarde — на *Quercus* (вв IV), 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-104]. ББ (3). Единичная находка.

C. sublaevis (Bres.) Jülich — на *Pinus* (вс IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-105]. ББ (5). Единичная находка.

C. tessulatus (Cooke) Jülich — на *Betula*, *Salix* (вс, с II), 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-106], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-107]. П (1, 3). Редко.

Plicaturopsis crispa (Pers.) D.A. Reid — на *Alnus*, *Betula*, *Padus*, *Populus*, *Quercus* (вс, с II, III), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-630], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-635]. П, ББ (3, 4, 5, 6). Нередко.

*Atheliales**Atheliaceae*

Amphinema byssoides (Pers.) J. Erikss. — на *Juniperus*, *Populus* (вс, с II–IV), 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-17], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-18], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-19]. П, ББ (3, 5). Редко.

Athelia decipiens (Höhn. et Litsch.) J. Erikss. — на *Picea*, *Quercus* (вс IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-58], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-59]. П (2, 3). Редко.

**A. fibulata* M.P. Christ. — на *Pinus* (вс IV), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-60]. П (2). Единичная находка.

**Fibulomyces mutabilis* (Bres.) Jülich — на *Sorbus* (с II), 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-197]. П (1). Единичная находка.

**Tretomyces lutescens* (J. Erikss. et Ryvarde) K.H. Larss., Kotir. et Saaren. — на *Picea*, *Sorbus* (вс II, III), 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-822], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-823]. П (3). Редко.

*Auriculariales**Auriculariaceae*

Auricularia mesenterica (Dicks.) Pers. — на *Populus*, *Quercus* (вс III, IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-62]. П, ББ (1, 2, 3). Нередко.

**Exidia nigricans* (With.) P. Roberts — на *Betula*, *Salix*, *Sorbus* (ж, вс, вв II), 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-194], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-196]. П, ББ (1, 2, 3, 4). Нередко.

Incertae sedis

Aporpium macroporum Niemelä, Spirin et Miettinen — на *Populus* (вс III), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-55]. П (4). Единичная находка.

*Boetales**Coniophoraceae*

Coniophora arida (Fr.) P. Karst. — на хвойном и листовном опаде (вс II–IV), 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-

Pzh-126]. На коре комля растущего древовидного *Juniperus*, 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-131]. П, ББ (1, 2, 3, 4, 5). Часто.

C. olivacea (Fr.) P. Karst. — на *Pinus*, *Abies* (вс, п III, IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-135], 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-136]. П, ББ (4, 5). Редко.

C. puteana (Schumacher.) P. Karst. — на *Pinus*, *Picea*, *Populus*, *Quercus* (вс II–IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-140], 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-143]. П, ББ (3, 6). Нередко.

Hygrophoropsidaceae

Leucogyrophana mollusca (Fr.) Pouzar — на *Picea* (вс IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-466]. ББ (5). Единичная находка.

Serpulaceae

Serpula himantoides (Fr.) P. Karst. — на *Populus* (вс V), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-708]. ББ (4). Единичная находка.

Tapinellaceae

Pseudomerulius aureus (Fr.) Jülich — на *Pinus* (вс IV), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-651]. П (5). Единичная находка.

*Cantharellales**Botryobasidiaceae*

**Botryobasidium intertextum* (Schwein.) Jülich et Stalpers — на *Pinus* (вс IV), 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-82]. ББ (5). Единичная находка.

B. isabellinum (Fr.) D.P. Rogers — на *Betula*, *Picea*, *Pinus*, *Quercus* (вс III, IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-84], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-86]. П, ББ (3, 4, 5). Нередко.

**B. laeve* (J. Erikss.) Parmasto — на *Juniperus* (с II), 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-90]. П (3). Единичная находка.

**B. pruinaum* (Bres.) J. Erikss. — на *Populus* (вс III), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-91]. П (3). Единичная находка.

B. subcoronatum (Höhn. et Litsch.) Donk — на *Pinus* (вс IV), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-92]. П (5). Единичная находка.

Hydnaceae

Cantharellus cibarius Fr. — на почве, 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-103]. П, ББ (3, 4, 5). Часто.

**Paullicorticium ansatum* Liberta — на *Pinus* (вс IV), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-537]. П (5). Единичная находка.

**Sistotrema diademiferum* (Bourdot et Galzin) Donk — на *Betula* (вв III), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-710]. П (5). Единичная находка.

S. raduloides (P. Karst.) Donk — на *Populus*, *Quercus* (вс II, IV), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-711], 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-712], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-713]. П (2, 3). Редко.

*Corticiales**Corticaceae*

Corticium roseum Pers. — на *Populus*, *Prunus*, *Salix* (вв, вс II, III), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-145], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-147]. П, ББ (1). Нередко.

Punctulariaceae

Punctularia strigosozonata (Schwein.) P.H.B. Talbot — на *Betula*, *Populus* (вс, с II, III), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-653], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-657]. П, ББ (3, 6). Нередко.

Vuilleminiaceae

Cytidia salicina (Fr.) Burt — на *Salix* (с II, III), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-164], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-165]. П (1, 2). Нередко.

*Gloeophyllales**Gloeophyllaceae*

Gloeophyllum sepiarium (Wulfen) P. Karst. — на *Abies*, *Picea*, *Pinus* (вс II–IV). П, ББ (3, 4, 5, 6). Нередко.

G. trabeum (Pers.) Murrill — на *Abies*, *Picea*, *Pinus*, *Populus* (ж, вс III, IV), 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-343], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-347]. П, ББ (3, 6). Нередко.

*Hymenochaetales**Hymenochaetaceae*

Asterodon ferruginosus Pat. — на *Populus* (вс III), 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-57]. ББ (4). Единичная находка.

Coltricia perennis (L.) Murrill — на почве, 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-123]. П, ББ (5). Нередко.

Fomitiporia punctata (P. Karst.) Murrill — на *Betula*, *Padus*, *Quercus*, *Salix*, *Sorbus* (ж, вс, с I–III), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-252], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-256]. П, ББ (1, 2, 3, 6). Очень часто.

F. robusta (P. Karst.) Fiasson et Niemelä — на *Quercus* (ж), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-261], 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-263]. П (2). Нередко.

Hymenochaete cinnamomea (Pers.) Bres. — на *Quercus* (вв IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-389]. П (2). Единичная находка.

H. mougeotii (Fr.) Cooke — на *Abies* (вс, с II, III), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-390], SVER (F) Kirov-Pzh-391], 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-392]. П, ББ (2, 4). Редко.

H. rubiginosa (Dicks.) Lév. — преимущественно на *Quercus* (вв, вс, п III, IV), изредка на *Ulmus* (вс IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-395], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-400]. П, ББ (2, 3). Часто.

Inocutis rheades (Pers.) Fiasson et Niemelä — на *Populus* (ж), 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-424]. ББ (4). Единичная находка.

Inonotus obliquus (Fr.) Pilát — анаморфы на *Betula* (ж), единично — на *Padus* (вс II). П, ББ (3, 4, 5). Часто. Базидиомы — на *Betula* (вс, с IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-428]. Редко.

Mensularia radiata (Sowerby) Lázaro Ibiza — на *Alnus*, *Padus* (ж, вв, п, с II, III), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-

Pzh-474], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-480]. П, ББ (3, 6). Часто.

Ochroporus cinereus (Niemelä) M. Fisch. — на *Betula* (ж, вс, с II, III). П, ББ (3, 4, 5, 6). Очень часто.

Phellinidium ferrugineofuscum (P. Karst.) Fiasson et Niemelä — на *Abies*, *Picea* (вс II–IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-556], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-561]. П, ББ (3, 4, 5). Нередко.

Phellinopsis conchata (Pers.) Y.C. Dai — на *Salix* (ж), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-563]. П (6). Единичная находка.

Phellinus igniarius (L.) Quél. — на *Salix* (ж, вс, с III, IV). П, ББ (1, 2, 3, 4, 5, 6). Часто.

Ph. igniarius subsp. *nigricans* (Fr.) Bourdot et Galzin — на *Betula*, *Sorbus* (ж, вс, с II–IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-564]. П, ББ (2, 3, 4, 5, 6). Очень часто.

Ph. igniarius var. *alni* (Bondartsev) Niemelä — на *Alnus* (ж, с III), 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-598, SVER (F) Kirov-Vs-599]. ББ (3). Редко.

Ph. laevigatus (P. Karst.) Bourdot et Galzin — на *Betula*, *Populus* (вс III, IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-578], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-582]. П, ББ (3, 4, 5, 6). Нередко.

Ph. lundellii Niemelä — на *Betula* (вс II), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-583]. П (4). Единичная находка.

Ph. populicola Niemelä — на *Populus* (с II), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-584]. П (2). Единичная находка.

Ph. tremulae (Bondartsev) Bondartsev et P.N. Borisov — на *Populus* (ж, вв, вс, с I–III). П, ББ (2, 3, 4, 5, 6). Очень часто.

Phellopilus nigrolimitatus (Romell) Niemelä, T. Wagner et M. Fisch. — на *Pinus* (вс IV), 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-600]. ББ (5). Единичная находка.

Porodaedalea pini (Brot.) Murrill — на *Pinus* (ж, с II), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-639]. П, ББ (3, 4, 5). Часто.

Oxyporaceae

Oxyporus corticola (Fr.) Ryvarden — на *Populus*, *Quercus* (вс, с II–IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-512], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-517]. П, ББ (3). Нередко.

O. obducens (Pers.) Donk — на *Populus* (вс IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-526], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-527]. П (3). Редко.

O. populinus (Schumach.) Donk — на *Betula* (ж, вс IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-528], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-529]. П, ББ (2, 3). Редко.

Rickenellaceae

Peniophorella tsugae (Burt) K.H. Larss. — на *Picea* (вс IV), 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-545]. ББ (3). Единичная находка.

Resinicium bicolor (Alb. et Schwein.) Parmasto — на *Picea*, *Pinus*, *Populus* (вс III, IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-668], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-676]. П, ББ (3, 4, 5). Часто.

Schizoporaceae

Alutaceodontia alutacea (Fr.) Hjortstam et Ryvarden — на *Pinus* (вс III, IV), 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-6], 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-7]. ББ (3). Редко.

**Hyphodontia abieticola* (Bourdot et Galzin) J. Erikss. — на *Pinus* (вс IV), 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-410]. П (3). Единичная находка.

H. arguta (Fr.) J. Erikss. — на *Pinus*, *Quercus* (вс IV), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-411], 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-412], 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-413], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-414]. П, ББ (2, 3, 5). Редко.

H. pallidula (Bres.) J. Erikss. — на *Picea* (вс IV), 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-415]. ББ (3). Единичная находка.

**H. spathulata* (Schrad.) Parmasto — на *Abies*, *Betula* (вс III, IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-416], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-417]. П (2, 3). Редко.

Lyomyces crustosus (Pers.) P. Karst. — на *Alnus*, *Juniperus*, *Padus*, *Populus*, *Ulmus* (вв, вс, с II, III), 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-467], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-470]. П, ББ (3, 6). Нередко.

Schizopora paradoxa (Schrad.) Donk — на *Populus* (вс III), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-706]. П (3). Единичная находка.

Xylodon asper (Fr.) Hjortstam et Ryvarden — на *Picea*, *Pinus*, *Populus* (вс, с II, IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-864], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-865], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-866], 21.10.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-867]. П, ББ (3, 5). Редко.

X. flaviporus (Berk. et M.A. Curtis ex Cooke) Riebesehl et Langer — на *Betula*, *Populus*, *Quercus* (вс III, IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-871], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-874]. П, ББ (2, 3, 6). Нередко.

X. radula (Fr.) Tura, Zmitr., Wasser et Spirin — на *Salix*, *Sorbus* (вв, с II), 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-876], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-877]. П, ББ (3). Редко.

**X. verruculosus* (J. Erikss. et Hjortstam) Hjortstam et Ryvarden — на *Populus* (вв, вс III, IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-878], 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-879]. П (2, 3). Редко.

Incertae sedis

**Sidera vulgaris* (Fr.) Miettinen — на *Picea* (вс IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-709]. ББ (5). Единичная находка.

**Skvortzovia furfuracea* (Bres.) G. Gruhn et Hallenberg — на *Pinus* (вс III, IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-727], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-729]. П, ББ (3, 4, 5). Нередко.

Trichaptum abietinum (Pers. ex J.F. Gmel.) Ryvarden — на хвойной древесине (вв, вс, п, с II, III), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-825]. П, ББ (3, 4, 5, 6). Часто.

T. biforme (Fr.) Ryvarden — на *Betula*, *Quercus* (вв, вс II, III), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-837]. П, ББ (1, 2, 3, 4, 5, 6). Очень часто.

T. fuscoviolaceum (Ehrenb.) Ryvarden — на хвойной древесине (вв, вс, п, с II–IV), 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-845]. П, ББ (2, 3, 4, 5, 6). Очень часто.

Polyporales

Cerrenaceae

Cerrena unicolor (Bull.) Murrill — на *Betula*, *Sorbus* (ж, вс, п II–IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-117]. П, ББ (4, 5, 6). Нередко.

Dacrybolaceae

Osteina undosa (Peck) Zmitr. — на *Abies*, *Betula*, *Picea*, *Pinus*, *Populus* (вс, п III–IV), 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-504], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-507]. П, ББ (3, 4, 5). Нередко.

Postia balsamea (Peck) Jülich — на *Picea* (п III), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-645]. П (3). Единичная находка.

P. tephroleuca (Fr.) Jülich — на *Populus* (вс III, IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-646], 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-647], 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-648], 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-649], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-650]. П, ББ (3, 4). Редко.

Fomitopsidaceae

**Antrodia griseoflavescens* (Litsch.) Runnel, Spirin et K.H. Larss. — на *Betula* (вс III), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-53]. П (3). Единичная находка.

A. sinuosa (Fr.) P. Karst. — на *Betula*, *Picea*, *Pinus*, *Populus* (вс II–IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-23], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-29]. П, ББ (3, 4, 5, 6). Часто.

A. tanakae (Murrill) Spirin et Miettinen — на *Populus* (вс IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-54]. П (4). Единичная находка.

Daedalea quercina (L.) Pers. — на *Quercus* (вв, п II, III), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-166], 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-167]. П (2). Редко.

D. xantha (Fr.) A. Roy et A.B. De — преимущественно на *Pinus*, реже на *Populus*, *Quercus* (вс, с III, IV), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-44], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-48]. П, ББ (3, 4, 5, 6). Часто.

Flavidoporia mellita (Niemelä et Penttilä) Audet — на *Populus* (вс IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-198], 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-199], 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-200], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-201]. П, ББ (3, 6). Редко.

**F. pulvinascens* (Pilát) Audet — на *Populus* (вс III, IV), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-202], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-203]. П, ББ (3). Редко.

Fomitopsis betulina (Bull.) B.K. Cui, M.L. Han et Y.C. Dai — на *Betula* (вв, вс, п, с II–IV). П, ББ (3, 4, 5, 6). Часто.

F. pinicola (Sw.) P. Karst. — на хвойном и лиственном опаде (вв, вс, п, с II–IV). П, ББ (1, 2, 3, 4, 5, 6). Очень часто.

Neoantrodia primaeva (Renvall et Niemelä) Audet — на *Pinus* (вс IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-492]. П (5). Единичная находка.

N. serialis (Fr.) Audet — на *Abies*, *Alnus*, *Picea*, *Pinus* (вс II–IV), 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-494], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-502]. П, ББ (3, 4, 5, 6). Часто.

Rhodofomes roseus (Alb. et Schwein.) Kotl. et Pouzar — на *Abies*, *Picea*, *Pinus*, *Populus* (вс II–IV). П, ББ (3, 4, 5). Очень часто.

Ganodermataceae

Ganoderma applanatum (Pers.) Pat. — на *Abies*, *Betula*, *Picea*, *Populus*, *Quercus* (вс, п, с III, IV). П, ББ (1, 2, 3, 4, 6). Очень часто.

Hyphodermataceae

Hyphoderma litschaueri (Burt) J. Erikss. et Å. Strid — на *Betula* (вс III), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-402], dupl. LE F-334415. П (3). Единичная находка.

H. seigerum (Fr.) Donk — на *Abies*, *Quercus* (вс II, III), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-404], 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-407]. П, ББ (2, 3). Нередко.

**H. sibiricum* (Parmasto) J. Erikss. et Å. Strid — на *Picea* (вс II), 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-409]. ББ (5). Единичная находка.

Mutatoderma mutatum (Peck) C.E. Gómez — на *Betula*, *Populus* (вв, вс III), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-486], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-487]. ББ (3). Редко.

Incrustoporiaceae

Skeletocutis amorphia (Fr.) Kotl. et Pouzar — на *Picea*, *Pinus* (вс III), 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-714, SVER (F) Kirov-Vs-715], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-716]. П, ББ (3, 5). Редко.

**S. cummata* A. Korhonen et Miettinen — на *Picea* (вс IV), 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-719]. ББ (5). Единичная находка.

**S. kuehneri* A. David — на *Pinus* (вс IV), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-717], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-718]. П, ББ (5). Редко.

**S. percandida* (Malençon et Bertault) Jean Keller — на *Populus* (вс IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-725]. П (3). Единичная находка.

Tyromyces chioneus (Fr.) P. Karst. — на *Betula*, *Populus*, *Quercus*, *Sorbus* (вв, вс II–IV), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-849], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-852]. П, ББ (2, 3, 4, 5, 6). Нередко.

**T. fumidiceps* G.F. Atk. — на *Populus* (п IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-854]. П (3). Единичная находка.

T. lacteus (Fr.) Murrill — на *Quercus* (вс III), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-855]. П (2). Единичная находка.

T. odoratus (Sacc.) Zmitr. — на *Abies*, *Pinus*, *Populus* (вс IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-720], 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-721], 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-722], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-723], 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-724]. П, ББ (3, 4, 5). Редко.

Irpiceae

Byssomerulius corium (Pers.) Parmasto — на *Betula*, *Quercus* (вв III), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-95], 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-96]. П, ББ (3, 5). Редко.

**B. rubicundus* (Litsch.) Parmasto — на *Pinus* (вс IV), 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-97]. ББ (3). Единичная находка.

**Ceriporia reticulata* (Hoffm.) Domański — на *Populus* (вв IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-114]. П (3). Единичная находка.

Gloeoporus pannocinctus (Romell) J. Erikss. — на *Betula*, *Populus*, *Quercus* (вс, с II–IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-348], 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-349], 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-350], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-351], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-352]. П, ББ (2, 3, 5). Редко.

Irpex lacteus (Fr.) Fr. — на *Quercus*, *Salix* (вс, с III), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-435], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-436]. П, ББ (1, 2, 3). Нередко.

I. latemarginatus (Durieu et Mont.) C.C. Chen et Sheng H. Wu — на *Populus*, *Quercus* (ж, вв, вс III), 01.10.2014

[SVER (F) Kirov-Vs-518], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-525]. П, ББ (3). Нередко.

Leptoporus mollis (Pers.) Quél. — на *Pinus* (вс IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-465]. ББ (5). Единичная находка.

Meruliopsis taxicola (Pers.) Bondartsev — на *Pinus* (с II), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-353]. П (5). Единичная находка.

Raduliporus aneirinus (Sommerf.) Spirin et Zmitr. — на *Populus* (вс IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-664]. П (3). Единичная находка.

Vitreoporus dichrous (Fr.) Zmitr. — на *Betula*, *Populus*, *Salix*, *Sorbus* (ж, вс, с III, IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-857], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-861]. П, ББ (2, 3, 4, 5, 6). Нередко.

Ischnodermataceae

Ischnoderma resinolum (Schrad.) P. Karst. — на *Populus* (вс IV), 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-440]. ББ (3). Единичная находка.

Laetiporaceae

Laetiporus sulphureus (Bull.) Murrill — на *Quercus* (ж, п, с III, IV), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-449], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-450]. П (2). Часто.

Meripilaceae

Rigidoporus crocatus (Pat.) Ryvarden — на *Picea*, *Populus* (вс III, IV), 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-694, SVER (F) Kirov-Vs-695]. ББ (4). Редко.

Meruliaceae

**Ceriporiopsis jelicii* (Tortič et A. David) Ryvarden et Gilb. — на *Pinus* (вс IV), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-115]. П (3). Единичная находка.

Hermanssonia centrifuga (P. Karst.) Zmitr. — на *Abies*, *Picea* (вс III), 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-379], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-380]. ББ (3). Редко.

Mycoacia fuscoatra (Fr.) Donk — на *Populus* (вс III–V), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-488], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-491], 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-489], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-490]. П, ББ (3, 4). Редко.

Phlebia radiata Fr. — на *Populus*, *Quercus* (вс III, IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-602], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-604]. П, ББ (2, 3, 6). Нередко.

Ph. rufa (Pers.) M.P. Christ. — на *Betula*, *Populus*, *Quercus* (вс II–IV), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-606], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-608]. П, ББ (2, 3, 6). Нередко.

Ph. tremellosa (Schrad.) Nakasone et Burds. — на *Betula*, *Populus*, *Quercus* (ж, вс, п III, IV), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-611], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-618]. П, ББ (2, 3, 4, 5, 6). Часто.

**Physisporinus vitreus* (Pers.) P. Karst. — на *Betula* (вс IV), 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-621]. ББ (5). Единичная находка.

Phanerochaetaceae

Bjerkandera adusta (Willd.) P. Karst. — на листовном опаде (ж, вс, п, с II, III). П, ББ (1, 2, 3, 4, 5, 6). Очень часто.

Hapalopilus rutilans (Pers.) Murrill — на *Betula* (вв IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-371]. П (3). Единичная находка.

**Phaeophlebiopsis ravenelii* (Cooke) Zmitr. — на *Populus* (вв III), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-552]. П (3). Единичная находка.

Phanerochaete calotricha (P. Karst.) J. Erikss. et Ryvarden — на *Quercus* (вв III), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-553]. П (3). Единичная находка.

Ph. laevis (Fr.) J. Erikss. et Ryvarden — на *Populus* (вс IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-554]. П (2). Единичная находка.

Ph. velutina (DC.) P. Karst. — на *Picea* (с II), 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-555]. П (4). Единичная находка.

Podoscyphaceae

Abortiporus biennis (Bull.) Singer — на *Populus*, *Quercus* (вс III, IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-1], 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-3]. П (2, 3). Редко.

Polyporaceae

Daedaleopsis confragosa (Bolton) J. Schröt. — на *Alnus*, *Betula*, *Quercus*, *Salix*, *Sorbus* (ж, вс, п, с II, III), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-169], 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-175]. П, ББ (1, 2, 3, 6). Часто.

D. tricolor (Bull.) Bondartsev et Singer — на *Betula*, *Prunus*, *Quercus* (вв, вс, с II, III), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-181], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-186]. П, ББ (1, 2, 3, 4, 5, 6). Часто.

Fomesfomentarius (L.) Fr. — на *Betula*, *Populus*, *Quercus*, *Sorbus*, *Ulmus* (ж, вс, п, с II–IV). П, ББ (1, 2, 3, 4, 5, 6). Очень часто.

Lenzites betulina (L.) Fr. — на *Betula*, *Populus* (вв, вс II, III), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-458], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-463]. П, ББ (3, 4, 5). Нередко.

Neofavolus alveolaris (DC.) Sotome et T. Hatt. — на *Sorbus* (вв II), 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-503]. ББ (3). Единичная находка.

Perenniporia medulla-panis (Jacq.) Donk — на *Betula*, *Populus* (вс IV, V), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-546], SVER (F) Kirov-Pzh-547]. П (2). Редко.

Picipes badius (Pers.) Zmitr. et Kovalenko — на *Populus* (вс III), 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-622]. ББ (3). Единичная находка.

P. tubaeformis (P. Karst.) Zmitr. et Kovalenko — на *Populus* (вс IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-623]. П (3). Единичная находка.

Podofomes mollis (Sommerf.) Gorjón — на *Betula*, *Populus* (вс II–IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-110], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-112]. П, ББ (3, 6). Нередко.

Poriella subacida (Peck) C.L. Zhao — на *Picea*, *Pinus* (вс IV, V), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-548], SVER (F) Kirov-Pzh-549, SVER (F) Kirov-Pzh-550], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-551]. П, ББ (3, 5). Редко.

Trametes cinnabarina (Jacq.) Fr. — на *Betula*, *Sorbus* (вс III), 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-661], SVER (F) Kirov-Vs-662], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-663]. П, ББ (5). Редко.

T. gibbosa (Pers.) Fr. — на *Betula*, *Quercus* (вс, с II, III), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-778], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-781]. П, ББ (2, 3, 4, 5, 6). Нередко.

T. hirsuta (Wulfen) Lloyd — на *Populus*, *Quercus* (ж, вс, с II, III), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-783], 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-784]. П, ББ (1, 2, 3, 4, 5, 6). Нередко.

T. ochracea (Pers.) Gilb. et Ryvarden — на *Betula*, *Padus*, *Populus*, *Salix* (вв, вс, с II–IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-791], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-794]. П, ББ (1, 2, 3, 4, 5, 6). Часто.

T. pubescens (Schumacher.) Pilát — на *Alnus*, *Betula*, *Populus*, *Quercus* (вс, с II, III), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-800], 21.10.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-804]. П, ББ (2, 3, 4, 5, 6). Нередко.

T. suaveolens (L.) Fr. — на *Populus*, *Salix* (ж, вс, с II, III), 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-808], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-809], 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-807], 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-806]. П, ББ (1, 3, 5). Редко.

T. trogii Berk. — на *Populus*, *Salix* (вв, вс II, III), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-810], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-811], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-812]. П, ББ (2, 3). Редко.

T. versicolor (L.) Lloyd — на *Betula*, *Populus*, *Quercus* (вв, вс, п II–IV), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-814]. П, ББ (1, 2, 3, 4, 5, 6). Часто.

Yuchengia narymica (Pilát) B.K. Cui, C.L. Zhao et K.T. Steffen — на *Pinus* (вс IV), 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-880]. ББ (5). Единичная находка.

Sparassidaceae

Crustoderma dryinum (Berk. et M.A. Curtis) Parmasto — на *Picea*, *Populus* (вв, вс IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-150], 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-151], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-152]. П, ББ (2, 3, 4). Редко.

Pycnoporellus fulgens (Fr.) Donk — на *Picea* (вс, с III), 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-658], SVER (F) Kirov-Vs-659], 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-660]. П, ББ (4, 5). Редко.

Steccherinaceae

Butyrea luteoalba (P. Karst.) Miettinen — на *Pinus* (вс IV), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-93], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-94]. П, ББ (5). Редко.

**Cabalodontia bresadolae* (Parmasto) Piątek — на *Populus* (вс IV), 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-98]. ББ (5). Единичная находка.

Flaviporus citrinellus (Niemelä et Ryvarden) Ginns — на *Picea* (вс IV), 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-204]. ББ (3). Единичная находка.

Junghuhnia nitida (Pers.) Ryvarden — на *Populus* (вс III, IV), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-441], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-442]. П, ББ (3). Редко.

J. pseudozilingiana (Parmasto) Ryvarden — на старой базидиоме *Phellinus tremulae*, на *Populus* (вв, вс II, III), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-443], SVER (F) Kirov-Vs-444], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-445], SVER (F) Kirov-Pzh-446], dupl. LE F-334417. П, ББ (3). Редко.

Metuloidea murashkinskyi (Burt) Miettinen et Spirin — на *Betula*, *Populus*, *Salix* (вс, п I, III), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-483], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-484], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-485]. ББ (3, 5). Редко.

Steccherinum ochraceum (Pers. ex J.F. Gmel.) Gray — на *Alnus*, *Padus*, *Quercus*, *Salix*, *Sorbus* (вс, с III), 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-735], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-738]. П, ББ (1, 2, 3, 4, 6). Нередко.

Incertae sedis

Amaropostia stiptica (Pers.) B.K. Cui, L.L. Shen et Y.C. Dai — на *Picea*, *Pinus*, *Populus*, *Betula* (вс, п III, IV), 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-8], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-14]. П, ББ (3, 4, 5). Нередко.

Calcipostia guttulata (Sacc.) B.K. Cui, L.L. Shen et Y.C. Dai — на *Picea* (вс III), 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-99]. ББ (3). Единичная находка.

Cyanosporus caesius (Schrad.) McGinty — на *Picea*, *Pinus*, *Populus*, *Salix*, *Sorbus* (вс II — IV), 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-153], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-156]. П, ББ (3, 4, 5, 6). Нередко.

C. subcaesius (A. David) B.K. Cui, L.L. Shen et Y.C. Dai — на *Populus* (вс III), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-158]. П (3). Единичная находка.

Cystidiopostia hibernica (Berk. et Broome) B.K. Cui, L.L. Shen et Y.C. Dai — на *Pinus* (вс IV), 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-159]. ББ (5). Единичная находка.

Diplomitoporus crustulinus (Bres.) Domański — на *Picea* (вс IV), 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-192]. ББ (4). Единичная находка.

D. flavescens (Bres.) Domański — на *Pinus* (вс IV), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-193]. ББ (5). Единичная находка.

Fuscopostia fragilis (Fr.) B.K. Cui, L.L. Shen et Y.C. Dai — на *Picea* (вс IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-311], 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-312]. П, ББ (4, 5). Редко.

F. leucomallella (Murrill) B.K. Cui, L.L. Shen et Y.C. Dai — на *Picea*, *Pinus* (вс III), 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-314], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-315]. П, ББ (3, 4). Редко.

Hypochnicium bombycinum (Sommerf.) J. Erikss. — на *Salix* (с II), 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-418], SVER (F) Kirov-Pzh-419], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-420]. П, ББ (1, 6). Редко.

H. geogenium (Bres.) J. Erikss. — на *Pinus* (вс IV), 29.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-421], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-422]. П, ББ (3, 5). Редко.

**H. lundellii* (Bourdote) J. Erikss. — на *Juniperus* (вс III), 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-423]. П (1). Единичная находка.

Phanerodontia magnoliae (Berk. et M.A. Curtis) Hjortstam et Ryvarden — на *Quercus* (вс III), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-881]. П (1). Единичная находка.

**Sarcoporia polyspora* P. Karst. [= *Parmastomyces mollissimus* (Maire) Pouzar] — на *Picea*, *Pinus* (вс, п III–V), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-531], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-536]. П, ББ (3, 4, 5). Нередко.

Russulales

Auriscalpiaceae

Artomyces pyxidatus (Pers.) Jülich — на *Pinus*, *Populus* (вс IV), 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-56]. П, ББ (2, 3, 5). Нередко.

Bondarzewiaceae

Heterobasidion annosum (Fr.) Bref. — на *Abies*, *Picea*, *Pinus* (вс III, IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-383], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-385]. П, ББ (3, 4, 5). Нередко.

H. parviporum Niemelä et Korhonen — на *Picea* (п III), 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-387, SVER (F) Kirov-Vs-388]. ББ (4). Редко.

Hericiaceae

Hericium coralloides (Scop.) Pers. — на *Betula* (вс, с III–V), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-374], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-378]. П, ББ (2, 3). Нередко.

Laxitextum bicolor (Pers.) Lentz — на *Populus*, *Quercus*, *Sorbus* (вс, п II, IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-453], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-456]. П, ББ (1, 3). Нередко.

Peniophoraceae

Baltazaria galactina (Fr.) Leal-Dutra, Dentinger et G.W. Griff. — на *Betula*, *Populus* (вс III, IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-64], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-70, dupl. LE F-334414]. П, ББ (3, 4, 5, 6). Нередко.

Dichostereum boreale (Pouzar) Ginns et M.N.L. Lefebvre — на *Picea* (вс IV), 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-190], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-191]. ББ (3, 5). Редко.

Gloiothele citrina (Pers.) Ginns et G.W. Freeman — на *Betula*, *Populus*, *Picea*, *Pinus* (вс, п, с II–V), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-356], 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-367]. П, ББ (3, 4, 5, 6). Часто.

Metulodontia nivea (P. Karst.) Parmasto — на *Picea* (вс IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-482]. П (2). Единичная находка.

Peniophora cinerea (Pers.) Cooke — на *Quercus* (вс III), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-538]. П (2). Единичная находка.

P. polygonia (Pers.) Bourdot et Galzin — на *Populus* (вс II), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-539]. П (3). Единичная находка.

P. rufa (Fr.) Boidin — на *Populus* (вс, п II, III), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-540], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-543]. П, ББ (3, 4, 5). Нередко.

**Vararia ochroleuca* (Bourdote et Galzin) Donk — на *Abies* (вс III), 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-856]. П (4). Единичная находка.

Stereaceae

Aleurodiscus cerussatus (Bres.) Höhn. et Litsch. — на *Salix* (с II), 19.09.2019 [Sver (F) Kirov-Pzh-5], dupl. LE F-334418. П (3). Единичная находка.

**Conferticium karstenii* (Bourdote et Galzin) Hallenb. — на *Populus* (вс III), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-124]. П (3). Единичная находка.

Gloeocystidiellum convolvens (P. Karst.) Donk — на *Populus* (вс III, IV), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-336], 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-337]. П, ББ (3). Редко.

**G. luridum* (Bres.) Boidin — на *Padus* (с III), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-338]. П (6). Единичная находка.

Stereum gausapatum (Fr.) Fr. — на *Quercus* (вс, п II, IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-740], 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-741]. П (2). Нередко.

S. hirsutum (Willd.) Pers. — на *Betula*, *Populus*, *Quercus*, *Salix* (вв, вс, с II–IV), 30.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-747], 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-751]. П, ВБ (1, 2, 3, 4, 5, 6). Часто.

S. sanguinolentum (Alb. et Schwein.) Fr. — на *Abies*, *Picea* (вс III), 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-752], 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-753]. П, ВБ (2, 5). Редко.

S. subtomentosum Pouzar — на *Betula*, *Quercus*, *Ulmus* (вв, вс, с II–IV), 02.10.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-757], 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-769]. П, ВБ (1, 2, 3, 4, 5, 6). Очень часто.

Xenasmataceae

Xenasmatella vaga (Fr.) Stalpers — на *Picea* (вс IV), 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-863]. П (3). Единичная находка.

Sebacinales

Sebacinaceae

Sebacina grisea Bres. — на *Picea* (вс III), 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-707]. П (3). Единичная находка.

Thelephorales

Bankeraceae

Sarcodon imbricatus (L.) P. Karst. — на почве, 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-696]. ВБ (5). Единичная находка.

Thelephoraceae

**Thelephora ellisii* (Sacc.) Zmitr., Shchepin, Volobuev et Myasnikov — на хвойной древесине (вс IV), 18.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-774]. П (3). Единичная находка.

Tomentella crinalis (Fr.) M.J. Larsen — на *Populus* (вс IV), 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-773]. П (3). Единичная находка.

**T. terrestris* (Berk. et Broome) M.J. Larsen — на *Pinus* (вс IV), 19.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-775]. П (3). Единичная находка.

Tomentellopsis echinospora (Ellis) Hjortstam — на *Quercus* (вв IV), 20.09.2019 [SVER (F) Kirov-Vs-776]. ВБ (2). Единичная находка.

Trechisporales

Hydnodontaceae

Sphaerobasidium minutum (J. Erikss.) Oberw. ex Jülich — на *Pinus* (вс IV), 29.09.2014 [SVER (F) Kirov-Vs-732]. ВБ (5). Единичная находка.

**Trechispora candidissima* (Schwein.) Bondartsev et Singer — на *Populus* (вс III), 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-819]. П (4). Единичная находка.

T. mollusca (Pers.) Liberta — на *Picea*, *Populus* (вс IV), 21.09.2019 [SVER (F) Kirov-Pzh-820, SVER (F) Kirov-Pzh-821]. П (4). Редко.

DACRYMYCETES

Dacrymycetales

Dacrymycetaceae

Calocera cornea (Batsch) Fr. — на *Populus*, *Quercus* (вс III, IV), 01.10.2014 [SVER (F) Kirov-Pzh-101]. П, ВБ (3, 4, 6). Нередко.

В соответствии с представленными данными в центральной части заказника “Пижемский” обнаружено 175 видов базидиомицетов и один внутривидовой таксон, а на территории памятника природы “Урочище Васин бор” — 143 вида и два внутривидовых таксона; 63 вида найдены только в центральной части заказника “Пижемский”, 29 видов и один внутривидовой таксон — только в памятнике природы “Урочище Васин бор”; 107 видов и один внутривидовой таксон (50.5% от общего видового состава) встречаются в обоих охраняемых природных комплексах.

Редкими как в европейской части России, так и в странах Северной Европы, являются обнаруженные в р-не исследований 25 видов: *Antrodia griseoflavescens*, *Aporpium macroporum*, *Athelia fibulata*, *Byssomerulius rubicundus*, *Cabalodontia bresadolae*, *Ceriporia reticulata*, *Ceriporiopsis jelicii*, *Daedalea quercina*, *Diplomitoporus crustulinus*, *D. flavescens*, *Flavidoporia mellita*, *F. pulvinascens*, *Granulobasidium vellereum*, *Ischnoderma resinosum*, *Junghuhnina pseudozilingiana*, *Leptoporus mollis*, *Metuloidea murashkinskyi*, *Neoantrodia primaeva*, *Phaeophlebiopsis ravenelii*, *Postia balsamea*, *Radulomyces arborifer*, *Rigidoporus crocatus*, *Skeletocutis cummata*, *Tyromyces fumidiceps*, *Yuchengia narymica* (Eriksson, Ryvarde, 1973, 1976; Eriksson et al., 1981; Ryvarde, Gilbertson, 1993, 1994; Bondartseva, 1998; Malysheva, 2006; Red data book, 2019; Bernicchia, Gorjón, 2020). Три из них включены в приложение к Красной книге Кировской обл.: *D. crustulinus*, *F. mellita*, *R. crocatus* (Red data book, 2014).

К индикаторным для старовозрастных лесов видам, развивающимся преимущественно на крупномерной (старой) древесине (Kotiranta, Niemelä, 1996), принадлежат 14 видов: *Asterodon ferruginosus*, *D. quercina*, *D. crustulinus*, *Hericium coralloides*, *L. mollis*, *Mycoacia fuscoatra*, *Phellinidium ferrugineofusum*, *Picipes tubaeformis*, *Poriella subacida*, *P. balsamea*, *Pycnoporellus fulgens*, *Rigidoporus crocatus*, *Tyromyces odoratus*. Следует отметить, что включенный в Красную книгу Кировской обл. *Hericium coralloides* (Red data book, 2014), в исследуемом р-не встречается нередко.

Таким образом, в результате проведенных исследований существенно дополнены сведения о видовом разнообразии микобиоты региона. Присутствие большого количества редких и индикаторных для старовозрастных лесов видов афиллофороидных грибов в естественных лесных экосистемах заказника “Пижемский” и памятника

природы “Урочище Васин бор” свидетельствует об их высокой природоохранной ценности.

Исследования выполнены в рамках государственного задания ИЭРиЖ УрО РАН “Биоразнообразие растительного мира и микобиоты и его динамика под влиянием глобальных, региональных и локальных факторов” № 122021000092-9. Работа Е.А. Лугининой и С.И. Оботнина выполнена в рамках государственного задания ВНИИ-ОЗ им. проф. Б.М. Житкова “Совершенствование научных основ устойчивого использования, методов оценки, мониторинга и прогноза динамики биологических ресурсов охотничьего хозяйства” № FNWS-2022-0001.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Aleksandrova V.D., Yurkovskaya T.K.* Geobotanical zoning of the non-chernozem area in the European part of the R.S.F.S.R. Nauka, St. Petersburg, 1989 (in Russ.).
- Bernicchia A., Gorjón S.P.* Polypores of the Mediterranean Region. Segrate, Romar, 2020.
- Bondartseva M.A.* Familia *Albatrellaceae*, *Aporpiaceae*, *Boletopsidaceae*, *Bondarzewiaceae*, *Corticaceae* (species with poroid hymenophore), *Fistulinaceae*, *Ganodermataceae*, *Lachnocladiaceae* (species with tubular hymenophore), *Phaeolaceae*, *Polyporaceae* (genera with tubular hymenophore), *Poriaceae*, *Rigidoporaceae*. Nauka, St. Petersburg, 1998 (in Russ.).
- Burova L.G.* Ecology of macromycetes. Nauka, Moscow, 1986 (in Russ.).
- Eriksson J., Ryvarden L.* The *Corticaceae* of North Europe. V. 2: *Aleurodiscus* – *Confertobasidium*. Fungiflora, Oslo, 1973. P. 206–207.
- Eriksson J., Ryvarden L.* The *Corticaceae* of North Europe. V. 4: *Hyphodermella* – *Mycoacia*. Fungiflora, Oslo, 1976. P. 881–882.
- Eriksson J., Hjortstam K., Ryvarden L.* The *Corticaceae* of North Europe. V. 6: *Phlebia* – *Sarcodontia*. Fungiflora, Oslo, 1981. P. 1129–1131.
- Especially protected areas of Russia. 2022. <http://oopt.aari.ru/oopt/Пижемский-0>. Accessed 25.01.2022 (in Russ.).
- Forests of the Kirov Region / *A.I. Vidyakina, T.Ya. Ashikhmina, S.D. Novoselov* (eds). Kirov, 2008 (in Russ.).
- Index Fungorum. CABI Bioscience, 2023. <http://www.indexfungorum.org/>. Accessed 10.05.2023.
- Kirillov D.V., Luginina E.A.* The macrofungi of the State nature sanctuary “Bylina” (Kirov Region). Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologia. Nauki o Zemle. 2011. V. 3. P. 36–42 (in Russ.).
- Kotiranta H., Niemelä T.* Uhanalaiset käävät Suomessa. Helsinki, 1996.
- Kotkova V.M.* The first data about aphylloroid fungi of the “Tulashor” plot of the Nature Reserve “Nurgush”. In: Proceedings of the “Nurgush” State Nature Reserve, v. 2. Kirov, 2013a. P. 78–86 (in Russ.).
- Kotkova V.M.* New data about aphylloroid fungi of the “Nurgush” plot of the Nature Reserve “Nurgush”. In: Proceedings of the “Nurgush” State Nature Reserve. Kirov, 2013b. P. 86–95 (in Russ.).
- Kotkova V.M.* Studying of aphylloroid fungi in the forests of the Nature Reserve “Nurgush”. In: Scientific researches are the basis for the protection of natural complexes of reserves. Kirov, 2014. P. 70–73 (in Russ.).
- Malysheva V.F.* Notes on rare species of aphylloroid fungi found in Zhiguli Nature Reserve (Samara Region, European Russia). Karstenia. 2006. V. 46. P. 25–32.
- Perestoronina O.N., Shabalkina S.V.* Materials about flora and vegetation of the natural heritaged area “Urochishche Vasin bor”. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. 2014. V. 16 (4). P. 1241–1245 (in Russ.).
- Perevedentseva L.G., Bondartseva M.A., Kirillov D.V.* Agarioid and aphylloroid basidiomycetes of the Kirov Region. In: Flora of the Urals within the Perm ex-province and its protection. Perm, 2007. P. 94–102 (in Russ.).
- Red data book of Kirov Region: Animals, plants, fungi. 2nd ed. / O.G. Baranova etc. (eds). Kirov, 2014 (in Russ.).
- Red data book of Komi Republic. Komi Republican Printing House, Syktyvkar, 2019 (in Russ.).
- Ryvarden L., Gilbertson R.L.* European polypores. V. 1: *Abortiporus* – *Lindtneria*. Fungiflora, Oslo, 1993. P. 1–387.
- Ryvarden L., Gilbertson R.L.* European polypores. V. 2: *Meruliopsis* – *Tyromyces*. Fungiflora, Oslo, 1994. P. 388–743.
- Stavishenko I.V., Veselovskaya A.V.* Aphylloraceous fungi of the nature reserve “Nurgush” (Kirov Region). Mikologiya i fitopatologiya. 2011. V. 45 (3). P. 260–270 (in Russ.).
- Stavishenko I.V., Luginina E.A.* Aphylloroid fungi of the state nature sanctuary “Bylina” (Kirov Region). Mikologiya i fitopatologiya. 2015. V. 49 (1). P. 41–49 (in Russ.).
- Stavishenko I.V., Luginina E.A., Kirillov D.V. et al.* Macromycetes of the state nature sanctuary “Bylina”. Raduga-Press, Kirov, 2019 (in Russ.).
- Volobuev S.V., Bolshakov S.Yu., Shiryayev A.G. et al.* New species for regional mycobiotas of Russia. 4. Report 2019. Mikologiya i fitopatologiya. 2019. V. 53 (5). P. 261–271. <https://doi.org/10.1134/S0026364819050076>
- Volobuev S. V., Bolshakov S.Yu., Khimich Yu.R. et al.* New species for regional mycobiotas of Russia. 6. Report 2021. Mikologiya i fitopatologiya. 2021. V. 55 (6). P. 411–422. <https://doi.org/10.31857/S0026364821060131>
- Wijayawardene N.N., Hyde K.D., Dai D.Q. et al.* Outline of Fungi and fungus-like taxa – 2021. Mycosphere. 2022. V. 13 (1). P. 53–453. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/13/1/2>
- Александрова В.Д., Юрковская Т.К.* (Aleksandrova, Yurkovskaya) Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части РСФСР. Л.: Наука, 1989. 64 с.
- Бондарцева М.А.* (Bondartseva) Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. Вып. 2: семейства альбатрелловые, апорпиевые, болетопсиевые, бондарцевиевые, ганодермовые, кортициевые (виды с порообразным гименофором), лахнокладиевые (виды с трубчатым гименофором), полипоровые (роды с трубчатым гименофором), пориевые, регидопоровые, феоловые, фистулиновые. СПб.: Наука, 1998. 392 с.

- Бурова Л.Г. (Burova) Экология грибов макромицетов. М.: Наука, 1986. 222 с.
- Кириллов Д.В., Лугинина Е.А. (Kirillov, Luginina) Макромицеты государственного природного заказника “Былина” (Кировская область) // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2011. Т. 3. С. 36–42.
- Коткова В.М. (Kotkova) Первые сведения об афиллофоровых грибах участка “Тулашор” заповедника “Нургуш” // Труды Государственного природного заповедника “Нургуш”. Т. 2. Киров, 2013а. С. 78–86.
- Коткова В.М. (Kotkova) Новые сведения об афиллофоровых грибах участка “Нургуш” заповедника “Нургуш” // Труды Государственного природного заповедника “Нургуш”. Т. 2. Киров, 2013б. С. 86–95.
- Коткова В.М. (Kotkova) Изучение афиллофоровых грибов в лесах заповедника “Нургуш” // Научные исследования как основа охраны природных комплексов заповедников. Матер. Всеросс. научно-практ. конф. Киров, 2014. С. 70–73.
- Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е. (Red data book) / под ред. О.Г. Барановой и др. Киров: Кировская областная типография, 2014. 336 с.
- Красная книга Республики Коми (Red data book). Сыктывкар: ООО “Коми республиканская типография”, 2019. 768 с.
- Леса Кировской области (Forests of the Kirov Region) / под ред. А.И. Видякина, Т.Я., Ашихминой, С.Д. Новоселова. Киров: ОАО “Кировская областная типография”, 2008. 400 с.
- ООПТ России (Especially protected areas of Russia) (<http://oopt.aari.ru/oopt/Пижемский-0>). Дата обращения 25.01.2022.
- Переведенцева Л.Г., Бондарцева М.А., Кириллов Д.В. (Perevedentseva et al.) Агарикоидные и афиллофороидные базидиомицеты Кировской области // Флора Урала в пределах бывшей Пермской губернии и ее охрана: Материалы межрегион. конф., посвящ. 140-летию со дня рождения П.В. Сюзева. Пермь, 2007. С. 94–102.
- Пересторонина О.Н., Шабалкина С.В. (Perestoronina, Shabalkina) Материалы к флоре и растительности памятника природы “Урочище Васин бор” // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1 (4). С. 1241–1245.
- Ставишенко И.В., Веселовская А.В. (Stavishenko, Veselovskaya) Афиллофоровые грибы заповедника “Нургуш” (Кировская область) // Микология и фитопатология. 2011. Т. 45. № 3. С. 260–270.
- Ставишенко И.В., Лугинина Е.А. (Stavishenko, Luginina) Афиллофороидные грибы государственного природного заказника “Былина” (Кировская область) // Микология и фитопатология. 2015. Т. 49. № 1. С. 41–49.
- Ставишенко И.В., Лугинина Е.А., Кириллов Д.В. и др. (Stavishenko et al.) Макромицеты государственного природного заказника “Былина”. Киров: ООО “Радуга-Пресс”, 2019. 150 с.

Aphyllorphoroid Fungi of the State Nature Reserve “Pizhenskiy” and the Natural Monument “Urochishche Vasin Bor” (Kirov Region, Russia)

I. V. Stavishenko^{a, #}, E. A. Luginina^{b, ##}, and S. I. Obotnin^{b, ###}

^aInstitute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences 620144 Ekaterinburg, Russia

^bRussian Scientific Research Institute of Hunting and Fur Breeding named after Professor B.M. Zhitkov, 610000 Kirov, Russia

[#]e-mail: stavishenko@bk.ru

^{##}e-mail: e.luginina@gmail.com

^{###}e-mail: obotnin123@mail.ru

New data on aphyllorphoroid and some heterobasidiomycetous fungi in central part of the nature reserve “Pizhenskiy” and the natural monument “Urochishche Vasin Bor”, located in the southwestern part of the Kirov Region at the south taiga subzone, is presented. A total of 212 species and two intraspecific taxa of basidial macromycetes were found on both protected territories, of which 40 species are indicated for the first time for the Kirov Region. The checklist contains information about frequency of finds, habitats and substrate association for each species. 25 species found in the study area are rare both in the European part of Russia and in the countries of Northern Europe. New locations have been discovered for four species (*Diplomitoporus crustulinus*, *Flavidoporia mellita*, *Hericium coralloides*, *Rigidoporus crocatus*), included in the Red data Book of the Kirov Region. 14 species are presented as indicators of old-growth forest. By now, 175 species of basidiomycete fungi have been recorded at the territory of the reserve “Pizhenskiy”, and 143 species — on the territory of the natural monument “Urochishche Vasin Bor”. The presented data confirm the great importance of these protected areas for maintaining and preserving of the regional diversity of mycobiota.

Keywords: annotated list of species, aphyllorphoroid fungi, *Basidiomycota*, biodiversity, European part of Russia, hemiboreal forests, indicator species for old-growth forests, Kirov Region, rare species, specially protected natural areas

УДК 582.281.24 : 069.029 (470.21)

АФИЛЛОФОРОИДНЫЕ ГРИБЫ ОСТРОВА ВЕЛИКИЙ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАПОВЕДНИК, МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)

© 2023 г. Ю. Р. Химич^{1,*}

¹Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, 184209 Апатиты, Россия

*e-mail: ukhim@inbox.ru

Поступила в редакцию 25.04.2023 г.

После доработки 15.05.2023 г.

Принята к публикации 31.05.2023 г.

При обследовании в Кандалакшском заповеднике о. Великий и двух ближайших не крупных о-вов выявлен 131 вид афиллофороидных грибов. 77 видов впервые приводятся для территории заповедника, из них три (*Byssoporia terrestris*, *Hyphodontia abieticola*, *Hypochnicium multifforme*) являются новыми для микобиоты Мурманской обл. На о. Великом выявлены четыре вида грибов, внесенных в Красную книгу Мурманской обл. с категорией 3 – редкие (*Dichomitus squalens*, *Hericium coralloides*, *Junghuhnia collabens*, *Leptoporus mollis*), на о. Еловом – два вида (*Hericium coralloides*, *Leptoporus mollis*).

Ключевые слова: базидиомицеты, видовое разнообразие, Мурманская область, островная микобиота, ООПТ, редкие виды

DOI: 10.31857/S0026364823050057, **EDN:** LMEUKT

ВВЕДЕНИЕ

В последние 25 лет активизировались исследования грибов на островах морских и озерных экосистем России (Bulakh, 1999; Krutov, Lositskaya, 1999; Govorova, 2002, 2004; Zavodovskiy, 2011; Ezhov, Ruokolainen, 2016; Bukharova et al., 2019; Ezhov et al., 2017, 2019; Ruokolainen, Kotkova, 2019). Однако очевидно, что требуется продолжение работ в этом направлении. На Белом море за счет многолетних экспедиций наиболее полно изучена микобиота афиллофороидных грибов Соловецкого архипелага (Ezhov et al., 2017, 2019), тогда как по микобиоте Мурманской части Белого моря имеются лишь отрывочные данные.

В 2022 г. свой 90-летний юбилей отметил первый в мире морской заповедник и один из старейших в России – Кандалакшский государственный природный заповедник. Он был создан с целью охраны гаги и большая его часть (около 70%) приходится на морскую акваторию.

Заповедник лежит в двух природных зонах – участки на побережье Баренцева моря располагаются в тундровой зоне, побережье и о-ва Кандалакшского залива Белого моря – в таежной (Specially protected., 2003). Островные территории заповедника представляют определенный интерес для исследователей флоры и микобиоты, однако с другой стороны, создают некоторые трудности для посещения и изучения ООПТ. Наибольший интерес для микологов представляет самый крупный остров заповедника – Великий. Площадь не-

заливаемой части острова составляет 6820 га и превышает по размерам такие материковые заповедные территории, как Ковдский п-ов и Турий мыс.

Первые микологические исследования на территории заповедника были проведены в 1964–1965 гг. К.А. Пыстиной, Т.В. Павловой и Ю.С. Шестаковой (Pystina et al., 1969), которые изучали сумчатые, базидиальные и несовершенные грибы на заповедных о-вах Северного архипелага и о. Великий. В результате было выявлено около 50 видов порядка *Aphyllophorales*, причем для о. Великий отмечено 20 видов. В дальнейшем специального изучения дереворазрушающих грибов не проводилось. На основании публикаций, отчетов и гербарных образцов для заповедника в целом было известно 73 вида афиллофороидных грибов (Khimich, Isaeva, 2013). В результате исследований на п-ове Турий (2002 и 2013 гг.) удалось выявить 56 видов грибов, многие из них ранее не регистрировались в заповеднике, а шесть были впервые отмечены в Мурманской обл. (Isaeva, Khimich, 2015). Очевидно, что для такой обширной территории, большая часть которой лежит в лесной зоне, сведения о биоте афиллофороидных грибов очень неполны. Целью нашей работы было выявить биоту афиллофороидных грибов самого крупного острова заповедника – Великий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Остров Великий расположен на широте Полярного круга, на южной границе Мурманской обл.



Рис. 1. Кандалакшский заповедник (о. Великий и прилегающие территории) с обследованными участками, пронумерованными согласно списку в тексте.

в Кандалакшском заливе Белого моря. Согласно последнему лесоустройству (2016 г.), леса занимают 72% площади о. Великий. Преобладают хвойные насаждения, в основном сосновые леса (65%), которые занимают маломощные рыхлые моренные отложения на склонах, пески, скалы и плоские понижения. Еловые леса произрастают в основном на богатых супесчаных отложениях и преимущественно в северной части о-ва. Незначительные площади занимают осинники и березняки, представленные и первичными, и производными типами. По группам возраста преобладают спелые и перестойные насаждения, соответственно 74 и 85%. Доминирует кустарничковая группа типов леса (79% всей площади лесов). В лесах в качестве примеси можно встретить иву, рябину, на влажных участках по берегам ручьев — ольху. В целом существенных изменений растительности за последние 50 лет не произошло (Bogdanova, Vekhov, 1969).

Территорию обследовали маршрутным методом в летне-осенний период 2013–2014 гг. Посещены различные участки о. Великий и некоторые ближайшие к нему о-ва. Обследованы следующие участки (рис. 1):

- 1) о. Великий, окрестности кордона, 24 квартал — $66^{\circ}36'31.7''$ с.ш., $33^{\circ}17'9.2''$ в.д. (20–23.08.2013, 01.09.2014);
- 2) “”, губа Белая — $66^{\circ}34'29.3''$ с.ш., $33^{\circ}14'39.7''$ в.д. (21.08.2013);
- 3) “”, губа Количья (28–29 квартал) — $66^{\circ}35'47.4''$ с.ш., $33^{\circ}18'24.2''$ в.д. (22.08.2013, 04.09.2014);
- 4) “”, губа Котиха — $66^{\circ}32'37.8''$ с.ш., $33^{\circ}19'56.4''$ в.д. (02.09.2014);
- 5) “”, губа Станцевая — $66^{\circ}34'34.1''$ с.ш., $33^{\circ}24'15.4''$ в.д. (04.09.2014);
- 6) о. Еловый — $66^{\circ}37'54.9''$ с.ш., $33^{\circ}12'02.3''$ в.д. (03.09.2014);
- 7) о. “Березовый” — $66^{\circ}36'07.8''$ с.ш., $33^{\circ}11'40.3''$ в.д. (02.09.2014).

“Березовый” представляет собой маленький безымянный остров западнее о. Великий, рядом с о. Голый; покрыт березняком, благодаря чему и получил это условное название.

Хорошо различимые в полевых условиях и широко распространенные виды грибов практически не гербаризировали. Всего собрано 382 образца афиллофороидных грибов. Образцы определяли в

лаборатории наземных экосистем Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН. Идентификацию образцов осуществляли с использованием светового микроскопа “ЛОМО Микмед-6”. При подготовке препаратов к микроскопированию применяли 5%-й р-р КОН и реактив Мельцера. Образцы хранятся в гербарии Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН (г. Апатиты, INEP).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Ниже приводится аннотированный список афиллофороидных грибов о. Великий и двух ближайших некрупных о-вов (Еловый, Березовый). Названия видов приведены в соответствии с базой данных Index Fungorum (по состоянию на февраль 2023 г.). Одной звездочкой отмечены виды, новые для Кандалакшского заповедника, двумя звездочками — новые для Мурманской обл., восклицательным знаком — виды, внесенные в Красную книгу Мурманской обл. (2014). В конце аннотации приводятся гербарные номера образцов. Образцы в основном собраны и определены автором, некоторые образцы предоставлены В.В. Ершовым (ВЕ).

Аннотированный список видов

Agaricales

**Aphanobasidium pseudotsugae* (Burt) Boidin et Gilles — 1: на валеже хвойного дерева, еловый лес (INEP 3087).

Chondrostereum purpureum (Pers.) Pouzar — 2: на валеже *Betula pubescens*, елово-березовый лес (INEP 3057).

**Cylindrobasidium laeve* (Pers.) Chamuris — 1: на буреломе *Betula pubescens*, елово-сосновый лес (INEP 2169).

Radulomyces confluens (Fr.) M.P. Christ. — 1: на буреломе *Betula pubescens*, сосновый лес (3291); 2: на пне *B. pubescens*, березово-еловый лес (INEP 2966); 6: на буреломе *Betula pubescens*, еловый лес (INEP 3153).

Schizophyllum commune Fr. — 6: на бревне, берег (INEP 3211).

Amylocorticiales

**Ceraceomyces borealis* (Romell) J. Erikss. et Ryvarden — 5: на валеже *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 2206).

**C. eludens* K.H. Larss. — 5: на валеже *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 3150).

Atheliales

Amphinema byssoides (Pers.) J. Erikss. — 2: на валежной ветке *Betula pubescens*, еловый лес (INEP 3021); 3: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3112).

Piloderma bicolor (Peck) Jülich — 4: на валеже *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 2197).

Boletales

**Coniophora arida* (Fr.) P. Karst. — 1, 5: на валеже *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 3136, 3128); 4: на ветрова-

ле и буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3227, 3238); 7: на бревне, березовый лес (INEP 3142).

C. olivacea (Fr.) P. Karst. — 1: на валеже хвойного дерева, буреломе и ветровале *Picea obovata*, еловый и елово-сосновый лес (INEP 3078, 3114, 3322); 2: на валежной ветке *Betula pubescens*, еловый лес (INEP 3019); 3: на ветровале *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3097); 4: на буреломе *Pinus sylvestris* и *Populus tremula*, сосновый и еловый лес (INEP 3219, 3316); 6: на буреломе и валеже *Picea obovata*, еловый лес (INEP 2952, 3139).

**C. puteana* (Schumacher.) P. Karst. — 5: на буреломе *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 2202).

**Leucogyrophana sororia* (Burt) Ginns — 5: на буреломе и ветровале *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 3223, 3279).

**Penttilamyces romellii* (Ginns) Zmitr., Kalinovskaya et Myasnikov — 1: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3254); на буреломе *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 3284).

**Serpula himantoides* (Fr.) P. Karst. — 5: на ветровале *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 2174).

Cantharellales

Botryobasidium subcoronatum (Höhn. et Litsch.) Donk — 1: на валеже и буреломе *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 2204, 3239, 3264, 3282); 3: на ветровале *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3248); 5: на ветровале *P. obovata* и валеже *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 3038, 3127); 6: на ветровале и буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 2961, 3017, 3288).

B. vagum (Berk. et M.A. Curtis) D.P. Rogers — 1: на валеже хвойного дерева, валеже *Pinus sylvestris*, еловый и сосновый лес (INEP 3032, 3036); 3: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3147).

**Clavulina cinerea* (Bull.) J. Schröt. — 6: на почве, луговое сообщество на побережье (INEP 2115).

Sistotrema muscicola (Pers.) S. Lundell — 6: на валеже *Betula pubescens*, еловый лес (INEP 3230).

Gloeophyllales

Chaetodermella luna (Romell ex D.P. Rogers et H.S. Jacks.) Rauschert — 4: на валеже *Pinus sylvestris*, елово-сосновый лес (INEP 2182); 7: на бревне, берег (INEP 3274).

**Gloeophyllum protractum* (Fr.) Imaz. — 3: на буреломе *Pinus sylvestris*, еловый лес (INEP 3051).

G. separium (Wulfen) P. Karst. — 1: на бревне на берегу, на валеже *Picea obovata*, еловый лес (INEP 2946, 3069); на буреломе *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 3319); 3: на ветровале *P. sylvestris*, еловый лес (INEP 3008); 6: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 2965, 3263).

Gomphales

Clavariadelphus sachalinensis (S. Imai) Corner — 1, 4: на почве, елово-сосновый и еловый лес (INEP 2110-2112); 3: на почве, еловый лес, собр. ВЕ (INEP 2114).

Hymenochaetales

**Alutaceodontia alutacea* (Fr.) Hjortstam et Ryvarden — 2: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3011).

Coltricia perennis (L.) Murrill — 1: на почве (INEP 3243).

**Hastodontia hastata* (Litsch.) Hjortstam et Ryvarden — 3: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3090); 4: на корне бурелома *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 3037).

**Hymenochaete fuliginosa* (Fr.) Lév. — 1: на ветровале *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3115).

***Hyphodontia abieticola* (Bourdot et Galzin) J. Erikss. — 1: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3310).

H. alutaria (Burt) J. Erikss. — 2: на пне *Picea obovata*, березово-еловый лес (INEP 3088); 6: на буреломе *Picea obovata* и *Pinus sylvestris*, еловый лес (INEP 2958, 3014).

**H. pallidula* (Bres.) J. Erikss. — 7: на бревне, березовый лес (INEP 3143).

**Inonotus leporinus* (Fr.) Gilb. et Ryvarden — 6: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3212).

I. obliquus (Fr.) Pilát — 1, 2, 6, 7: на живом дереве и валеже *Betula pubescens*, березовый, еловый, елово-сосновый и березово-еловый лес (INEP 3133, 3146).

**Kurtia argillacea* (Bres.) Karasiński [= *Hyphoderma argillaceum* (Bres.) Donk] — 5: на буреломе *Picea obovata*, сосновый лес (INEP 3155).

Oxyporus corticola (Fr.) Ryvarden — 4: на буреломе *Populus tremula*, еловый лес (INEP 2116).

**Peniophorella praetermissa* (P. Karst.) K.H. Larss. — 1, 5: на буреломе и ветровале *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 3278, 3318); 3: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3154); 7: на валеже *Betula pubescens*, березовый лес (INEP 2959).

**Phellinidium ferrugineofuscum* (P. Karst.) Fiason et Niemelä — 1, 3: на ветровале хвойного дерева, буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 2992, 3062, 3083, 3256, 3311).

Phellinopsis conchata (Pers.) Y.C. Dai [= *Phellinus conchatus* (Pers.) Quél.] — 1, 3, 7: на сухостое, буреломе и стволе живого дерева *Salix* sp., березовый, еловый и елово-сосновый лес (INEP 2179, 3052, 3084, 3159).

Phellinus chrysoloma (Fr.) Donk — 1, 3, 6: на валеже *Picea obovata*, еловый лес (INEP 2956, 2964, 2985, 3063, 3093, 3099, 3262).

Ph. ignarius (L.) Quél. — 1: на живом дереве *Betula pubescens*, березовый лес.

Ph. laevigatus (P. Karst.) Bourdot et Galzin — 1, 3, 4: на валеже *Betula pubescens*, березовый и еловый лес (INEP 2974, 3027, 3039, 3081, 3105).

Ph. tremulae (Bondartsev) Bondartsev et P.N. Borisov — 1, 4: на живом дереве *Populus tremula*, елово-сосновый и еловый лес (INEP 2968, 3213).

Ph. viticola (Schwein.) Donk — 1, 3: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 2977, 3138); 4, 5: на буреломе *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 3158, 3314).

Phellopilus nigrolimitatus (Romell) Niemelä, T. Wagner et M. Fisch. [= *Phellinus nigrolimitatus* (Romell) Bourdot et Galzin] — 6: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 2954).

Porodaedalea pini (Brot.) Murrill — 1: на живом дереве *Pinus sylvestris*, елово-сосновый лес (INEP 3102).

**Skvortzovia furfuracea* (Bres.) G. Gruhn et Hallenberg [= *Resinicium furfuraceum* (Bres.) Parmasto] — 1, 4, 5: торец спиленного ствола, валеж *Pinus sylvestris*, валеж хвойного дерева, *Populus tremula*, сосновый, еловый и елово-сосновый лес (INEP 2167, 2178, 2183, 2186, 3218, 3267, 3305).

Trichaptum abietinum (Pers. ex J.F. Gmel.) Ryvarden — 1, 2, 6: на ветровале и буреломе *Pinus sylvestris*, *Picea obo-*

vata, еловый, елово-березовый и березово-еловый лес (INEP 2957, 2987, 2997, 3046).

T. fuscoviolaceum (Ehrenb.) Ryvarden — 1: на ветровале *Pinus sylvestris*, еловый лес (INEP 2998); 2, 6: на буреломе *Picea obovata*, еловый и елово-березовый лес (INEP 2962, 2986).

T. laricinum (P. Karst.) Ryvarden — 1, 3, 5: на буреломе и ветровале *Picea obovata*, еловый лес (INEP 2171, 2981, 2995, 3073, 3098); 1: на буреломе *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 3283).

**Tubulicrinis calothrix* (Pat.) Donk — 1: на буреломе *Picea obovata*, елово-сосновый лес (INEP 3005).

**T. glebulosus* (Fr.) Donk — 1: на сухостое *Salix* sp., елово-сосновый лес (INEP 2180); на буреломе хвойного дерева, еловый лес (INEP 3059); 5: на валеже *Salix* sp., сосновый лес (INEP 2173).

**T. subulatus* (Bourdot et Galzin) Donk — 1, 3, 5: на валеже *Pinus sylvestris*, сосновый и еловый лес (INEP 3030, 3265, 3298); 2, 6: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3103, 3270, 3308).

**Xylodon asper* (Fr.) Hjortstam et Ryvarden — 2, 3: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3042, 3113); 4: на буреломе *Betula pubescens*, еловый лес (INEP 3040).

X. borealis (Kotir. et Saaren.) Hjortstam et Ryvarden — 3: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3149).

**X. brevisetus* (P. Karst.) Hjortstam et Ryvarden — 1, 2, 3, 4, 5, 6: на валеже хвойного дерева, *Pinus sylvestris*, *Picea obovata*, *Betula pubescens*, еловый, елово-березовый, елово-сосновый и сосновый лес (INEP 2978, 2982, 2999, 3006, 3026, 3028, 3031, 3129, 3221, 3224, 3261, 3273, 3281, 3293, 3321, 3326).

Polyporales

Amylocystis lapponica (Romell) Bondartsev et Singer — 1, 6: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 2953, 3047, 3101).

**Anthoporia albobrunnea* (Romell) Karasiński et Niemelä — 1, 4: на валеже *Picea obovata*, *Pinus sylvestris*, елово-сосновый и сосновый лес (INEP 3004, 3235, 3247).

**Antrodia sinuosa* (Fr.) P. Karst. [= *Amyloporia sinuosa* (Fr.) Rajchenb., Gorjón et Pildain] — 1, 2, 3, 4, 5, 6: на валеже *Pinus sylvestris* и *Picea obovata*, еловый, сосновый и елово-сосновый лес (INEP 3043, 3089, 3094, 3141, 3152, 3234, 3242, 3246, 3249, 3258, 3266, 3274, 3277, 3292).

**Antrodiella pallasii* Renvall, Johann. et Stenlid — 2: на ветровале *Picea obovata*, елово-березовый лес (INEP 2970).

**A. pallescens* (Pilát) Niemelä et Miettinen — 2, 7: на валеже *Betula pubescens*, березовый и березово-еловый лес (INEP 3140, 3260, 3304).

**Atheliachaete sanguinea* (Fr.) Spirin et Zmitr. [= *Phanerochaete sanguinea* (Fr.) Pouzar] — 1: на валеже *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 2203); на буреломе *Salix* sp. и ветровале *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3079, 3116); 5: на валеже *Betula pubescens*, сосновый лес (INEP 2172).

**Crystallicutis serpens* (Tode) El-Gharabawy, Leal-Dutra et G.W. Griff. [= *Ceraceomyces serpens* (Tode) Ginns] — 1: на ветровале *Pinus sylvestris*, елово-сосновый лес (INEP 3076); 2: на валеже *Picea obovata*, елово-березовый лес (INEP 3253); 6: на буреломе *Pinus sylvestris*, еловый лес (INEP 3016); 7: на бревне, березовый лес (INEP 3141).

Cerioporus varius (Pers.) Zmitr. et Kovalenko — 3: на бревне, берег (INEP 3231).

Cerrena unicolor (Bull.) Murrill — 1, 2: на сухостое *Betula pubescens*, березово-еловый и елово-сосновый лес.

Climacocystis borealis (Fr.) Kotl. et Pouzar — 2: на пне *Picea obovata*, березово-еловый лес (INEP 3048).

**Cyanosporus caesius* (Schr.) McGinty [= *Postia caesia* (Schr.) P. Karst.] — 1, 2, 3, 6: на валеже хвойного дерева, *Picea obovata*, *Pinus sylvestris*, еловый и елово-сосновый лес (INEP 3013, 3033, 3228, 3287, 3317); 4: на зависшем стволе *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 2198).

Daedalea xantha (Fr.) A. Roy et A.B. De [= *Antrrodia xantha* (Fr.) Ryvarden] — 1, 3, 6: на валеже *Pinus sylvestris*, еловый и елово-сосновый лес (INEP 2945, 2993, 3056, 3064, 3068, 3092).

**Daedaleopsis septentrionalis* (P. Karst.) Niemelä — 5: на буреломе *Betula pubescens*, еловый лес (INEP 2189).

!*Dichomitus squalens* (P. Karst.) D.A. Reid — 1: на ветровале *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 2175); 3: на буреломе *P. sylvestris*, еловый лес (INEP 2137).

**Diplomitoporus crustulinus* (Bres.) Domański — 2, 4: на буреломе *Picea obovata*, еловый и елово-березовый лес (INEP 3000, 3220).

D. flavescens (Bres.) Domański — 4: на буреломе *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 2200, 3313).

Fomes fomentarius (L.) Fr. — 1, 2, 3: на сухостое, буреломе *Betula pubescens*, различные типы леса.

Fomitopsis betulina (Bull.) B.K. Cui, M.L. Han et Y.C. Dai [= *Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Karst.] — 2: на сухостое *Betula pubescens*, елово-березовый лес (INEP 3091).

F. pinicola (Sw.) P. Karst. — 1, 2: на валеже *Picea obovata*, сосновый и еловый лес.

**Fuscopostia fragilis* (Fr.) B.K. Cui, L.L. Shen et Y.C. Dai [= *Oligoporus fragilis* (Fr.) Gilb. et Ryvarden] — 1, 3, 5, 6: на буреломе и ветровале *Picea obovata*, *Pinus sylvestris*, еловый, сосновый и елово-сосновый лес (INEP 2990, 3215, 3222, 3233, 3259, 3306); 7: на бревне на берегу (INEP 3257).

**F. lateritia* (Renvall) B.K. Cui, L.L. Shen et Y.C. Dai [= *Oligoporus lateritius* (Renvall) Ryvarden et Gilb.] — 4: на валеже *Pinus sylvestris*, еловый лес (INEP 3225).

**F. leucomallella* (Murrill) B.K. Cui, L.L. Shen et Y.C. Dai [= *Oligoporus leucomallellus* (Murrill) Gilb. et Ryvarden] — 2: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 2980, 3104).

**Gloeoporus taxicola* (Pers.) Gilb. et Ryvarden — 1, 6: на валеже *Pinus sylvestris*, елово-сосновый лес (INEP 2983, 3077, 3272); 4: на зависшем над землей стволе *P. sylvestris*, сосновый лес (INEP 2199).

Hapalopilus rutilans (Pers.) Murrill — 2, 3, 5: на валеже *Betula pubescens*, березовый и еловый лес (INEP 2188, 2973, 3001, 3106).

**Hermanssonia centrifuga* (P. Karst.) Zmitr. [= *Phlebia centrifuga* P. Karst.] — 3, 6: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 2951, 3066).

**Hyphoderma setigerum* (Fr.) Donk — 1: на буреломе и валежных ветках *Betula pubescens*, елово-сосновый лес (INEP 2168, 3108); 4: на валеже *Alnus incana*, буреломе *Pinus sylvestris*, еловый и сосновый лес (INEP 2184, 2955); 5, 6: на буреломе *Betula pubescens*, еловый лес (INEP 2187, 3145, 3156).

***Hypochnicium multifforme* (Berk. et Broome) Hjortstam — 6: на буреломе *Pinus sylvestris*, еловый лес (INEP 3320).

**Incrustoporia biguttulata* (Romell) Zmitr. [= *Skeletocutis biguttulata* (Romell) Niemelä] — 1: на валеже *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3280).

**I. brevispora* (Niemelä) Zmitr. [= *Skeletocutis brevispora* Niemelä] — 6: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3285).

**I. papyracea* (A. David) Zmitr. [= *Skeletocutis papyracea* A. David] — 1, 2: на валеже *Pinus sylvestris*, *Picea obovata*, сосновый и еловый лес (INEP 3010, 3240, 3290).

**Ischnoderma benzoinum* (Wahlenb.) P. Karst. — 1: на корнях ветровала *Pinus sylvestris*, сосновый и елово-сосновый лес (INEP 2971, 3071); 2, 6: на валеже и буреломе *Picea obovata*, елово-березовый лес (INEP 2109, 2984, 3049, 3276).

!*Junghuhnia collabens* (Fr.) Ryvarden — 4: на валеже *Picea obovata*, еловый лес (INEP 2108).

Kneiffia subalutacea (P. Karst.) Bres. — 5, 6: на буреломе *Pinus sylvestris*, сосновый и еловый лес (INEP 3131, 3217).

!*Leptoporus mollis* (Pers.) Quél. — 1, 6: на пне *Picea obovata*, елово-сосновый и еловый лес (INEP 2106, 2134); 2, 3: на буреломе *Picea obovata*, елово-березовый и еловый лес (INEP 2135, 2136).

Neoantrodia serialis (Fr.) Audet [= *Antrrodia serialis* (Fr.) Donk] — 1, 2, 3: на валеже *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3009, 3054, 3251, 3294).

**Phanerochaete laevis* (Fr.) J. Erikss. et Ryvarden — 2, 6: на буреломе *Betula pubescens*, на валеже *Pinus sylvestris*, березовый и елово-сосновый лес (INEP 3003, 3058, 3271); 7: на валеже *Salix* sp., березовый лес (INEP 2949, 3299).

**Ph. sordida* (P. Karst.) J. Erikss. et Ryvarden — 2: на валеже *Betula pubescens*, березово-еловый лес (INEP 2975); 3: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3111).

**Phlebia radiata* Fr. — 1: на буреломе *Betula pubescens*, сосновый лес (INEP 2170).

**Ph. segregata* (Bourdot et Galzin) Parmasto — 5: на буреломе *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 3157).

**Ph. tremellosa* (Schr.) Nakasone et Burds. — 3, 5: на буреломе *Betula pubescens*, еловый и сосновый лес (INEP 2166, 2190).

**Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich — 2 на буреломе и ветровале *Picea obovata*, елово-березовый и березовый лес (INEP 2988, 3289); 6: на буреломе *Pinus sylvestris*, еловый лес (INEP 3229).

Poriella subacida (Peck) C.L. Zhao [= *Perenniporia subacida* (Peck) Donk] — 2: на ветровале *Picea obovata*, елово-березовый лес (INEP 2969, 3075).

**Postia sericeomollis* (Romell) Jülich — 4: на ветровале *Pinus sylvestris*, сосновый лес (INEP 3315).

Rhodofomes roseus (Alb. et Schwein.) Kotl. et Pouzar [= *Fomitopsis rosea* (Alb. et Schwein.) P. Karst.] — 1, 2, 3, 6: на буреломе *Picea obovata*, еловый и елово-березовый лес (INEP 2963, 3055, 3067, 3312); 5: на бревне *P. obovata*, берег (INEP 3214).

**Tyromyces odoratus* (Sacc.) Zmitr. [= *Skeletocutis odora* (Sacc.) Ginns] — 4: на валеже *Populus tremula*, еловый лес (INEP 2196).

**Skeletocutis stellae* (Pilát) Jean Keller — 1, 3: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 2994, 3050, 3110).

**Stereophlebia tuberculata* (Berk. et M.A. Curtis) Zmitr. [= *Phlebia albida* Fr.] — 7: на буреломе *Salix* sp., березовый лес (INEP 3323).

Trametes ochracea (Pers.) Gilb. et Ryvarden — 2: на буреломе *Betula pubescens*, березовый лес (INEP 3002).

**T. versicolor* (L.) Lloyd — 2: на корнях ветровала *Betula pubescens*, березовый лес.

**Vitreoporus dichrous* (Fr.) Zmitr. [= *Gloeoporus dichrous* (Fr.) Bres.] — 1, 2, 6, 7: на валеже и пне *Betula pubescens*, березовый и елово-березовый лес (INEP 2947, 2996, 3061, 3132).

Russulales

**Acanthophysellum lividocoeruleum* (P. Karst.) Parmasto — 1: на валеже хвойного дерева, еловый лес (INEP 3086).

***Byssoporia terrestris* (Pers.) M.J. Larsen et Zak — 1: на валеже хвойного дерева, еловый лес (INEP 3295).

**Gloiothele citrina* (Pers.) Ginns et G.W. Freeman — 1, 3, 6: на пне и валеже *Picea obovata*, валеже *Pinus sylvestris*, на доске, еловый, елово-сосновый и сосновый лес (INEP 2195, 2950, 2967, 2979, 3015, 3018, 3095, 3135, 3144, 3216, 3226, 3232 3236, 3296, 3302).

!*Hericium coralloides* (Scop.) Pers. — 2, 4, 6: на сухостое и валеже *Betula pubescens*, елово-березовый и еловый лес (INEP 2014, 2105, 2138, 2139).

Laurilia sulcata (Burt) Pouzar — 1: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 1519).

**Peniophora cinerea* (Pers.) Cooke — 3: на буреломе *Betula pubescens*, еловый лес (INEP 3100).

**Peniophora incarnata* (Pers.) P. Karst — 2: на буреломе *Betula pubescens*, елово-березовый лес (INEP 3045); 3: на буреломе *Salix* sp., еловый лес (INEP 3029).

P. pithya (Pers.) J. Erikss. — 1, 3, 4, 6: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 2989, 3035, 3041, 3082, 3237).

**Stereum hirsutum* (Willd.) Pers. — 1, 2, 3: на сухостое, валеже *Betula pubescens*, березовый, елово-березовый и еловый лес (INEP 2194, 2991, 3044, 3096).

S. sanguinolentum (Alb. et Schwein.) Fr. — 1, 4: на валеже *Pinus sylvestris*, сосновый и еловый лес (INEP 2177, 2181, 3007); 3, 6: на пне и валеже *Picea obovata*, еловый лес (INEP 2107, 2948, 3085).

Xenasmatella vaga (Fr.) Stalpers — 1, 5: на валеже *Pinus sylvestris*, валежных ветках *Betula pubescens*, сосновый и елово-сосновый лес (INEP 2176, 2201, 2205, 3065, 3107); 3: на буреломе *Picea obovata* и *Salix* sp., еловый лес (INEP 3072, 3074); 4: на валеже *Alnus incana*, еловый лес (INEP 2185).

Thelephorales

**Hydnellum caeruleum* (Hornem.) P. Karst. — 1: на почве, сосновый лес у тропы (INEP 3070).

**H. ferrugineum* (Fr.) P. Karst. — 1: на почве, сосновый лес у тропы (INEP 3060).

**Phellodon melaleucus* (Sw. ex Fr.) P. Karst. — 5: на почве, сосновый лес (INEP 2191).

**Ph. tomentosus* (L.) Banker — 5: на почве, сосновый лес (INEP 2192, 2193).

Ph. violascens (Alb. et Schwein.) A.M. Ainsw. [= *Bankera violascens* (Alb. et Schwein.) Pouzar] — 1: на почве у корневых лап *Picea obovata*, елово-сосновый лес (INEP 1947).

Thelephora terrestris Ehrh. — 1: на почве (INEP 3244).

**Tomentella bryophila* (Pers.) M.J. Larsen — 1, 3: на валеже *Betula pubescens*, березовый и еловый лес (INEP 2972, 3130).

**T. lapida* (Pers.) Stalpers — 3: на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3148).

**T. stuposa* (Link) Stalpers — 1: на валежных ветках *Betula pubescens*, елово-сосновый лес (INEP 3109).

**Tomentellopsis echinospora* (Ellis) Hjortstam — 2: на валежной ветке *Betula pubescens*, еловый лес (INEP 3020).

Trechisporales

**Trechispora farinacea* (Pers.) Liberta — 1: на ветровале хвойного дерева, на буреломе *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3255, 3268); 7: на валеже *Salix* sp. и *Betula pubescens*, березовый лес (INEP 3137, 3151).

**T. microspora* (P. Karst.) Liberta — 6: на валеже *Pinus sylvestris*, еловый лес (INEP 3034).

**T. nivea* (Pers.) K.H. Larss. — 5: на старом плодовом теле гриба *Fomes fomentarius* на валеже *Betula pubescens*, сосновый лес (INEP 3245); 6: на буреломе *Betula pubescens*, еловый лес (INEP 2960).

**T. stellulata* (Bourdot et Galzin) Liberta — 3: на буреломе *Pinus sylvestris*, еловый лес (INEP 3080).

**T. subsphaerospora* (Litsch.) Liberta — 1, 2: на валеже *Picea obovata*, еловый лес (INEP 3250, 3297).

Ранее по сборам 1964–1965 гг. (Pystina et al., 1969) для о. Великий приводились 20 видов: *Bjerkandera adusta* (Willd.) Karst., *Cerioporus varius*, *Erastia aurantiaca* (Rostk.) Miettinen et Niemelä ex Zíbarová, Kout et Tejklová, *Fomes fomentarius*, *Fomitopsis pinicola*, *Gloeophyllum odoratum* (Wulfen) Imaz., *Gloeophyllum sepiarium*, *Hypochnicium bombycinum* (Sommerf.) J. Erikss., *Inonotus obliquus*, *Lentinus arcularius* (Batsch) Zmitr., *Lenzites betulina* (L.) Fr., *Lentinus brumalis* (Pers.) Zmitr., *Phaeoclavulina abietina* (Pers.) Giachini, *Phellinus tremulae*, *Porodaedalea pini*, *Ramaria aurea* (Schaeff.) Quél., *R. botrytis* (Pers.) Bourdot, *Rhodofomes roseus*, *Schizophyllum commune*, *Thelephora terrestris*. Повторно в 2013–2014 гг. нам удалось встретить только девять из них. *Schizophyllum commune* был отмечен на берегу о. Еловый на бревне, единичная находка. О распространении этого вида в регионе практически неизвестно, сборов из лесных экосистем нет. Возможно, в Мурманской обл. он является “заносным” и растет на привозной древесине. Для Финляндии этот гриб отмечается на юге страны на привозной деловой древесине из России (Kotiranta et al., 2009).

В ходе полевых исследований был выявлен 131 вид афиллофороидных грибов (121 — на о. Великий). Для заповедника отмечено 77 новых видов, из которых три (*Byssoporia terrestris*, *Hyphodontia abieticola*, *Hypochnicium multiforme*) впервые отмечены для Мурманской обл. *Byssoporia terrestris* и *Hyphodontia abieticola* широко распространены на юге Фенноскандии, с продвижением на север встречаются реже (GBIF, 2022a, 2022b), находок *Hypochnicium multiforme* меньше и в основном на юге Фенноскандии (GBIF, 2022c). Из трех вышеупомянутых видов в Карелии отмечен пока только гриб *Hyphodontia abieticola* — на юге республики (Krutov et al., 2014).

Весьма примечательна находка *Sistotrema muscicola* на о. Еловом, которая является второй в регионе. Впервые этот гриб был обнаружен также на территории Кандалакшского заповедника на п-ове Турий (Isaeva, Khimich, 2015).

Большинство видов предпочитает древесину хвойных пород (ель — 54, сосна — 50), достаточно велико число на древесине березы (36), менее 10 ви-

дов на древесине других лиственных пород (ива, осина ольха); напочвенные грибы насчитывают всего девять видов.

Из видов грибов, внесенных во второе издание Красной книги Мурманской обл. (Red data book, 2014), на о. Великом выявлено четыре вида категории 3 — редкие (*Dichomitus squalens*, *Hericium coralloides*, *Junghuhnia collabens*, *Leptoporus mollis*), на о. Еловом — два вида (*Hericium coralloides*, *Leptoporus mollis*). Причем *Dichomitus squalens*, *Junghuhnia collabens*, *Leptoporus mollis* были отмечены в Канда-лакшском заповеднике впервые (Red data book, 2014; Khimich et al., 2021). Для *Junghuhnia collabens* находка в заповеднике является третьей в регионе. *Dichomitus squalens* помимо о. Великий встречается в Лапландском заповеднике и на юге Мурманской области. В последние годы наибольшим количеством новых местонахождений среди краснокнижных видов грибов характеризуется *Leptoporus mollis* (Khimich et al., 2021), однако встречается он на единичных субстратах.

Спустя практически 60 лет после первых обследований о-вов Кандалакшского заповедника нам удалось существенно пополнить информацию о биоте афиллофороидных грибов о. Великий и о распространении ряда видов грибов, в том числе краснокнижных. Очевидна необходимость проведения дальнейших систематических исследований микобиоты Кандалакшского заповедника.

Автор выражает искреннюю признательность и благодарность сотрудникам Кандалакшского государственного природного заповедника, в особенности инспектору [Р.Б. Кокорину], за помощь в организации и проведении полевых исследований, коллегам из Института проблем промышленной экологии Севера, В.В. Ершову — за помощь в полевых исследованиях, О.В. Петровой — за подготовку карты-схемы. Работа выполнена в рамках государственного задания Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН (FMEZ-2022-0021).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Bogdanova N.E., Vekhov V.N. Flora of vascular plants of the Velikiy Island. In: Trudy Kandalakshskogo gosudarstvennogo zapovednika. V. 7. Murmansk, 1969, pp. 126–178 (in Russ.).
- Bukharova N.V., Prozorova L.A., Ternovenko V.A. Rare and new species from the Far Eastern Marine Reserve. 5. Aphyllophoroid fungi (*Basidiomycota*) of the Popov Island. Biota i sreda zapovednykh territoriy. 2019. № 4. P. 22–33 (in Russ.).
https://doi.org/10.25808/26186764.2019.19.4.002
- Bulakh E.M., Govorova O.K., Bagatov V.V. New data on macrofungi of the Kuril Islands. Novosti sistematiki nizshikh rasteniy. 1999. V. 33. P. 53–59 (in Russ.).
- Ezhov O.N., Ruokolaynen A.V. The species diversity of aphyllophoroid fungi of the Valaam and Solovetsky archipelagos (Republic of Karelia, Archangelsk region). Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN. 2016. № 1. P. 68–83 (in Russ.).
https://doi.org/10.17076/bg165
- Ezhov O., Zmitrovich I., Ruokolaynen A. Checklist of aphyllophoroid fungi (*Agaricomycetes*, *Basidiomycota*) in boreal forests of the Solovetsky Archipelago (Arkhangelsk Region, European Russia). Check List. 2017. 13 (6). P. 789–803.
https://doi.org/10.15560/13.6.789
- Ezhov O.N., Zmitrovich I.V., Ruokolaynen A.V. New data on aphyllophoroid fungi and some other groups of macrofungi of the Solovetsky archipelago. Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN. 2019. № 1. P. 85–92 (in Russ.).
https://doi.org/10.17076/bg849
- GBIF Occurrence Download. 2022. https://www.gbif.org/species/180019862. Accessed 25.09.2022.
- GBIF Occurrence Download. 2022. https://www.gbif.org/species/5237522. Accessed 25.09.2022.
- GBIF Occurrence Download. 2022. https://www.gbif.org/species/2543542. Accessed 25.09.2022.
- Govorova O.K. On the flora of heterobasidiomycetous and aphyllophoroid fungi of the Sakhalin. I. Novosti sistematiki nizshikh rasteniy. 2002. V. 36. C. 24–31 (in Russ.).
- Govorova O.K. Heterobasidiomycetous and aphyllophoraceous fungi of the Sakhalin. In: Rastitelnyy i zhivotnyy mir ostrova Sakhalin (Materialy Mezhdunarodnogo Sakhalinskogo proekta). V. 1. Dalnauka, Vladivostok, 2004. P. 115–134 (in Russ.).
- Index Fungorum. CABI Bioscience, 2023. http://www.indexfungorum.org. Accessed 15.02.2023
- Isaeva L.G., Khimich Yu.R. To the biota of aphyllophoroid fungi of Turiy Peninsula (Kandalaksha State nature Reserve, Murmansk Region). Novosti sistematiki nizshikh rasteniy. 2015. V. 49. P. 142–150 (in Russ.).
- Khimich Yu.R., Isaeva L.G. State of the aphyllophoroid fungi biota study in the territory of the reserves of the Murmansk Region. In: Sovremennaya botanika v Rossii, V. 1. Kassandra, Tolyatti, 2013. P. 181–182 (in Russ.).
- Khimich Yu.R., Zmitrovich I.V. New findings of aphyllophoroid fungi in the Murmansk Region. 2. Pechengsky District. Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN. 2019. № 1. P. 93–100 (in Russ.).
https://doi.org/10.17076/bg894
- Khimich Yu.R., Shiryayev A.G., Isaeva L.G. et al. New data on the distribution of red-listed fungal species in the Murmansk Region. Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN. 2021. № 1. P. 106–112 (in Russ.).
https://doi.org/10.17076/bg1239
- Kotiranta H., Saarenoksa R., Kyttövuori I. Aphyllophoroid fungi of Finland. A check-list with ecology, distribution, and threat categories. Norrlinia. 2009. V. 19. P. 1–223.
- Krutov V.I., Lositskaya V.M. Aphyllophoraceous fungi (*Aphyllophorales*) of forest ecosystems of some islands of the White Sea. In: Inventarizatsiya i izuchenie biologicheskogo raznoobraziya na Karelskom poberezhye Belogo morya (operativno-informatsionnye materialy). Petrozavodsk, 1999. P. 74–75 (in Russ.).
- Krutov V.I., Shubin V.I., Predtechenskaya O.O. et al. Fungi and insects — consorts of forest forming tree species of Karelia. KarRC RAS, Petrozavodsk, 2014 (in Russ.).
- Pystina K.A., Pavlova T.V., Shestakova Yu.S. To the mycoflora of the protected islands of the Kandalaksha Bay (ascomycetous, basidiomycetous and imperfect fungi) In: Trudy Kandalakshskogo gosudarstvennogo zapovednika. V. 7. Murmansk, 1969. P. 190–227 (in Russ.).

- Red data Book of the Murmansk Region. 2nd edn. / N.A. Konstantinova, A.S. Koryakin, O.A. Makarova (eds). Aziya-Print, Kemerovo, 2014 (in Russ.).
- Ruokolainen A.V., Kotkova V.M. Aphylloroid fungi (*Basidiomycota*) on island in the northern part of lake Ladoga (Republic of Karelia). *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2019. № 8. P. 17–29 (in Russ.). <https://doi.org/10.17076/bg955>
- Specialy protected natural territories of the Murmansk region (Reference guide). 2nd edn / O.A. Makarova (ed.). Murmansk, Apatity, 2003 (in Russ.).
- Zavodovskiy P.G. Aphylloroid fungi of the Vodlozero. Petrozavodsk, 2011 (in Russ.).
- Богданова Н.Е., Вехов В.Н. (Bogdanova, Vekhov) Флора сосудистых растений острова Великий // Тр. Кандакшского государственного заповедника. Выпуск VII. Мурманск: Мурманское книжное изд-во, 1969. С. 126–178.
- Буллах Е.М., Говорова О.К., Богатов В.В. (Bulakh et al.) Новые данные о макромицетах Курильских островов // Новости систематики низших растений. 1999. Т. 33. С. 53–59.
- Бухарова Н.В., Прозорова Л.А., Терновенко В.А. (Bukharova et al.) Редкие и новые виды организмов Дальневосточного морского заповедника. 5. Афиллофоровые грибы (*Basidiomycota*) острова Попова // Биота и среда. 2019. № 4. С. 22–33.
- Говорова О.К. (Govogova) К флоре гетеробазидиальных и афиллофоровых грибов Сахалина. I // Новости систематики низших растений. 2002. Т. 36. С. 24–31.
- Говорова О.К. (Govogova) Гетеробазидиальные и афиллофоровые грибы Сахалина // Растительные и животный мир острова Сахалин (Материалы Международного Сахалинского проекта). Ч. 1. Владивосток: Дальнаука, 2004. С. 115–134.
- Ежов О.Н., Руоколайнен А.В. (Ezhov, Ruokolainen) Видовое разнообразие афиллофоровых грибов Валаамского и Соловецкого архипелагов (Республика Карелия, Архангельская область) // Тр. Карельского научного центра РАН. 2016. № 1. С. 68–83.
- Ежов О.Н., Змитрович И.В., Руоколайнен А.В. (Ezhov et al.) Новые данные об афиллофоровых грибах и некоторых других группах макромицетов Соловецкого архипелага // Тр. Карельского научного центра РАН. 2019. № 1. С. 85–92.
- Заводовский П.Г. (Zavodovskiy) Афиллофороидные грибы Водлозера. Петрозаводск, 2011. 68 с.
- Исаева Л.Г., Химич Ю.Р. (Isaeva, Khimich) К биоте афиллофороидных грибов полуострова Турий (Кандакшский заповедник, Мурманская область) // Новости систематики низших растений. 2015. Т. 49. С. 142–150.
- Красная книга Мурманской области. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Отв. ред. Н.А. Константинова, А.С. Корякин, О.А. Макарова. Кемерово: Азия Принт, 2014. 584 с.
- Крутов В.И., Лосицкая В.М. (Krutov, Lositskaya) Афиллофоровые грибы (*Aphylloroidales*) лесных экосистем некоторых островов Белого моря // Инвентаризация и изучение биологического разнообразия на Карельском побережье Белого моря (оперативный информ. материалы). Петрозаводск, 1999. С. 74–75.
- Крутов В.И., Шубин В.И., Предтеченская О.О. и др. (Krutov et al.) Грибы и насекомые – консорты лесобразующих древесных пород Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2014. 216 с.
- Особо охраняемые природные территории Мурманской области (Справочное пособие). 2-е издание, доп. и пер. сост.: О.А. Макарова, И.И. Кондратович, В.Н. Петров. Отв. ред.: О.А. Макарова. Мурманск, Апатиты, 2003. 71 с.
- Пыстина К.А., Павлова Т.В., Шестакова Ю.С. (Pystina et al.) К микофлоре заповедных островов Кандакшского залива (сумчатые, базидиальные и несовершенные грибы) // Тр. Кандакшского государственного заповедника. Выпуск VII. Мурманск: Мурманское книжное изд-во, 1969. С. 190–227.
- Руоколайнен А.В., Коткова В.М. (Ruokolainen, Kotkova) Афиллофоровые грибы (*Basidiomycota*) островов северной части Ладожского озера (Республика Карелия) // Тр. Карельского научного центра РАН. 2019. № 8. С. 17–29.
- Химич Ю.Р., Исаева Л.Г. (Khimich, Isaeva) Состояние изученности биот афиллофороидных грибов на территории заповедников Мурманской области // Современная ботаника в России. Тр. XIII съезда РБО и конференции “Научные основы охраны и рационального использования растительного покрова Волжского бассейна”. Т. 1. Тольятти: Касандра, 2013. С. 181–182.
- Химич Ю.Р., Змитрович И.В. (Khimich, Zmitrovich) Новые находки афиллофороидных грибов в Мурманской области. 2. Печенгский район // Тр. КарНЦ РАН. 2019. № 1. С. 93–100.
- Химич Ю.Р., Ширяев А.Г., Исаева Л.Г. и др. (Khimich et al.) Новые данные о распространении краснокнижных видов грибов в Мурманской области. Тр. КарНЦ РАН // 2021. № 1. С. 106–112.

Aphylloroid Fungi of the Velikiy Island (Kandalaksha State Nature Reserve, Murmansk Region, Russia)

Yu. R. Khimich^{a, #}

^aInstitute of North Industrial Ecology Problems Kola Science Centr of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

[#]e-mail: ukhim@inbox.ru

Velikiy Island is the largest island in Kandalaksha State Nature Reserve (the Reserve). We prepared a check-list of aphylloroid fungi of Velikiy Island and the two nearest small islands, including 131 species. Seventy-seven species were recorded in the Reserve for the first time. *Byssosporia terrestris*, *Hyphodontia abieticola*, and *Hypoch-nium multifforme* were found in Murmansk Region for the first time. The observations of the three species form the northern limit of their global range. New localities are reported for four Murmansk Region red-listed species (*Dichomitus squalens*, *Hericium coralloides*, *Junghuhnia collabens*, and *Leptoporus mollis*).

Keywords: basidiomycetes, biodiversity, island mycobiota, Murmansk Region, protected areas, rare species

ГРИБЫ – ВОЗБУДИТЕЛИ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ

УДК 579.64 : 632.937

АНТАГОНИСТИЧЕСКИЕ ШТАММЫ *PANTOEAE BRENNERI* КАК СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

© 2023 г. Д. С. Бульмакова^{1,*}, Г. И. Шагиева^{1,**}, Д. Л. Иткина^{1,***}, О. А. Ленина^{2,****},
М. Р. Шарипова^{1,*****}, А. Д. Сулейманова^{1,*****}

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008 Казань, Россия

²Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова Казанского научного центра Российской академии наук,
420029 Казань, Россия

*e-mail: daria_bulmakova@mail.ru

**e-mail: gulsatsagieva2@gmail.com

***e-mail: laia9301@mail.ru

****e-mail: leninaox@mail.ru

*****e-mail: marsharipova@gmail.com

*****e-mail: aliya.kzn@gmail.com

Поступила в редакцию 25.04.2023 г.

После доработки 15.05.2023 г.

Принята к публикации 31.05.2023 г.

Исследована антагонистическая активность штаммов *Pantoea brenneri* в отношении широкого спектра фитопатогенных микроорганизмов. Установлено, что штаммы характеризуются фунгицидной активностью в отношении микромицетов *Fusarium sambucinum*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *Rhizoctonia solani*, *Alternaria* sp., *Ascochyta kamchatica*, *Colletotrichum coccodes*, и антибактериальной активностью в отношении фитопатогена *Erwinia amylovora*, вызывающего бактериальный ожог плодовых деревьев. Показано, что суспензия клеток и супернатант культуральной жидкости штаммов *Pantoea brenneri* способны подавлять фузариозы на клубнях картофеля при его хранении. Установлено, что штаммы *P. brenneri* являются безопасными для модельных животных. Сделано заключение о перспективах использования штаммов *P. brenneri* в качестве объектов для создания экологически безопасных средств защиты растений от фитопатогенов.

Ключевые слова: биоконтроль, биобезопасность, ризосферные бактерии, фитопатогенные микроорганизмы, *Erwinia amylovora*

DOI: 10.31857/S0026364823050033, **EDN:** UHEADW

ВВЕДЕНИЕ

За последние 50 лет население планеты выросло более чем в два раза. Этот фактор неизбежно привел к сокращению площади земли, доступной для выращивания продовольственных культур. В агропроизводстве на передний план выдвигаются вопросы защиты сельскохозяйственных растений, поскольку уровень развития патогенной микрофлоры в почве и на семенном материале достиг критического значения. Ущерб, причиняемый сельскому хозяйству патогенными микроорганизмами, растет из года в год во всем мире. Более 80% всех известных болезней растений вызываются микромицетами – самой широкой группой возбудителей заболеваний (Titova, Krasnobaeva, 2019).

Фузариозная сухая гниль картофеля, вызываемая микромицетами *Fusarium* spp., является основным разрушительным заболеванием, вызыва-

ющим загнивание клубней при хранении. Потери от *Fusarium* – ассоциированной сухой гнили, по некоторым оценкам, снижают урожайность до 25% при влиянии на развитие проростков картофеля, и более 60% клубней могут быть поражены при длительном хранении урожая (Lastochkina et al., 2020). Опасным и широко распространенным заболеванием растений во всем мире считается аскохитоз, возбудителем которого являются грибы *Ascochyta* spp., а потери урожая составляют до 50%. Современные меры борьбы с аскохитозом включают в себя уничтожение зараженных растений и применение химических фунгицидных препаратов (Barbetti et al., 2021). Представители рода *Rhizoctonia* являются почвенными фитопатогенами, мицелий которых обволакивает корни растений и может проникать в почву на глубину более 25 см. Растения, пораженные данными микроорганизмами, гибнут. Меры борьбы включают в себя агротехнические и химические приемы (Li et al., 2021). В 2019 году

впервые было обнаружено сильнейшее заболевание растений (антракноз) в Китае, возбудителем которого является гриб рода *Colletotrichum*. Вспышка болезни, вызванная этим возбудителем, привела к 60% гибели сельскохозяйственных культур. В настоящее время для борьбы с фитопатогенными микромицетами используются сильные химические фунгициды, которые вызывают пестицидный стресс у растений и снижают качество сельскохозяйственной продукции (Zhang et al., 2021).

Помимо микромицетов, большой ущерб наносят и фитопатогенные бактерии. Ожог плодовых культур — одно из опаснейших заболеваний, поражающих растения. Его возбудитель *Erwinia amylovora* вызывает некрозы всех органов растений-хозяев (Ordax et al., 2015). Экономический ущерб от ожога плодовых деревьев выражается как в потерях урожая и гибели плодовых, так и в затратах на выкорчевку и уничтожение больных растений, проведение профилактических химических обработок против возбудителя болезни и его переносчиков, а также карантинных фитосанитарных мероприятий. Методы борьбы с *E. amylovora* являются предметом многих исследований. Первоначально было показано, что антибиотики, в частности стрептомицин, являются эффективным средством контроля бактериальной инфекции при обработке растений во время цветения (Johnson, 1993). Длительное использование антибиотика привело к появлению устойчивых к стрептомицину популяций *E. amylovora*, что вызывает беспокойство медицинских сообществ, использующих антибиотик в терапевтических целях (Förster et al., 2015). В мире в качестве агентов биологической борьбы с бактериальным ожогом широко используются штаммы *Pantoea vagans* C9-1, *P. ananatis* BRT175, *P. agglomerans* E325 и P10c, *Pseudomonas fluorescens* A506, *Bacillus subtilis* QST713 и BD170 (Walterson, 2014). В нашей стране частные и промышленные сады занимают большие площади, а применяемые меры борьбы не препятствуют акклиматизации возбудителя. Согласно “Списку пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации” в настоящее время в нашей стране не зарегистрировано биопрепаратов для борьбы с возбудителем бактериального ожога плодовых культур.

На современном этапе очевидна важнейшая роль биологических методов повышения урожайности и сохранности сельскохозяйственных культур, в том числе использования почвенных ризосферных микроорганизмов. Полезные ризобактерии можно назвать “растительными пробиотиками”, которые увеличивают рост, урожайность, эффективность использования питательных веществ, устойчивость растений к биотическим и абиотическим стрессам (Rochlani et al., 2022). В свою очередь, коммерциализация биоудобрений на основе бак-

терий ограничена в связи со сложностью использования лабораторных штаммов в полевых условиях из-за ряда факторов (физико-химические свойства почвы, взаимодействие с другими ризосферными организмами, экологические факторы). Важной стратегией для преодоления этих ограничений является применение автохтонных микроорганизмов, адаптированных к климатическим условиям региона (Etesami et al., 2021). Все большую значимость приобретает применение бактериальных удобрений на основе ассоциативных ризобактерий, стимулирующих рост растений, которые являются неотъемлемой частью ризосферной биоты. В связи с высокой адаптацией к широкому диапазону питательных сред, быстрым темпам роста и биохимической универсальностью метаболизма, ризобактерии рассматривают как необходимый компонент в управлении агрокультурами. Микробиологический способ защиты растений от болезней основан на природном явлении антагонизма бактерий по отношению к фитопатогенам. Он реализуется с использованием таких механизмов, как способность к конкуренции за питательные вещества и пространство, продукция сидерофоров, литических ферментов, антибиотиков (Santoyo et al., 2021).

Ранее нами из почв Республики Татарстан были выделены фитатгидролизующие штаммы, идентифицированные с помощью MLSA-анализа как *Pantoea brenneri* 3.1, 3.2, 3.5.2 и 3.6.1 (Suleimanova et al., 2015, 2021). В предыдущих исследованиях уже показаны положительные эффекты отдельных штаммов на растения: установлена способность к секреции комплекса гидролитических ферментов (фитазы, протеазы, целлюлазы), деструкции цианидов (HCN), синтезу фитогормонов и сидерофоров (Itkina et al., 2021). Целью данной работы явилось изучение антагонистической активности штаммов *P. brenneri* 3.1, 3.2, 3.5.2 и 3.6.1 в отношении широкого спектра фитопатогенных микроорганизмов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования. Исследовалась антибиотическая активность бактериальных штаммов *P. brenneri* 3.1, 3.2, 3.5.2 и 3.6.1. В качестве тест-культур использовали бактериальный штамм *Erwinia amylovora* (коллекция микроорганизмов ФГБНУ “Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии”) и штаммы микромицетов *Fusarium sambucinum*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *Rhizoctonia solani*, *Alternaria* sp., *Ascochyta kamchatica*, *Colletotrichum coccodes* (коллекция микроорганизмов НИЛ “Агробиоинженерия” ФГАОУ ВО “Казанский (Приволжский) федеральный университет”).

Питательные среды и условия культивирования микроорганизмов. Культивирование бактериаль-

ных штаммов осуществляли на питательной среде LB (г/л): триптон — 1.0, дрожжевой экстракт — 0.5, NaCl — 0.5. Культивирование штаммов проводили в пробирках при соотношении объема среды к объему пробирки 1 : 5 на лабораторных орбитальных качалках с интенсивностью качания 200 об./мин при температуре 30°C.

Штаммы микромицетов культивировали в лабораторных термостатах при 25–28°C на среде Чапека (г/л): сахароза — 30.0, NaNO₃ — 3.0, KH₂PO₄ — 1.0, MgSO₄ × 7H₂O — 0.5, KCl — 0.5, FeSO₄ × 7H₂O — 0.01, агар — 20.0.

Совместное культивирование штаммов *Pantoea brenneri* и *Erwinia amylovora* проводили на следующих питательных средах (г/л): NAS (сахароза — 50.0, агар — 15.0), King B (пептон — 20.0, глицерин — 10.0, KH₂PO₄ — 1.5, MgSO₄ × 7H₂O — 1.5, агар — 15.0), LB, R2A (дрожжевой экстракт — 0.5, пептон — 0.5, гидролизат казеина — 0.5, крахмал — 0.5, глюкоза — 0.5, K₂HPO₄ — 0.3, MgSO₄ × H₂O — 0.3, NaCl — 0.3, агар — 15), NAG (глюкоза — 10.0, агар — 15.0), 925 (глюкоза — 5.0, K₂HPO₄ — 3.0, NaH₂PO₄ — 1.0, NH₄Cl — 1.0, MgSO₄ × H₂O — 0.3, агар — 15.0).

Измерение оптической плотности (ОП) суспензии клеток проводили на спектрофотометре (Bio-Rad, США) при длине волны 590 нм.

Получение супернатанта. В работе использовали супернатант культуральной жидкости штаммов *Pantoea brenneri*. Клетки культивировали на питательной среде LB при температуре 30°C в течение 18 ч. Далее клетки осаждали путем центрифугирования при 10000 об./мин в течение 15 мин. Полученный супернатант пропускали через мембранный фильтр (Millipore, Германия) с диаметром пор 0.22 мкм и использовали для дальнейшей работы.

Определение антагонистической активности. Антагонистическую активность бактериальных штаммов по отношению к тест-культурам микромицетов определяли методом двойных культур на среде Чапека (Egorov, 2004). Бактериальные штаммы предварительно высевали на чашку Петри газоном, используя 100 мкл 18-часовой культуры. Далее в центр чашки выкладывали агаровый блок с культурой патогена. В контрольном варианте использовали культуру гриба без бактериальных штаммов. Анализ чашек проводили через 10–14 сут, определяя размер зон ингибирования роста мицелия. Степень ингибирования определяли по формуле: $I = (1 - A/B) \times 100\%$, где I — ингибирование роста колонии патогена (%), A — диаметр роста гриба в варианте с бактериальным штаммом (см), B — диаметр роста гриба в контроле (см) (Netrusov, 2005).

Антагонистическую активность бактериальных штаммов по отношению к тест-культуре *Erwinia amylovora* определяли аналогично путем совместного культивирования на различных питательных

средах (NAS, King B, LB, R2A, NAG, 925). Готовили 18-часовые культуры штаммов и доводили оптическую плотность (ОП) суспензии клеток *Pantoea brenneri* — до 1.0, *Erwinia amylovora* — до 0.1. Поверхность чашки Петри засеивали газоном суспензией *E. amylovora*, после чего в центр чашки пипеткой вносили по 5 мкл суспензии штаммов *Pantoea brenneri*. В контрольных вариантах использовали культуры *Erwinia amylovora* и *Pantoea brenneri*, растущие по-отдельности. Об уровне антагонистической активности штаммов судили по диаметрам зон задержки роста тест-культуры вокруг колоний бактерий-антагонистов. Анализ проводили через 48–72 ч культивирования.

Оценка жизнеспособности микромицетов. Оценку жизнеспособности микромицетов в присутствии бактериальных штаммов проводили путем окрашивания граничащего с бактериями мицелия гриба красителями [нейтральный красный (Sigma, Германия) в концентрации 0.1 мг/мл или Эванс голубой (Sigma, Германия) в концентрации 0.5 мг/мл] и дальнейшего микроскопирования на световом микроскопе “МС300” (Австрия) (Jiang et al., 2019). В качестве контроля проводили аналогичное окрашивание и микроскопирование мицелия гриба, культивируемого без бактериальных штаммов.

Определение способности исследуемых штаммов подавлять фузариозы клубней картофеля. Для работы использовали выращенные в тепличных условиях здоровые, неповрежденные клубни картофеля сорта “Балтик Роуз”, любезно предоставленные к.б.н. З. Сташевски, ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН. Сорт “Балтик Роуз” восприимчив к основным послепосевным заболеваниям картофеля, включая фузариозную сухую гниль. Клубни промывали в водопроводной воде для удаления почвы и дезинфицировали путем погружения в 10%-й раствор гипохлорита натрия на 20 мин, после чего трижды промывали стерильной дистиллированной водой и высушивали. В клубнях прорезывали отверстия глубиной 1.5–2 см и диаметром 1–1.3 см. В эксперименте использовали следующие контрольные и опытные группы.

Контрольная группа 1 — клубни инокулировали агаровыми дисками со штаммами *Fusarium sambucinum* и *F. oxysporum*. Контрольная группа 2 — клубни инокулировали путем внесения пипеткой суспензии каждого из бактериальных штаммов *Pantoea brenneri* в объеме 200 мкл. Контрольная группа 3 — клубни инокулировали стерильной водой в объеме 200 мкл.

Для обоих исследуемых патогенов проводили как превентивную обработку штаммами бактерий, так и обработку бактериями после заражения патогеном. Опытная группа 1 — клубни инокулировали суспензиями бактериальных штаммов в объеме 200 мкл, через 24 ч добавляли агаровые диски со штаммами *Fusarium oxysporum* или *F. sam-*

Таблица 1. Коэффициент ингибирования роста фитопатогенных микромицетов бактериальными штаммами *Pantoea brenneri* (%)

Штаммы	Коэффициент ингибирования роста						
	<i>Fusarium sambucinum</i>	<i>F. oxysporum</i>	<i>F. solani</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Alternaria</i> sp.	<i>Ascochyta kamchatica</i>	<i>Colletotrichum coccodes</i>
<i>P. brenneri</i> 3.1	88.8 ± 4.4	38.8 ± 1.9	38.2 ± 2.0	86.8 ± 4.1	37.5 ± 1.2	65.5 ± 3.5	52.3 ± 2.9
<i>P. brenneri</i> 3.2	89.8 ± 4.7	17.7 ± 0.9	75.0 ± 3.3	86.8 ± 3.9	25.0 ± 1.9	66.6 ± 3.5	56.7 ± 3.2
<i>P. brenneri</i> 3.5.2	68.8 ± 3.4	22.2 ± 1.15	85.3 ± 4.0	85.8 ± 4.2	77.5 ± 2.7	82.2 ± 3.9	50.0 ± 3.0
<i>P. brenneri</i> 3.6.1	87.8 ± 4.3	55.5 ± 2.9	77.9 ± 3.9	86.8 ± 3.6	87.5 ± 3.9	86.6 ± 3.8	40.6 ± 1.9

bucinum. Опытная группа 2 — клубни инокулировали агаровыми дисками со штаммами *F. oxysporum* или *F. sambucinum*, через 24 ч добавляли пипеткой суспензии бактериальных штаммов в объеме 200 мкл. Опытная группа 3 — клубни инокулировали супернатантом культуральной жидкости бактериальных штаммов в объеме 200 мкл, через 24 ч добавляли агаровые диски с *F. sambucinum*. Опытная группа 4 — клубни инокулировали агаровыми дисками с *F. sambucinum*, через 24 ч добавляли супернатанты культуральной жидкости бактериальных штаммов в объеме 200 мкл.

Клубни инкубировали при температуре 25°C в течение 21 сут. Далее делали разрез от поверхности вдоль участка инокуляции для измерения ширины и глубины некроза тканей (в мм). Глубину проникновения фузариозной гнили рассчитывали по формуле (Mejdoub-Trabelsi et al., 2017): $P = [1/2 + (p - 6)]/2$, где P — проникновение гнили (мм), l — максимальная ширина зоны некроза (мм), p — максимальная глубина зоны некроза (мм). Переводили значения в процентное соотношение относительно контроля. Коэффициент поражения фузариозной гнили рассчитывали по формуле: $P = [(W/2) + D - 5] \times 2$, где W — ширина некроза (мм), а D — глубина некроза (мм) (Sellem et al., 2017).

Определение вирулентности, токсичности и токсигенности бактерий. Определение вирулентности, токсичности и токсигенности бактерий проводили на белых мышах обоего пола линии ICR (CD-1) в лаборатории химико-биологических исследований ИОФХ им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН. Животных содержали в стандартных условиях вивария, для кормления использовали стандартный корм. Для каждой экспериментальной группы были отобраны по пять мышей одного возраста массой 16 ± 0.5 г. Вирулентность штаммов определяли путем однократного перорального, либо внутрибрюшинного введения животным 24-часовой бактериальной культуры в стерильном физиологическом р-ре в дозах 10^6 , 10^7 и 10^8 КОЕ на одно животное. Токсичность изучали путем внутрибрюшинного введения мышам взвеси 18-часовой культуры микроорганизмов в стерильном физиологическом р-ре, инактивированной нагреванием при 60°C в течение 90 мин. Токсигенность

определяли путем внутрибрюшинного и перорального введения стерильного фильтрата культуральной жидкости трехсуточных и семисуточных культур бактерий. При этом контрольной группе животных вводили стерильную жидкую питательную среду. Наблюдение за животными осуществляли на протяжении 30 суток. Из каждой опытной группы были отобраны случайным образом по три мыши. Животных усыпляли при помощи внутрибрюшинного введения р-ра хлоральгидрата из расчета 8 мг/0.1 мл на 20 г массы животного. В асептических условиях производили забор образцов тканей. Внутренние органы обследовали на выявление патологий. Производили посев крови, взятой из сердца, печени и селезенки на питательную агаризованную среду LB.

Все эксперименты с животными проводились в соответствии с Директивой Европейского парламента и Совета по защите животных, используемых для научных целей (2010/63/ЕС). Протоколы экспериментов одобрены Комитетом по содержанию и использованию животных ФНИЦ “Казанский научный центр РАН” (протокол № 2 от 09.06.2022).

Статистический анализ. Статистический анализ результатов проводили с использованием программы Microsoft Excel. Для описания и сравнения признаков использовали 95%-й доверительный интервал для средних величин.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фунгицидная активность штаммов *Pantoea brenneri*

Изучаемые штаммы *P. brenneri* обладали способностью ингибировать рост исследуемых фитопатогенных микромицетов (рис. 1, а, б; табл. 1). Максимальный антагонизм отмечен в отношении *Fusarium sambucinum*, *F. solani*, *Rhizoctonia solani* и *Ascochyta kamchatica*, где степень ингибирования роста фитопатогена находилась в среднем в пределах 70–85%. При этом наиболее высокие показатели коэффициента ингибирования *Fusarium sambucinum* отмечены у штаммов *Pantoea brenneri* 3.1 ($88.8 \pm 4.4\%$), 3.2 ($89.8 \pm 4.7\%$) и 3.6.1 ($87.8 \pm 4.3\%$); *Fusarium solani* — у штаммов *Pantoea brenneri* 3.5.2

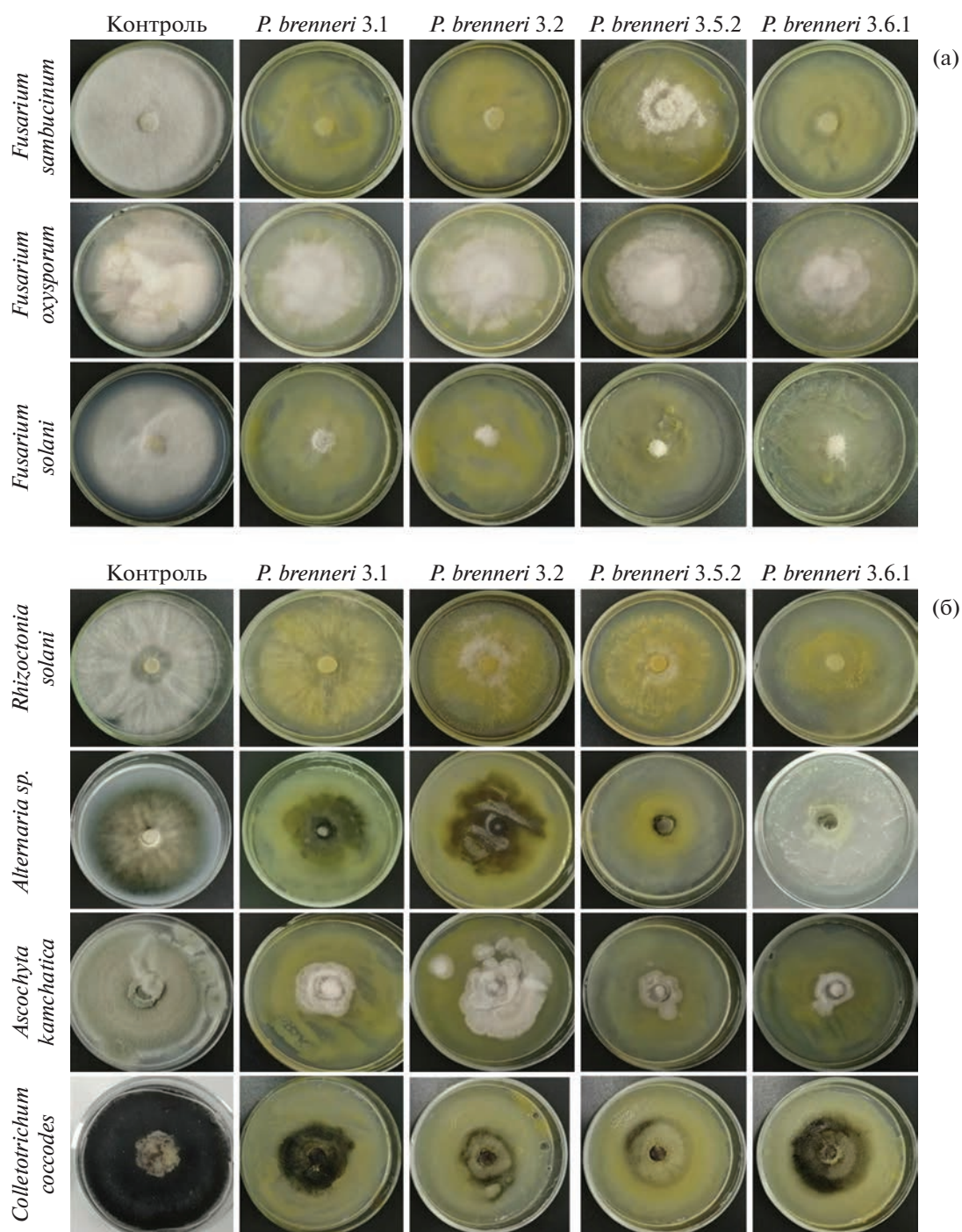


Рис. 1. Антагонистическая активность штаммов *Pantoea brenneri* в отношении фитопатогенных микромицетов *Fusarium sambucinum*, *F. oxysporum*, *F. solani* (а) и *Rhizoctonia solani*, *Alternaria* sp., *Ascochyta kamchatica*, *Colletotrichum coccodes* (б).

(85.3 ± 4.0%) и 3.6.1 (77.9 ± 3.9%); *Ascochyta kamchatica* — у штаммов *Pantoea brenneri* 3.5.2 (82.2 ± 3.9%) и 3.6.1 (86.6 ± 3.8%). Все исследуемые штаммы *P. brenneri* имели схожие значения степени ингибирования роста *Rhizoctonia solani* (от 85.8 ± 4.2 до 86.8 ± 4.1%) (табл. 1).

Для изучения природы антагонистической активности почвенных изолятов, оценивали жизне-

способность микромицетов в присутствии бактериальных штаммов. Жизнеспособность мицелия при совместном росте с бактериальными штаммами (опыт) и без (контроль) оценивали путем окрашивания и дальнейшего микроскопирования культур. В качестве красителя, избирательно окрашивающего лишь жизнеспособные клетки, использовали нейтральный красный. Данный агент

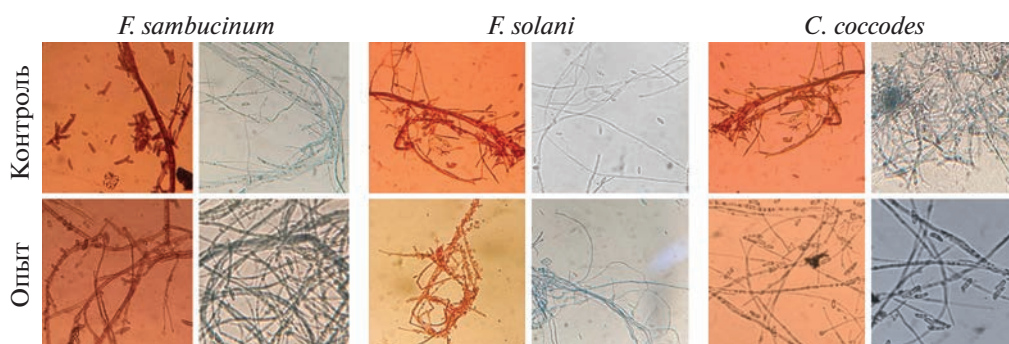


Рис. 2. Эффект взаимодействия штамма *Pantoaea brenneri* 3.2 с фитопатогенными микромицетами *Fusarium sambucinum*, *F. solani* и *Colletotrichum coccodes*. Мицелий окрашивали красителями Эванс голубым (мертвые клетки окрашиваются в синий цвет) и нейтральным красным (жизнеспособные клетки окрашиваются в красный цвет). Опыт — мицелий гриба, растущего совместно с бактериальным штаммом, контроль — мицелий, растущий без бактериального штамма. Световая микроскопия, $\times 40$.

ввиду липофильной природы проходит через клеточную мембрану (непротонированная форма), а в кислых компартментах присоединяет протон (протонированная форма) и окрашивает их в малиновый цвет (Dubrovsky et al., 2006). Краситель Эванс голубой был использован для обнаружения поврежденных или мертвых клеток, плазматическая мембрана которых легко пропускает крупные анионы данного красителя и клетки окрашиваются в синий цвет (Evans, Schulemann, 1914).

Совместное культивирование штамма *Pantoaea brenneri* 3.2 с микромицетами *Fusarium sambucinum*, *F. solani*, и *Colletotrichum coccodes* приводило к окрашиванию мицелия в темно-синий (при использовании красителя Эванс голубого) и светло-красный цвет (при использовании красителя нейтрального красного), тогда как для мицелия с контрольных чашек показана слабая синяя окраска и яркая красная, соответственно (рис. 2). Повидимому, присутствие бактериальных клеток в бинарной культуре вызывало разрушение грибных гиф, указывая на фунгицидную природу антагонистического действия штамма *Pantoaea brenneri* 3.2 в отношении микромицетов *Fusarium sambucinum*, *F. solani* и *Colletotrichum coccodes*.

Аналогичная противогрибная активность представителей рода *Pantoaea* установлена в ряде исследований. Так, штамм *Pantoaea* sp. OXWO6B1, выделенный с поверхности семени дикого овса, ингибировал рост возбудителя фитофтороза картофеля *Phytophthora infestans* в условиях *in vitro* и *in vivo* (Town et al., 2016). Показаны эффективные фунгицидные свойства штаммов *Pantoaea dispersa* RO-18, RO-20, RO-21 и SO-13 по отношению к фитопатогену *Ceratocystis fimbriata*, являющемуся возбудителем черной гнили на сладком картофеле. Суспензия клеток ингибировала рост *C. fimbriata* в среднем до 70%, а супернатант культуральной жидкости ингибировал прорастание спор на 36%. При этом наблюдались аномальные изменения в

морфологии грибных гиф, включая их набухание, лизис клеточной стенки, разрыв, грануляцию и вакуолизацию. С другой стороны, штаммы *Pantoaea ananatis* SH-9 и SH-3 обладали не фунгицидной, а фунгистатической активностью в отношении *Ceratocystis fimbriata* (Jiang et al., 2019). Полученные нами результаты показали, что штамм *Pantoaea brenneri* 3.2 обладает фунгистатическим механизмом действия в отношении микромицетов *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Alternaria* sp. и *Ascochyta kamchatica*, поскольку существенных различий в окраске мицелия, растущего в контрольных и в опытных чашках, выявлено не было, тогда как ингибирование роста фитопатогенов наблюдалось (рис. 1).

Способность штаммов *Pantoaea brenneri* к подавлению фузариозов на клубнях картофеля

Помимо лабораторных исследований фунгицидной активности штаммов *P. brenneri*, проводили дополнительные эксперименты на клубнях картофеля. Инфицирование клубней микромицетами *Fusarium oxysporum* и *F. sambucinum* привело к обширному некрозу тканей (рис. 3). Бактериальные штаммы, как и контроль со стерильной дистиллированной водой, не вызывали заражение клубней, некроза тканей не наблюдали. Бактериальные штаммы проявили сильную ингибирующую активность: рост фитопатогенных микромицетов был подавлен. Показано, что при профилактической обработке клубней суспензией бактериальных штаммов за 24 ч перед заражением микромицетами *F. oxysporum* и *F. sambucinum* ингибирование роста гриба на клубнях составило от $44.7 \pm 2.3\%$ до $50.3 \pm 2.4\%$ и от $43.6 \pm 2.1\%$ до $59.2 \pm 2.9\%$ соответственно (табл. 2). В случае терапевтической обработки бактериальными суспензиями уже зараженных микромицетами клубней картофеля ингибирование роста *F. oxysporum* состави-

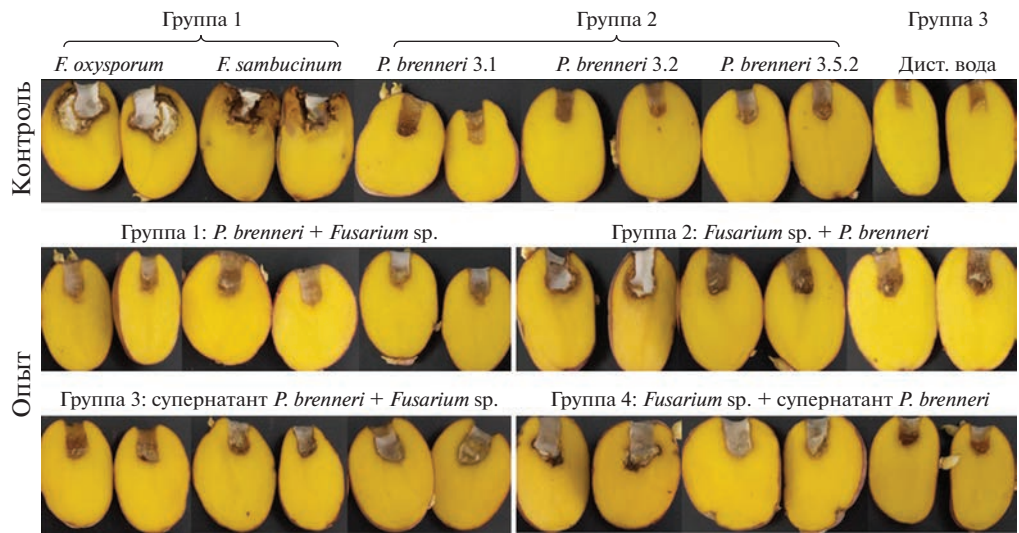


Рис. 3. Результат обработки клубней картофеля суспензией клеток и супернатантов культуральной жидкости штаммов *Pantoea brenneri* до и после заражения фитопатогенными микромицетами *Fusarium oxysporum* и *F. sambucinum*.

ло от $38.8 \pm 1.8\%$ до $50.7 \pm 2.5\%$, а *F. sambucinum* — от $40.8 \pm 1.9\%$ до $50.7 \pm 2.5\%$.

Эксперименты при использовании супернатанта культуральной жидкости для профилактики и терапии клубней картофеля показали в среднем более высокие значения ингибирования роста фитопатогенов в отличие от использования бактериальной суспензии. В случае профилактической обработки, ингибирование роста патогена *F. sambucinum* составило от 50.7 ± 3.2 до $56.3 \pm 2.8\%$, в случае терапевтической — от $33.8 \pm 3.1\%$ до $57.3 \pm 2.8\%$ (табл. 2). Во всех случаях максимальное ингибирование отмечено при обработке штаммом *Pantoea brenneri* 3.2 (табл. 2).

Рассчитывали коэффициент поражения фузариозной гнилью клубней картофеля, с помощью которого оценивали тяжесть заболевания (табл. 3). Установлено, что при профилактической обработке клубней бактериальными штаммами за 24 ч до инфицирования *Fusarium oxysporum* коэффици-

ент поражения был в среднем ниже по сравнению с обработкой после заражения патогеном. Максимальным фунгицидным действием при всех способах обработки обладал штамм *Pantoea brenneri* 3.2 (табл. 3).

Более эффективное защитное действие штаммов *Pantoea brenneri* отмечено при инфицировании картофеля *Fusarium sambucinum* — пораженность клубней фузариозной гнилью снизилась почти вдвое (табл. 3). Также показано, что при профилактической обработке клубней суспензией клеток и супернатантом за 24 ч перед заражением *F. sambucinum* интенсивность поражения была ниже, по сравнению с обработкой клубней после инфицирования. Максимальным фунгицидным действием обладал штамм *Pantoea brenneri* 3.2 — при профилактической обработке клубней этим штаммом коэффициент поражения *Fusarium sambucinum* был снижен почти вдвое относительно контроля (табл. 3).

Таблица 2. Ингибирование роста фитопатогенов *Fusarium oxysporum* и *F. sambucinum* при профилактической и терапевтической обработке клубней картофеля суспензией клеток и супернатантом культуральной жидкости бактериальных штаммов *Pantoea brenneri* (%)

Действие	<i>P. brenneri</i> 3.1	<i>P. brenneri</i> 3.2	<i>P. brenneri</i> 3.5.2
<i>F. oxysporum</i>			
Профилактика (суспензия клеток)	44.7 ± 2.3	50.3 ± 2.4	44.7 ± 2.4
Терапия (суспензия клеток)	38.8 ± 1.8	50.7 ± 2.5	40.3 ± 2.0
<i>F. sambucinum</i>			
Профилактика (суспензия клеток)	43.6 ± 2.1	59.2 ± 2.9	43.7 ± 2.1
Терапия (суспензия клеток)	42.3 ± 2.4	50.7 ± 2.5	40.8 ± 1.9
Профилактика (супернатант)	54.8 ± 3.6	56.3 ± 2.8	50.7 ± 3.2
Терапия (супернатант)	33.8 ± 3.1	57.3 ± 2.8	51.7 ± 2.8

Таблица 3. Коэффициент поражения фузариозной гнилью клубней картофеля (мм) при обработке штаммами *Pantoea brenneri* до и после заражения фитопатогенными микромицетами *Fusarium oxysporum* и *F. sambucinum*

Действие	<i>P. brenneri</i> 3.1	<i>P. brenneri</i> 3.2	<i>P. brenneri</i> 3.5.2	<i>F. oxysporum</i> (контроль)
Профилактика (суспензия клеток)	40 ± 1	39 ± 1	41.5 ± 2	44.5 ± 2
Терапия (суспензия клеток)	43 ± 2	42 ± 2	43 ± 2	
				<i>F. sambucinum</i> (контроль)
Профилактика (суспензия клеток)	38.5 ± 2	34 ± 1	44 ± 2	71 ± 3
Терапия (суспензия клеток)	39 ± 2	39.5 ± 1	60.5 ± 3	
Профилактика (супернатант)	38 ± 2	33.5 ± 1	38 ± 1	
Терапия (супернатант)	63 ± 3	38 ± 1	51 ± 3	

Таким образом, из всех изучаемых штаммов *Pantoea brenneri* наиболее высокой активностью подавления фузариоза клубней картофеля, вызванного фитопатогенными микромицетами *Fusarium oxysporum* и *F. sambucinum*, обладал штамм *Pantoea brenneri* 3.2. При этом наибольший эффект достигался при использовании супернатанта культуральной жидкости. Вероятно, наибольшей фунгицидной активностью обладают именно экзометаболиты *P. brenneri*, что согласуется с данными литературы. Так, одним из свойств стимулирующих рост растений микроорганизмов является их способность угнетать патогенную флору путем продукции биологически активных соединений, в частности, аммиака, синильной кислоты, множества ферментов (Khan et al., 2018). Имеются данные о продукции бактериями биосурфактантов с выраженными мультифункциональными свойствами. По химическому строению они разнообразны, но имеют общее преимущество — безопасны с экологической точки зрения. Микробные сурфактанты могут изменять физико-химические свойства среды обитания и оказывать влияние на структуру развивающегося микробного сообщества, предотвращая бактериальные эпидемии и грибные заболевания, являясь фактором биоконтроля среды (Chernyavskaya et al., 2016). К синтезу биосурфактантов способен штамм *P. ananatis* BRT175, в геноме которого идентифицированы гены *rhlA* и *rhlB*, участвующие в биосинтезе биосурфактанта рамнолипида, оказывающие цитотоксическое действие (Smith et al., 2016). Бактерии рода *Pantoea* способны к синтезу бацитломицина и итурина, подавляющих возбудителей коричневой гнили плодов — *Monilinia fructigena* и *M. laxa* (Lahlali et al., 2018). Штамм *Pantoea* sp. продемонстрировал способность к синтезу биосурфактанта гликолипида ананатозида А и рамнолидов, обладающих поверхностно-активными свойствами, низкой токсичностью, высокой стабильностью и биоразлагаемостью (Tan, Li, 2018).

Антибактериальная активность штаммов *Pantoea brenneri*

При исследовании антагонистической активности штаммов *P. brenneri* в отношении фитопатогенной бактерии *Erwinia amylovora* наблюдали зоны подавления роста тест-культуры на питательных средах R2A и 925. В обоих случаях наибольший диаметр зон сдерживания роста отмечен для штаммов *Pantoea brenneri* 3.2 (17–24 мм), 3.5.2 (17–23 мм) и 3.6.1 (20–22 мм). При этом на остальных питательных средах антагонизма не наблюдали. Вероятно, состав среды определяет антагонистическую активность бактерий. Ранее было показано, что при использовании в лабораторных экспериментах различных питательных сред наблюдалось как ингибирование, так и стимуляция роста патогена *Erwinia amylovora* штаммами *Pseudomonas vancouverensis*, *P. congelans*, *P. protegens*, *P. chlororaphis* subsp. *aureofaciens*, *Enterobacter ludwigii* (Mikiciński et al., 2020).

Вирулентность, токсичность и токсигенность штаммов *Pantoea brenneri*

Важным этапом при разработке экологических биоудобрений является изучение их биобезопасности. По результатам проведенных экспериментов с использованием белых мышей показано, что исследуемые штаммы *P. brenneri* являются безопасными для жизнедеятельности животных: в течение эксперимента животные оставались активными, физиологические отправления и поведенческие реакции сохранялись без изменений. Вирулентность, токсигенность и токсичность бактериальных штаммов не обнаружена.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что изучаемые бактериальные штаммы *P. brenneri* характеризуются высокой антагонистической активностью в отношении широкого спектра фитопатогенных микромицетов, в частности *Fusarium sambucinum*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *Rhizoctonia solani*, *Alternaria* sp., *Ascochyta kamchatica*, *Colletotrichum coccodes*, являющихся

возбудителями множества серьезных заболеваний растений. При этом, суспензия клеток и супернатант культуральной жидкости штаммов *Pantoea brenneri* подавляли фузариозы на клубнях картофеля при его хранении. Штаммы проявляли антагонистическую активность в отношении фитопатогенной бактерии *Erwinia amylovora*, вызывающей бактериальный ожог плодовых культур. Установлено, что бактериальные штаммы являются безопасными для модельных животных. На основании полученных результатов можно сделать заключение о том, что по основным характеристикам и биобезопасности штаммы *P. brenneri* обладают высоким практическим потенциалом и могут служить основой для разработки экологически безопасных средств защиты растений от фитопатогенов.

Работа выполнена в рамках Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030) и финансирована грантами РНФ № 21-76-00017 и РНФ № 19-76-00020. Авторы выражают благодарность З. Сташевски и ФИЦ КазНЦ РАН за предоставление клубней картофеля для эксперимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Barbetti M.J., Khan T.N., Pritchard I. et al. Challenges with managing disease complexes during application of different measures against foliar diseases of field pea. *Plant Dis.* 2021. V. 105. P. 616–627. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-20-1470-RE>
- Chernyavskaya M.I., Sidorenko A.V., Golenchenko S.G. et al. Ecological microbiology: textbook.-method. allowance. Izdatelstvo BGU, Minsk, 2016. (in Russ.)
- Dubrovsky J.G., Guttenberger M., Saralegui A. et al. Neutral red as a probe for confocal laser scanning microscopy studies of plant roots. *Ann. Bot.* 2006. V. 97. P. 1127–1138. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl045>
- Egorov N.S. Fundamentals of the doctrine of antibiotics. Nauka, Moscow, 2004 (in Russ.).
- Etesami H., Jeong B.R., Glick B.R. Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi, phosphate-solubilizing bacteria, and silicon to p uptake by plant. *Front. Plant Sci.* 2021. V. 12. Art. 699618. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.699618>
- Evans H.M., Schulemann W. The action of vital stains belonging to the benzidine group. *Science.* 1914. V. 39. P. 443–454. <https://doi.org/10.1126/science.39.1004.443>
- Förster H., McGhee G.C., Sundin G.W. et al. Characterization of streptomycin resistance in isolates of *Erwinia amylovora* in California. *Phytopathology.* 2015. V. 105. P. 1302–1310. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-03-15-0078-R>
- Itkina D.L., Suleimanova A.D., Sharipova M.R. *Pantoea brenneri* AS3 and *Bacillus ginsengihumi* M2.11 as potential biocontrol and plant growth-promoting agents. *Mikrobiologiya.* 2021. V. 90. P. 204–214 (in Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0026365621020063>
- Jiang L., Jeong J.C., Lee J.S. et al. Potential of *Pantoea dispersa* as an effective biocontrol agent for black rot in sweet potato. *Sci. Rep.* 2019. V. 9. Art. 16354. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52804-3>
- Johnson K.B. Effect of antagonistic bacteria on establishment of honey bee-dispersed *Erwinia amylovora* in pear blossoms and on fire blight control. *Phytopathology.* 1993. V. 83. P. 995–1002.
- Khan A., Singh P., Srivastava A. Synthesis, nature and utility of universal iron chelator – siderophore: a review. *Microbiol. Res.* 2018. V. 212. P. 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.10.012>
- Lahlali T., Berke J. M., Vergauwen K. et al. Novel potent capsid assembly modulators regulate multiple steps of the hepatitis B virus life cycle. *Agents Chemother.* 2018. V. 62. P. 672–615. <https://doi.org/10.1128/AAC.00835-18>
- Lastochkina O., Pusenkova L., Garshina D. et al. The effect of endophytic bacteria *Bacillus subtilis* and salicylic acid on some resistance and quality traits of stored *Solanum tuberosum* L. tubers infected with *Fusarium* dry rot. *Plants.* 2020. V. 9. Art. 738. <https://doi.org/10.3390/plants9060738>
- Li D., Li S., Wei S. et al. Strategies to manage rice sheath blight: lessons from interactions between rice and *Rhizoctonia solani*. *Rice (NY).* 2021. V. 14. Art. 21. <https://doi.org/10.1186/s12284-021-00466-z>
- Mejdoub-Trabelsi B., Aydi Ben Abdallah R., Ammar N. et al. Antifungal potential of extracellular metabolites from *Penicillium* spp. and *Aspergillus* spp. naturally associated to potato against *Fusarium* species causing tuber dry rot. *J. Microb. Biochem. Technol.* 2017. V. 9. P. 181–190. <https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000364>
- Mikiciński A., Puławska J., Molzhigitova A. et al. Bacterial species recognized for the first time for its biocontrol activity against fire blight (*Erwinia amylovora*). *Eur. J. Plant Pathol.* 2020. V. 156. P. 257–272. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01885-x>
- Netrusov F.I. Workshop on microbiology. Moscow, 2005 (in Russ.).
- Ordax M., Piquer-Salcedo J.E., Santander R.D. et al. Medfly *Ceratitis capitata* as potential vector for fire blight pathogen *Erwinia amylovora* : survival and transmission. *PLOS One.* 2015. V. 10. Art. e0127560. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127560>
- Rochlani A., Dalwani A., Shaikh N.B. et al. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers: application in agricultural sustainability. *Acta Scientific Microbiology.* 2022. V. 5. P. 12–21. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815879-1.00003-3>
- Santoyo G., Guzman-Guzman P., Parra-Cota F.I. et al. Plant growth stimulation by microbial consortia. *Agronomy.* 2021. V. 11. Art. 219. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020219>
- Sellem I., Triki M.A., Elleuch L. et al. The use of newly isolated *Streptomyces* strain TN258 as potential biocontrol agent of potato tubers leak caused by *Pythium ultimum*. *J. Basic Microbiol.* 2017. V. 57 (5). P. 393–401. <https://doi.org/10.1002/jobm.201600604>
- Smith D.D.N., Nickzad A., Stavrinides J. A novel glycolipid biosurfactant confers grazing resistance upon *Pantoea ananatis* BRT175 against the social amoeba *Dictyostelium*

- um discoideum*. ASM J. 2016. V. 1. Art. e00075–15.
https://doi.org/10.1128/mSphere.00075-15
- Suleimanova A.D., Beinhauer A., Valeeva L. R. et al. Novel glucose-1-phosphatase with high phytase activity and unusual metal ion activation from soil bacterium *Pantoea* sp. strain 3.5.1. Appl. Environ. Microbiol. 2015. V. 81. P. 6790–6799.
https://doi.org/10.1128/AEM.01384-15
- Suleimanova A.D., Itkina D.L., Pudova D.S. et al. Identification of *Pantoea* phytate-hydrolyzing rhizobacteria based on their phenotypic features and multilocus sequence analysis (MLSA). Mikrobiologiya. 2021. V. 90. P. 100–109 (in Russ.).
https://doi.org/10.31857/S0026365621010122
- Tan Y.N., Li Q. Microbial production of rhamnolipids using sugars as carbon sources. Microb. Cell Fact. 2018. V. 17. P. 89–92.
https://doi.org/10.1186/s12934-018-0938-3
- Titova Yu.A., Krasnobaeva I.L. Multiconversion biopreparations for plant protection and the possibility of their use in organic farming. Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. 2019. V. 2. P. 164–183 (in Russ.).
- Town J., Audy P., Boyetchko S.M. et al. High-quality draft genome sequence of biocontrol strain *Pantoea* sp. Oxwo6b1. Genome Announc. 2016. V. 4. Art. e00582-16.
https://doi.org/10.1128/genomeA.00582-16
- Walterson A.M., Smith D.D.N., Stavrinides J. Identification of a *Pantoea* biosynthetic cluster that directs the synthesis of an antimicrobial natural product. PLoS One. 2014. V. 9. Art. e96208.
https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096208
- Zhang Y., Sun W., Ning P. et al. First report of anthracnose of papaya (*Carica papaya* L.) caused by *Colletotrichum siamense* in China. Plant Dis. 2021. V. 105. Art. 2252.
https://doi.org/10.1094/PDIS-10-20-2154-PDN

Antagonistic Strains of *Pantoea brenneri* as Plant Protectors

D. S. Bulmakova^{a,#}, G. I. Shagieva^{a,##}, D. L. Itkina^{a,###}, O. A. Lenina^{b,####},
M. R. Sharipova^{a,#####}, and A. D. Suleimanova^{a,#####}

^aKazan Federal University, Kazan, Russia

^bInstitute of Organic and Physical Chemistry, Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia

[#]e-mail: daria_bulmakova@mail.ru

^{##}e-mail: gulsatsagieva2@gmail.com

^{###}e-mail: laia9301@mail.ru

^{####}e-mail: leninaox@mail.ru

^{#####}e-mail: marsharipova@gmail.com

^{#####}e-mail: aliya.kzn@gmail.com

The antagonistic activity of *Pantoea brenneri* strains against a wide range of phytopathogenic threats was studied. It has been established that the strains are characterized by fungicidal activity against the micromycetes *Fusarium sambucinum*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *Rhizoctonia solani*, *Alternaria* sp., *Ascochyta kamchatica*, *Colletotrichum coccoodes* as well as antibacterial activity against the phytopathogen *Erwinia amylovora*, which causes bacterial burn of fruit trees. It has been shown that the cell suspension and supernatant of the culture liquid of *Pantoea brenneri* strains suppress *Fusarium* on potato tubers during storage. *Pantoea brenneri* strains have been found to be safe for model animals. A conclusion was made about the prospects of using *P. brenneri* strains as objects for the creation of environmentally friendly plant protection products against phytopathogens.

Keywords: biocontrol, biosafety, *Erwinia amylovora*, phytopathogenic microorganisms, rhizospheric bacteria

ГРИБЫ – ВОЗБУДИТЕЛИ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ

УДК 632.4.01/.08

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ, ГЕНЫ-ЭФФЕКТОРЫ И ВИРУЛЕНТНОСТЬ ИЗОЛЯТОВ ГРИБА *PARASTAGONOSPORA NODORUM* ИЗ АЛТАЙСКОГО КРАЯ (РОССИЯ)

© 2023 г. Ю. В. Зеленева^{1,*}, Ф. Б. Ганнибал^{1,**}, И. А. Казарцев^{1,***}, В. П. Судникова^{2,****}

¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, 196608 Санкт-Петербург, Россия

²Среднерусский филиал Федерального научного центра им. И.В. Мичурина, 392553 Тамбов, Россия

*e-mail: zelenewa@mail.ru

**e-mail: fgannibal@vizr.spb.ru

***e-mail: kazartsev@inbox.ru

****e-mail: sudnikova47@mail.ru

Поступила в редакцию 28.03.2023 г.

После доработки 25.05.2023 г.

Принята к публикации 31.05.2023 г.

Септориозы – вредоносные болезни пшеницы, распространенные во всех зернопроизводящих странах и вызываемые грибами преимущественно из родов *Parastagonospora* и *Zymoseptoria*. Цель данной работы состояла в подтверждении видовой принадлежности алтайских изолятов *Parastagonospora nodorum*, полученных с сортов озимой и яровой пшеницы, ярового овса и тритикале, путем анализа нуклеотидных последовательностей двух филогенетически информативных локусов ДНК ITS и *tub2*, а также в определении генов-эффекторов *Tox1*, *Tox3*, *ToxA* и изучении вирулентных свойств полученных изолятов. Для первичной идентификации возбудителей септориозной пятнистости использовали микроскопический анализ пикнид и конидий, взятых из фрагментов пораженной ткани растений. Септориоз на изученных образцах вызывал вид *P. nodorum*. Колонии гриба на картофельно-глюкозном агаре имели хорошо развитый бархатистый мицелий светло-бурого цвета, по периферии они были темными (смешанный тип) с большим количеством пикнид и конидий. Секвенирование восьми моноконидиальных изолятов, полученных из разных инфекционных образцов, показало, что все они имели 100%-е сходство по обоим локусам ITS и *tub2*. Последовательности обоих локусов имели наибольшую степень гомологии с *P. nodorum*. В результате поиска трех генов-эффекторов с помощью ПЦР в геноме всех 80 моноконидиальных изолятов *P. nodorum*, полученных с сортов озимой и яровой пшеницы, ярового овса и тритикале, был выявлен только ген *Tox3*. Гены *ToxA* и *Tox1* у изученных изолятов обнаружены не были. Вирулентность изолятов *P. nodorum* определяли в лабораторных условиях, используя метод оценки на изолированных листьях пшеницы. Четыре изолята, полученных с яровой пшеницы, и один изолят с озимой пшеницы были охарактеризованы как вирулентные. При заражении сортов яровой и озимой пшеницы смесью двух изолятов, полученных с овса, отмечено проявление авирулентных свойств. Изолят, выделенный с тритикале, проявил авирулентность на сортах озимой и вирулентность на сортах яровой пшеницы.

Ключевые слова: вирулентность, гены-эффекторы, молекулярная диагностика, селективный токсин хозина, септориоз, филогенетическое дерево, *Parastagonospora nodorum*

DOI: 10.31857/S0026364823050124, **EDN:** EYWBIS

ВВЕДЕНИЕ

Parastagonospora nodorum (Berk.) Quaedvl., Verkley et Crous – фитопатогенный гриб, являющийся серьезной проблемой для производителей пшеницы во всем мире (Croll et al., 2021). Этот вид вызывает септориоз листа и колоса пшеницы, режю, тритикале, ячменя и некоторых диких злаков (Richards et al., 2022). Фитопатоген является одним из наиболее вредоносных во всех зернопроизводящих странах (Phan et al., 2018). Первые сильные поражения пшеницы септориозом, вызван-

ные *P. nodorum*, отмечались в США и Канаде в 1920-х и 1940-х годах (Shipton et al., 1971). С тех пор септориоз, вызываемый этим видом, признан одним из основных заболеваний пшеницы в Северной Америке, Европе, Австралии и других частях мира, вызывая потери урожая до 30% (Solomon et al., 2006).

В годы эпифитотий септориоза листьев и колоса в разных регионах России потери урожая пшеницы могут превышать 40% (Sanin et al., 2018). Первые симптомы септориоза на сортах озимой

Таблица 1. Происхождение моноконидиальных изолятов *Parastagonospora nodorum* полученных из образцов из Алтайского края в 2022 г.

Номер образца	Номера изолятов	Происхождение образца	Растение-хозяин
1	110-22-1 (30)	Смоленский р-н, ООО “Житница”	яровая мягкая пшеница КВС Буран
2	112-22-1 (30)	Зональный р-н, агрофирма “НИВА”	озимая мягкая пшеница Скипетр
3	113-22-1 (30)	Смоленский р-н, ООО “Житница”	яровой овес
4	116-22-1 (30)	Зональный р-н, агрофирма “НИВА”	яровой овес Сибирский геркулес
5	117-22-1 (30)	Смоленский р-н, ООО “Агро-Сибирь”	яровая мягкая пшеница КВС Буран
6	118-22-1 (30)	Целинный р-н	яровая мягкая пшеница КВС Буран
7	122-22-1 (30)	“ ”	тритикале
8	123-22-1 (30)	Каменский р-н, ООО “Приозерье”	яровая мягкая пшеница КВС Аквилон

пшеницы в Алтайском крае отмечаются в начале июня в фазу начала колошения (51 по шкале Цадокс) (Manylova et al., 2018).

Септориоз листьев и колоса — одно из наиболее экономически значимых заболеваний пшеницы в Сибирском регионе (Тогорова et al., 2020). Исследования, проведенные Е.Ю. Тороповой с коллегами в 2016–2018 гг., показали, что в Западной Сибири *P. nodorum* доминирует в патогенном комплексе септориозных пятнистостей пшеницы (35% по показателю развития болезни и 90% по распространенности). Видовой состав возбудителей септориоза региона был представлен видами *Parastagonospora nodorum*, *P. avenae* f. sp. *triticae* и *Zymoseptoria tritici* (*Septoria tritici*). Из числа этих видов в Новосибирской обл. *P. nodorum* встречался чаще всего. В Тюменской обл. доминирование *P. nodorum* не было таким безусловным. В Алтайском крае преобладал *P. nodorum*, а виды *P. avenae* f. sp. *triticae* и *Zymoseptoria tritici* встречались также повсеместно, но значительно реже (Тогорова et al., 2020). При этом находки *Parastagonospora avenae* f. sp. *triticae* — таксона с неясным статусом, вероятно, корректнее относить к недавно описанному виду *P. pseudonodorum* (Croll et al., 2021).

Виды *P. nodorum*, *P. pseudonodorum* и *Pyrenophora tritici-repentis* известны своей способностью синтезировать некротрофные эффекторы (necrotrophic effectors — NEs), в том числе специфичные к хозяину токсины (host selective toxins — HSTs), которые могут функционировать как факторы патогенности (Ciuffetti et al., 1997). Для пшеницы описаны гены, обуславливающие устойчивость к данным токсинам. Охарактеризовано в общей сложности девять генетических взаимодействий в патосистеме “пшеница — гриб-продуцент специфичного токсина”: *Tsn1* — SnToxA; *Snn1* — SnTox1; *Snn2* — SnTox267; *Snn3-B1* — SnTox3; *Snn3-D1* — SnTox3; *Snn4* — SnTox4; *Snn5* — SnTox5; *Snn6* — SnTox267; *Snn7* — SnTox267 (Richards et al., 2022).

К настоящему времени отсекуены три гена растения-хозяина: *Tsn1* (Faris et al., 2011),

Snn1 (Shi et al., 2016) и *Snn3-D1* (Zhang et al., 2021), а также пять генов, кодирующих белки-эффекторы у гриба: *ToxA* (Friesen et al., 2006), *Tox3* (Liu et al., 2009), *Tox1* (Liu et al., 2012), *Tox5* (Kariyawasam et al., 2022) и *Tox267* (Richards et al., 2022).

Цель данной работы состояла в подтверждении видовой принадлежности алтайских изолятов *Parastagonospora nodorum* путем анализа нуклеотидных последовательностей двух филогенетически информативных локусов ДНК ITS и *tub2*, а также в определении генов-эффекторов *Tox1*, *Tox3*, *ToxA* и изучении вирулентных свойств полученных изолятов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Образцы пораженных листьев пшеницы, тритикале и овса собирали в 2022 г. на территории Алтайского края. Метеоусловия года способствовали развитию септориозных инфекций. Степень поражения инфекционного материала, отобранного для анализа, варьировала от 30 до 40%. Для сбора образцов пораженных растений проводили обследование посевов в р-нах, указанных в табл. 1. Все образцы были собраны в фазу созревания, в стадию молочно-восковой спелости растений (75–85 по шкале Задокса). Собирали листья с типичными внешними признаками септориоза и гербаризировали.

Всего было собрано восемь инфекционных образцов, под которыми понимали группу листьев с хорошо выраженными симптомами септориоза, собранных на одном поле по его диагонали через равные расстояния в одно время. В дальнейшем образцы анализировали в лабораторных условиях для установления видового состава возбудителей септориозных пятнистостей (табл. 1).

Для предварительного анализа септориозных пятнистостей использовали микроскопический анализ грибов, присутствующих на фрагментах ткани растений с симптомами септориоза (Pyzhikova et al., 1989). Это позволило предположить на-

Таблица 2. Список праймеров для ПЦР

Локус	Праймер	Последовательность 5'–3'	Авторы	Размер ампликона, п.н.
<i>Tox1</i>	<i>SnTox1cF</i> <i>SnTox1cR</i>	ATGAAGCTTACTATGGTCTTGT TGTGGCAGCTAACTAGCACA	Gao et al. (2015)	500
<i>Tox3</i>	<i>SnTox3cF</i> <i>SnTox3cR</i>	CTCGAACCACGTGGACCCGGA CTCCCCTCGTGGGATTGCCCATATG		600
<i>ToxA</i>	<i>TA51F</i> <i>TA52R</i>	GCGTTCTATCCTCGTACTTC GCATTCTCCAATTTTCACG	Andrie et al. (2007)	573
ITS	<i>ITS5</i> <i>ITS4</i>	GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG TCCTCCGCTTATTGATATGC	White et al. (1990)	605
<i>tub2</i>	<i>T1</i> <i>T22</i>	AACATGCGTGAGATTGTAAGT TCTGGATGTTGTTGGGAATCC	O'Donnell, Cigelnik (1997)	1300

личие во всех образцах *Parastagonospora nodorum* и отсутствие других возбудителей септориозов. Для подтверждения этого предположения с 30 листьев каждого инфекционного образца отбирали по одной пикниде для дальнейшего посева и получения моноконидиальных изолятов на картофельно-глюкозном агаре (КГА). Всего было получено по 30 моноконидиальных изолятов из каждого образца. Описание культурально-морфологических признаков проводили на 20-й день. При описании регистрировали морфотип колоний, а также интенсивность споруляции (Pyzhikova et al., 1989).

Геномную ДНК выделяли стандартным СТАВ/хлороформ-методом из колоний моноконидиальных изолятов, полученных на КГА (Doyle, Doyle, 1990). Реакционная смесь для амплификации геномной ДНК финальным объемом 25 мкл содержала: 2.5 мкл 10× ПЦР – буфер (Биолабмикс), 0.5 мкл смеси dNTP (10 мМ), 0.5 мкл каждого праймера (25 мкМ), 0.15 мкл Taq ДНК-полимеразы (5 ед./мкл, Диалат), 1 мкл геномной ДНК и 19.85 мкл dH₂O. Амплифицированные фрагменты разделяли методом электрофореза в 1.5%-м агарозном геле, в 1× TBE буфере (pH 8.2), гель окрашивали бромистым этидием. Для оценки размера фрагментов использовали ДНК-маркер Step100 plus (Биолабмикс).

Подтверждение результатов предварительной идентификации осуществляли при помощи секвенирования ДНК 8 изолятов (по одному из каждого инфекционного образца). Для секвенирования использовали два филогенетически информативных локуса ДНК – внутренние транскрибируемые спейсеры (ITS1–5.8S–ITS2, праймеры *ITS5/ITS4*) и фрагмент гена β-тубулина (*tub2*, праймеры *T1/T22*) (White et al., 1990, O'Donnell, Cigelnik, 1997) (табл. 2). Секвенирование по методу Сэнгера (1977) осуществляли на генетическом анализаторе ABI Prism 3500 (Applied Biosystems – Hitachi, Япония) в соответствии с протоколами произво-

дителя с использованием набора BigDye Terminator v. 3.1 Cycle Sequencing Kit (ABI, США).

Филогенетические деревья были построены методом максимального правдоподобия (Maximum Likelihood, ML) в программе MEGA X (Kumar et al., 2018). Надежность топологии построенных дендрограмм оценивали с помощью бутстреп-анализа с 1000 повторностями. В качестве референсов были использованы полученные из базы данных GenBank нуклеотидные последовательности разных видов *Parastagonospora*.

Скрининг изолятов *P. nodorum* на наличие генов-эффекторов: *ToxA*, *Tox1* и *Tox3* был проведен при помощи ПЦР. Для этого анализировали по 10 моноконидиальных изолятов из каждого образца.

ПЦР-скрининг на присутствие генов *SnTox1* и *SnTox3* проводили по методике Gao et al. (2015) с использованием пар праймеров *SnTox1cF/SnTox1cR* и *SnTox3cF/SnTox3cR*, соответственно. *ToxA* детектировали с помощью ПЦР с праймерами *TA51F/TA52R* (Andrie et al., 2007) (табл. 2).

Вирулентность изолятов *P. nodorum* определяли в лабораторных условиях, используя метод оценки на изолированных листьях пшеницы, согласно разработанным ранее методикам (Pyzhikova, Karaseva, 1985; Kolomiets et al., 2017). Испытания проводили в трехкратной повторности. Оценку типов реакции сортов на заражение проводили по четырехбалльной шкале (Pyzhikova, Karaseva, 1985): 0 – симптомов нет; 1 – мелкие темные точечные некрозы (1–2 мм); 2 – темно-бурые разрастающиеся, четко ограниченные пятна без хлороза; ткань листа остается зеленой; 3 – светло-бурые или бурые разрастающиеся пятна, окруженные хлорозом; 4 – светло-бурые, быстро разрастающиеся пятна без четкой ограниченности (наблюдается образование пикнид). Изоляты, поразившие растения на (0–2 балла) относили к авирулентным, на 3–4 балла – к вирулентным.

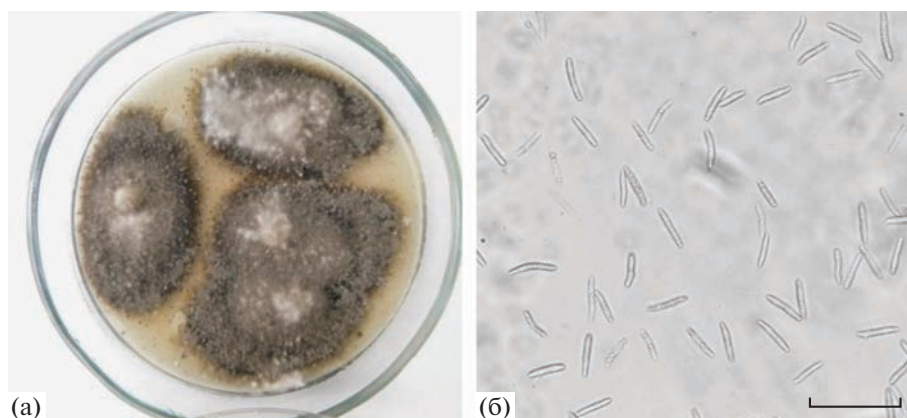


Рис. 1. Колонии *Parastagonospora nodorum* (а) и пикноспоры (б), полученные на картофельно-глюкозном агаре (20-е сут роста). Масштаб — 50 мкм.

В изучение вирулентных свойств были включены восемь моноконидиальных изолятов. Параллельно закладывали четыре эксперимента. Первый — сорта пшеницы заражали инокулюмом, включающим смесь пикноспор изолятов 110-22-Р.п., 117-22-Р.п., 118-22-Р.п., 123-22-Р.п., полученных с яровой пшеницы. Во втором эксперименте задействовали инокулюм, включающий споры изолята 112-22-Р.п. с озимой пшеницы; в третьем — споры изолятов 113-22-Р.п., 116-22-Р.п., полученные с овса. Четвертый эксперимент включал инфекционный материал изолята, выделенного с тритикале — 122-22-Р.п. (табл. 1). Проявление некротических пятен на листьях отмечали на 7 сутки после инокуляции. Основной учет проводили на 12 день. Инокулировали 19 сортов озимой мягкой и 12 — яровой пшеницы (табл. 3).

Статистическую обработку данных проводили с использованием компьютерной программы Statistica 12. Различия между реакцией сортов пшеницы на заражение инфекционным материалом в четырех экспериментальных группах оценивали с помощью критерия Краскела—Уоллиса, результаты Медианного теста использовали для установления различий между вирулентными свойствами групп изолятов. Попарное (множественное) сравнение групп изолятов для установления различий между их способностью проявлять вирулентные свойства при заражении озимых и яровых сортов пшеницы, проводили с использованием критерия Ньюмена — Кеулса (Trukhacheva, 2017).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Колонии всех изученных изолятов алтайской субпопуляции были идентичны по культурально-морфологическим свойствам и имели хорошо развитый бархатистый мицелий с большим количеством пикнид. Все колонии имели середину светло-бурого цвета, по периферии — темные (смешанный тип) (рис. 1). Колонии характеризо-

вались высокой споруляционной активностью (>10 млн спор/см²). Их размер на КГА достигал 80–90 мм в диам.

Анализ результатов секвенирования показал, что последовательности как ITS, так и *tub2* восьми моноконидиальных изолятов из разных образцов идентичны. Сравнение полученной последовательности ITS с референсными данными продемонстрировало ее идентичность с изолятами CBS 259.49 (KF251185, репрезентативный штамм) и CBS 146873 (SRR11074999, штамм, выделенный из неотипа *P. nodorum*).

Сравнение полученной в данной работе последовательности *tub2* с базой данных GenBank показало 100%-е сходство с последовательностью AY786335 изолята S-80-301 *P. nodorum*, выделенного из тритикале в 1980 году в США (Malkus et al., 2005). Сходство с другим наиболее близким изолятом Sn48-1 (AY786331) *P. nodorum* составляло уже 99.92%. Сходство со штаммом CBS 146873 *P. nodorum* составило 99.24%.

Меньшая представленность *tub2* *Parastagonospora* spp. в базе данных GenBank не позволяет провести полноценный филогенетический анализ по двум локусам с использованием одних тех же референсных штаммов. Однако в работе Zhao et al. (2021) было показано, что разрешающей способности ITS вполне достаточно для разделения членов *Parastagonospora* sp. на отдельные виды.

Таким образом, применение мультилокусного секвенирования таксономически информативных локусов ДНК — внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS) и фрагмента гена β-тубулина, позволило подтвердить принадлежность изолятов виду *P. nodorum*. Морфология пикнид, конидий, характер роста колоний грибов на КГА, также соответствовали *P. nodorum* (Kolomiets et al., 2017). При использовании только микроскопии для идентификации *P. nodorum* и *P. pseudonodorum* можно допустить ошибку, так как виды формиру-

Таблица 3. Анализ вирулентности алтайской субпопуляции *Parastagonospora nodorum*

Название сорта пшеницы	Инокулюм 1	Инокулюм 2	Инокулюм 3	Инокулюм 4
	Название изолятов/растение-хозяин			
	110-22-1, 117-22-1, 118-22-1, 123-22-1/яровая пшеница	112-22-1/озимая пшеница	113-22-1, 116-22-1/овес	122-22-1/тритикале
Озимые сорта пшеницы				
Безенчукская 380	2.8 ± 0.4*	3.6 ± 0.5	1.8 ± 1.1	2.2 ± 0.4
Бирюза	2.6 ± 0.5	3.8 ± 0.4	1.2 ± 0.4	2 ± 0
Звонница	2.8 ± 0.8	2.6 ± 0.5	1.2 ± 0.4	2 ± 0
Изюминка	3 ± 0	3 ± 0	1.8 ± 0.4	2.4 ± 0.5
Инна	2.8 ± 0.4	2.6 ± 0.5	1.6 ± 0.9	3 ± 0
Косовица	2.6 ± 0.5	3 ± 0	2.6 ± 0.5	2.2 ± 0.4
Лагуна	2.6 ± 0.5	2.6 ± 0.5	2.4 ± 0.5	2.4 ± 0.5
Латыневка	2 ± 0	2.6 ± 0.5	1.6 ± 0.9	2.4 ± 0.5
Липецкая звезда	2.2 ± 0.4	2 ± 0	1 ± 0	1.4 ± 0.9
Льговская 167	2.6 ± 0.5	2.8 ± 0.4	2.2 ± 0.4	3 ± 0
Мироновская 100	2.4 ± 0.5	3 ± 0	1 ± 0	2.4 ± 0.5
Мироновская 808	2.2 ± 0.4	2.6 ± 0.5	1.2 ± 0.4	1.2 ± 0.4
Московская 39	3.6 ± 0.5	3 ± 0.7	2.4 ± 0.5	3.4 ± 0.5
Московская 40	2.2 ± 0.4	3 ± 0	1.6 ± 0.5	3 ± 0
Престиж	2.6 ± 0.5	2.4 ± 0.5	2.4 ± 0.5	2.8 ± 0.4
Синтетик	1.4 ± 0.5	1.2 ± 0.4	1 ± 0	1.6 ± 0.5
Дон 93	1.4 ± 0.5	1 ± 0	1.4 ± 0.5	2 ± 0
Скипетр	1.4 ± 0.5	2.4 ± 0.5	1 ± 0	2.2 ± 0.4
Льговская 4	2.8 ± 0.4	2.6 ± 0.5	2.4 ± 0.5	3 ± 0
Среднее значение	2.7 ± 0.8	2.7 ± 0.8	1.6 ± 0.6	2.2 ± 0.6
Яровые сорта пшеницы				
Белянка	3 ± 0	2.6 ± 0.5	2.2 ± 0.4	2 ± 0
Безенчукская 182	3 ± 0.0	2.6 ± 0.5	2.6 ± 0.5	2.4 ± 0.5
Воронежская 7	2.2 ± 0.4	2.2 ± 0.4	2.4 ± 0.5	2.6 ± 0.5
Воронежская 14	2.6 ± 0.5	3.2 ± 0.4	2 ± 0	3 ± 0
Жница	2.6 ± 0.5	2.6 ± 0.5	2.4 ± 0.5	2.8 ± 0.4
Кинельская 6	1.2 ± 0.4	1.8 ± 0.8	2 ± 0	2 ± 0
Лебедушка	2.2 ± 0.4	2.2 ± 0.4	2.2 ± 0.4	2.6 ± 0.5
Мульти 6 R	2.6 ± 0.5	2.6 ± 0.5	2.2 ± 0.4	2.4 ± 0.5
Тулайкоская 5	3 ± 0	3 ± 0	2.2 ± 0.8	2.6 ± 0.5
Фаворит	3 ± 0	3.2 ± 0.4	2.2 ± 0.4	3 ± 0
Удача	3 ± 0	3.4 ± 0.9	2.4 ± 0.5	2.8 ± 0.4
Курская 2038	3 ± 0	3.2 ± 0.4	2.6 ± 0.5	3 ± 0
Среднее значение	2.8 ± 0.7	2.8 ± 0.5	2.2 ± 0.4	2.7 ± 0.5

Примечание. Изоляты, поражающие пшеницу на 3–4 балла, классифицировали как вирулентные, на 0–2 балла как авирулентные. *Среднее значение ± стандартное отклонение, n = 30.

ют на пораженной ткани листа похожие пикниды 40–250 мкм диам., их пикноспоры могут быть тоже одинакового размера. У *P. nodorum* споры цилиндрические, прямые или слегка изогнутые, с 1–3 перегородками, размером 12–35 × 2–4 мкм. Ко-

нидии *P. pseudonodorum* цилиндрические, прямые, с 3–4 перегородками, 26–42 × 2.8–3.5 мкм. Виды формируют похожие колонии при росте на питательных средах (Kolomiets et al., 2017). Поэтому, учитывая наш многолетний опыт работы с гри-

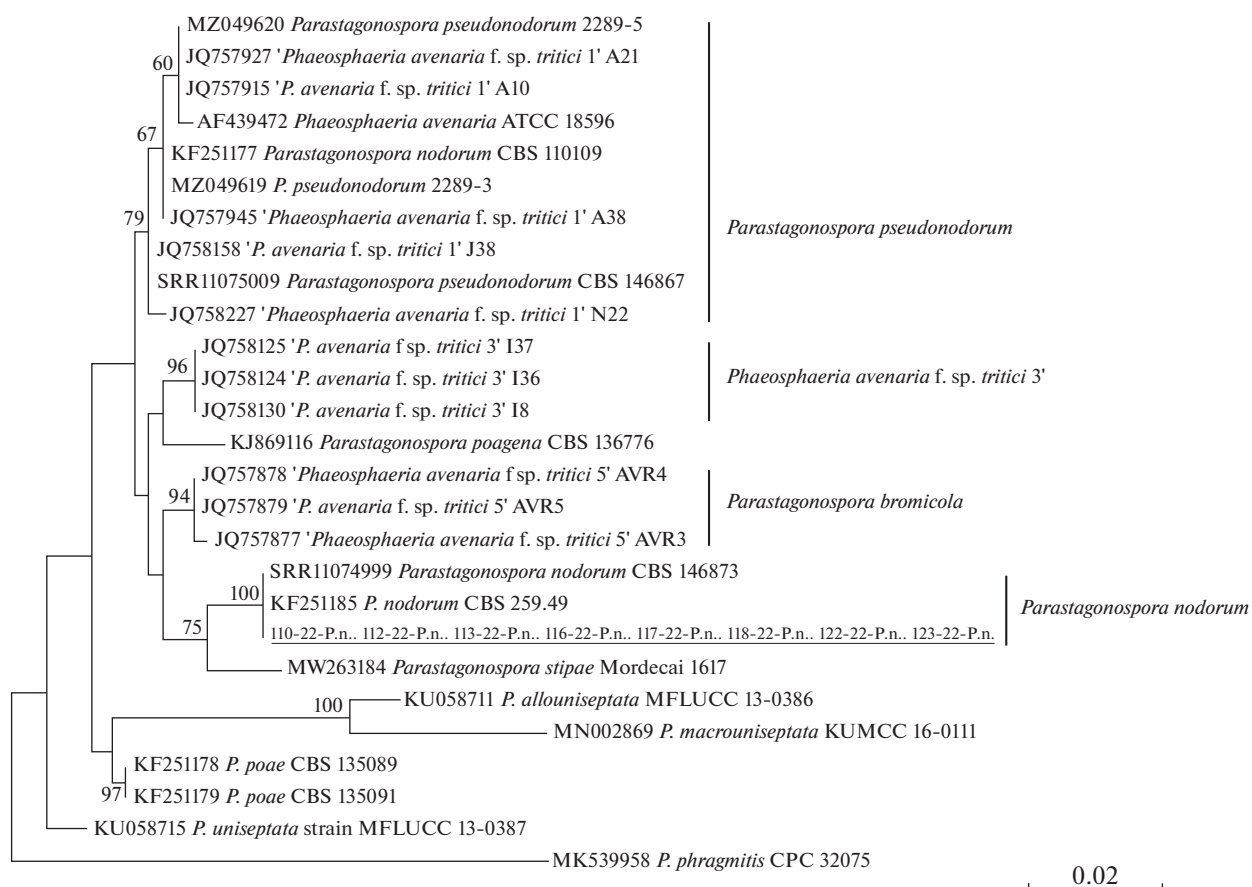


Рис. 2. Филогенетическое дерево для штаммов *Parastagonospora nodorum* и близких видов, реконструированное методом максимального правдоподобия (ML) по нуклеотидным последовательностям локуса ITS. Последовательности, полученные в данной работе, обозначены подчеркиванием. Для изученных изолятов приведены значения бутстреп-поддержки, превышающие 50%. В качестве внешней группы использован вид *Parastagonospora phragmitis*. Таксоны названы в соответствии с Zhao et al. (2021). Масштаб – 0.020 ожидаемых замен на сайт.

бом, считаем, что идентификацию *P. nodorum* и *P. pseudonodorum* необходимо подтверждать методами молекулярной диагностики.

В результате поиска генов *ToxA*, *Tox1* и *Tox3* с помощью ПЦР в генотипе изолятов *P. nodorum* был выявлен только ген *Tox3* (рисунок 3). В исследовании включали ДНК каждого монокониди-



Рис. 3. Электрофореграмма продуктов амплификации ДНК изолятов *Parastagonospora nodorum* из Алтайского края с праймерами, специфичными к гену *Tox3* (размер ампликона 600 п.н.). М – маркер Step100 plus (Биолабмикс). Номера индексов, присвоенные образцам, соответствуют индексам, расшифрованным в табл. 1.

альных изолятов, полученных с восемью инфекционными образцами, представленными в табл. 2. Всего проанализировано 80 проб.

Гены *ToxA* и *Tox1* у изученных изолятов обнаружены не были. При использовании пар праймеров *SnTox1cF/SnTox1cR* и *TA51F/TA52R* получен четкий ПЦР-продукт соответствующего размера только у образцов, использованных в качестве положительного контроля.

Ранее нами было показано, что гены, кодирующие *SnToxA*, *SnTox1* и *SnTox3* присутствуют в популяциях *P. nodorum* Ленинградской, Тамбовской, Саратовской областей (Zeleneva et al., 2022; Kovalenko et al., 2023). Так как данный возбудитель способен переноситься на большие расстояния, можно ожидать появление генов *ToxA* и *Tox1* в генофонде популяции *P. nodorum* на территории Алтайского края. При этом отмечают, что помимо трех хорошо известных у этого гриба существуют и другие некротрофные эффекторы (Richards et al., 2022).

Для анализа вирулентных свойств 8 изолятов *P. nodorum* были сгруппированы в четыре типа

Таблица 4. Дисперсионный анализ показателей вирулентности изолятов *Parastagonospora nodorum*, полученных с озимой и яровой пшеницы, овса, тритикале

Сравниваемые группы	Сумма рангов	Среднее значение ранга
Критерий Краскела – Уоллиса: $H(df = 3, n = 76) = 19.81$, рассчитанный при заражении сортов озимой пшеницы		
Инокулюм 1	839.0	44.16
Инокулюм 2	964.0	50.74
Инокулюм 3	423.0*	22.26*
Инокулюм 4	700.0	36.84
Критерий Краскела – Уоллиса: $H(df = 3, n = 48) = 10.29$, рассчитанный при заражении сортов яровой пшеницы		
Инокулюм 1	333.5	27.79
Инокулюм 2	343.5	28.63
Инокулюм 3	179.0**	14.92**
Инокулюм 4	320.0	26.67

Примечание. *Отмечены разности, значимые на уровне $p < 0.0002$; **отмечены разности, значимые на уровне $p < 0.016$.

инокулюма, в зависимости от растения-хозяина, с которого они были выделены. Результаты представлены в таблице 3.

Первый инокулюм, включающий изоляты 110-22-1, 117-22-1, 118-22-1, 123-22-1, выделенные из сортов яровой пшеницы и второй – изолят 112-22-1, полученный с озимой пшеницы, заражали листья растений в среднем на 3 балла и были отнесены к вирулентным.

Изолят 122-22-1, выделенный из тритикале, провоцировал симптомы заражения сортов озимой пшеницы на 2 балла, демонстрируя авирулентность в отношении этой культуры. Сорта же яровой пшеницы поражаются на 3 балла, что характеризует данный изолят как вирулентный к данной культуре.

Изоляты 113-22-1 и 116-22-1, составляющие инокулюм 3 (табл. 3), были авирулентны к озимым и яровым сортам пшеницы.

На основании критерия Краскела–Уоллиса (Trukhacheva, 2017) можно предположить, что наибольшим отличием по вирулентным свойствам обладал инокулюм, составленный из изолятов 113-22-Р.п., 116-22-Р.п., полученных с овса (табл. 4). Такое предположение подтверждает анализ диаграмм размаха (медианный тест). На диаграммах видно, что наибольшие отличия от остальных наблюдаются при заражении сортов пшеницы инокулюмом в третьем эксперименте (рис. 4).

Для попарного сравнения результатов четырех экспериментов с применением разного инокулюма мы использовали критерий Ньюмена–Кеулса (табл. 5). Согласно этому критерию инокулюм, включающий конидии изолятов 113-22-Р.п.-1, 116-22-Р.п.-1, полученные с овса, по вирулентным свойствам имел статистически значимые различия с другими тремя группами, включающими изоляты с тритикале, яровой и озимой пшеницы.

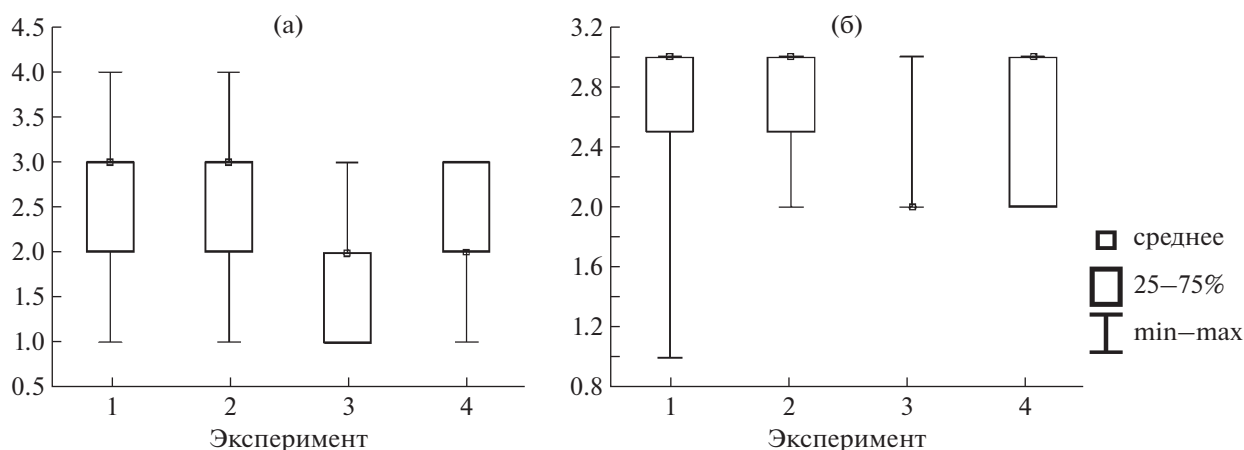


Рис. 4. Медианный тест для установления различий между вирулентными свойствами групп изолятов 1) 110-22-1, 117-22-1, 118-22-Р.п.-1, 123-22-Р.п.-1 (хозяин – яровая пшеница); 2) 112-22-Р.п.-1 (озимая пшеница); 3) 113-22-Р.п.-1, 116-22-Р.п.-1 (овес); 4) 122-22-Р.п.-1 (тритикале): а – озимая пшеница; б – яровая пшеница. Ось абсцисс показывает номер инокулюма, ось ординат – оценку типов реакции сортов на заражение по четырехбалльной шкале.

Таблица 5. Дисперсионный анализ показателей вирулентности изолятов *Parastagonospora nodorum*, полученных с озимой и яровой пшеницы, овса и тритикале

Результаты испытаний на 19 сортах озимой пшеницы*				
Группы	Инокулюм 1 М = 2.67	Инокулюм 2 М = 2.74	Инокулюм 3 М = 1.63	Инокулюм 4 М = 2.21
Инокулюм 1**	—	0.27	0.002	0.27
Инокулюм 2***	0.27	—	0.0002	0.07
Инокулюм 3****	0.002	0.0002	—	0.02
Инокулюм 4*****	0.27	0.07	0.02	—
Результаты испытаний на 12 сортах яровой пшеницы				
Группы	Инокулюм 1 М = 2.75	Инокулюм 2 М = 2.75	Инокулюм 3 М = 2.17	Инокулюм 4 М = 2.67
Инокулюм 1	—	0.91	0.02	1.00
Инокулюм 2	0.91	—	0.03	0.69
Инокулюм 3	0.02	0.03	—	0.04
Инокулюм 4	1.00	0.69	0.04	—

Примечание. *Критерий Ньюмена — Кеулса, отмечены различия, значимые на уровне $p < 0.05$; **110-22-1, 117-22-1, 118-22-1, 123-22-1 — хозяин — яровая пшеница; ***112-22-1 — озимая пшеница; ****113-22-1, 116-22-1 — овес; *****122-22-1 — тритикале; М — средний балл вирулентности в группе (0–2 — авирулентные; 3–4 — вирулентные).

Различия между другими группами выявлены не были.

Таким образом, при заражении сортов яровой и озимой пшеницы изолятами 113-22-1 и 116-22-1, полученными с овса, отмечено проявление авирулентных свойств. Поражение сортов пшеницы не превышало 2 балла. Изолят 122-22-1, выделенный с тритикале, проявил авирулентность при заражении сортов озимой и вирулентность, при заражении сортов яровой пшеницы. Четыре изолята, полученные с яровой пшеницы (110-22-1, 117-22-1, 118-22-1, 123-22-1) и один с озимой (112-22-1), охарактеризованы как вирулентные.

В литературе отмечается, что белки SnToxA, SnTox1 и SnTox3 считаются основными эффекторами патогена *P. nodorum* (Haugrud et al., 2022). При этом говорится, что в патосистеме *P. nodorum* — пшеница каждое взаимодействие SnTox—Snn способствует развитию заболевания. Устойчивость к SNB наследуется количественно, и она комплексная (John et al., 2022). Генотип выделенных нами в чистую культуру изолятов *P. nodorum* алтайской субпопуляции в 100% случаев характеризовался присутствием гена *Tox3* и отсутствием генов *ToxA* и *Tox1*. При проведении секвенирования по методу Сэнгера с использованием двух филогенетически информативных локусов ДНК — внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS1–5.8S–ITS2) и фрагмента гена β -тубулина (*tub2*) было показано, что с разных видов-хозяев был получен один гаплотип гриба. Однако, при изучении вирулентных свойств, было установлено, что инокулюм, включающий изоляты 113-22-1, 116-22-1, полученные с овса, обладает авирулентными свойствами. Он до-

стоверно отличается по способности заражать сорта яровой и озимой пшеницы по сравнению с инокулями, включающими изоляты с яровой, озимой пшеницы и тритикале, они были охарактеризованы как вирулентные.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для правильной идентификации видовой принадлежности возбудителей септориоза грибами рода *Parastagonospora* целесообразно традиционные исследования морфологии гриба дополнять каким-либо молекулярным анализом. По всей видимости, для достоверного разделения видов *P. nodorum* и *P. pseudonodorum* достаточно секвенирования одного участка рДНК (ITS1–5.8S–ITS2).

Анализ инфекционных образцов с типичными симптомами септориоза, полученных с яровой и озимой мягкой пшеницы, ярового овса и тритикале из четырех районов Алтайского края, показал, что возбудителем являлся вид *P. nodorum*. Полученные изоляты содержали в геноме ген *Tox3* и не имели генов *ToxA* и *Tox1*. Изоляты гриба, выделенные с яровой и озимой мягкой пшеницы и тритикале обладают вирулентными свойствами, изоляты с ярового овса — авирулентны при заражении сортов озимой и яровой пшеницы.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 19-76-30005. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Andrie R.M., Pandelova I., Ciuffetti L.M. A combination of phenotypic and genotypic characterization strengthens *Pyrenophora tritici-repentis* race identification. *Phytopathology*. 2007. V. 97. P. 694–701.
https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-6-0694
- Ciuffetti L.M., Tuori R.P., Gaventa J.M. A single gene encodes a selective toxin causal to the development of tan spot of wheat. *Plant Cell*. 1997. V. 9 (2). P. 135–144.
https://doi.org/10.1105/tpc.9.2.135
- Croll D., Crous P.W., Pereira D. et al. Genome-scale phylogenies reveal relationships among *Parastagonospora* species infecting domesticated and wild grasses. *Persoonia*. 2021. V. 46. P. 116–128.
https://doi.org/10.3767/persoonia.2021.46.04
- Doyle J.J., Doyle J.L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*. 1990. V. 12. P. 13–15.
- Faris J.D., Zhang Z., Rasmussen J.B. et al. Variable expression of the *Stagonospora nodorum* effector *SnToxA* among isolates is correlated with levels of disease in wheat. *Mol Plant Microbe Interact*. 2011. V. 24 (12). P. 1419–1426.
https://doi.org/10.1094/MPMI-04-11-0094
- Friesen T.L., Stukenbrock E.H., Liu Z. et al. Emergence of a new disease as a result of interspecific virulence gene transfer. *Nat. Genet*. 2006. V. 38 (8). P. 953–956.
https://doi.org/10.1038/ng1839
- Gao Y., Faris J.D., Liu Z. et al. Identification and characterization of the *SnTox6-Snn6* interaction in the *Parastagonospora nodorum* – wheat pathosystem. *Mol. Plant Microbe Interact*. 2015. V. 28 (5). P. 615–625.
https://doi.org/10.1094/MPMI-12-14-0396-P
- Haugrud A.R.P., Zhang Z., Friesen T.L. et al. Genetics of resistance to *Septoria nodorum* blotch in wheat. *Theor. Appl. Genet*. 2022. V. 135. P. 3685–3707.
https://doi.org/10.1007/s00122-022-04036-9
- John E., Jacques S., Phan H.T.T. et al. Variability in an effector gene promoter of a necrotrophic fungal pathogen dictates epistasis and effector-triggered susceptibility in wheat. *PLoS Pathog*. 2022. V. 18. e1010149.
https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1010149
- Kariyawasam G.K., Richards J.K., Wyatt N.A. et al. The *Parastagonospora nodorum* necrotrophic effector *SnTox5* targets the wheat gene *Snn5* and facilitates entry into the leaf mesophyll. *New Phytol*. 2022. V. 233 (1). P. 409–426.
https://doi.org/10.1111/nph.17602
- Kolomiets T.M., Pakholkova E.V., Dubovaya L.P. Selection of the initial material for the creation of wheat cultivars with long-term resistance to *Septoria blotch*. *Pechatnyy gorod, Moscow*, 2017. 56 p. (in Russ.).
- Kovalenko N.M., Zeleneva Yu.V., Sudnikova V.P. Characterization of *Pyrenophora tritici-repentis*, *Parastagonospora nodorum* and *Parastagonospora pseudonodorum* populations in the Tambov region territory based on the presence of effector genes. *Russian Agricultural Sciences*. 2023. V. 2. P. 20–25. (in Russ.).
https://doi.org/10.31857/S2500262723020114
- Kumar S., Stecher G., Li M. et al. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Mol. Biol. Evol*. 2018. V. 35. P. 1547–1549.
https://doi.org/10.1093/molbev/msy096
- Liu Z., Faris J.D., Oliver R.P. et al. *SnTox3* acts in effector triggered susceptibility to induce disease on wheat carrying the *Snn3* gene. *PLOS Pathog*. 2009. V. 5 (9). e1000581.
https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1000581
- Liu Z., Zhang Z., Faris J.D. et al. The cysteine rich necrotrophic effector *SnTox1* produced by *Stagonospora nodorum* triggers susceptibility of wheat lines harboring *Snn1*. *PLOS Pathog*. 2012. V. 8 (1). e1002467.
https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002467
- Malkus A., Reszka E., Chang C.J. et al. Sequence diversity of beta-tubulin (*tubA*) gene in *Phaeosphaeria nodorum* and *P. avenaria*. *FEMS Microbiol Lett*. 2005. V. 249 (1). P. 49–56.
https://doi.org/10.1016/j.femsle.2005.05.049
- Manylova O.V., Chernyshkov V.N., Kartashov M.I. Efficiency of biofungicides against root rot and *Septoria blotch* of winter wheat in forest-steppe conditions of the Altai Ob region. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018. V. 5 (163). P. 54–58 (in Russ.).
- O'Donnell K., Cigelnik E. Two divergent intragenomic rDNA ITS2 types within a monophyletic lineage of the fungus *Fusarium* are nonorthologous. *Mol. Phylogenet. Evol*. 1997. V. 7 (1). P. 103–116.
https://doi.org/10.1006/mpev.1996.0376
- Phan H.T.T., Rybak K., Bertazzoni S. et al. Novel sources of resistance to *Septoria nodorum* blotch in the Vavilov wheat collection identified by genome-wide association studies. *Theor. Appl. Genet*. 2018. V. 131. P. 1223–1238.
https://doi.org/10.1007/s00122-018-3073-y
- Pyzhikova G.V., Karaseva E.V. Methods of studying *Septoria* pathogens on isolated wheat leaves. *Selskokhozyaystvennaya biologiya*. 1985. V. 12. P. 112–114 (in Russ.).
- Pyzhikova G.V., Sanina A.A., Suprun L.M. et al. Methods of assessing the resistance of breeding material and wheat cultivars to *Septoria blotch*: guidelines. *Moscow*. 1989. 43 p. (in Russ.).
- Richards J.K., Kariyawasam G.K., Seneviratne S. et al. A triple threat: the *Parastagonospora nodorum* *SnTox267* effector exploits three distinct host genetic factors to cause disease in wheat. *New Phytol*. 2022. V. 233 (1). P. 427–442.
https://doi.org/10.1111/nph.17601
- Sanger F., Nicklen S., Coulson A.R. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. 1977. V. 74 (12). P. 5463–5467.
https://doi.org/10.1073/pnas.74.12.5463
- Sanin S.S., Ibragimov T.Z., Strizhekozina Yu.A. Method for calculating wheat yield losses from diseases. *Zaschita i karantin rasteniy*. 2018. V. 1. P. 11–15 (in Russ.).
- Shi G., Zhang Z., Friesen T.L. et al. The hijacking of a receptor kinase-driven pathway by a wheat fungal pathogen leads to disease. *Sci Adv*. 2016. V. 2 (10). e1600822.
https://doi.org/10.1126/sciadv.1600822
- Shipton W., Boyd W., Rosielle A. et al. The common *Septoria* diseases of wheat. *Bot. Rev*. 1971. V. 37. P. 231–262.
- Solomon P.S., Lowe R.G., Tan K.C. et al. *Stagonospora nodorum*: cause of *Stagonospora nodorum* blotch of wheat. *Mol. Plant Pathol*. 2006. V. 7 (3). P. 147–156.
https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2006.00326.x
- Toropova E.Yu., Kazakova O.A., Piskarev V.V. *Septoria blotch* epidemic process on spring wheat varieties. *Vavilov J.*

- Genetics and Breeding 2020. V. 24 (2). P. 139–148.
https://doi.org/10.18699/VJ20.609
- Trukhacheva N.V. Medical statistics: Textbook. Feniks, Rostov-on-Don, 2017 (in Russ.).
- White T.J., Bruns T., Lee S. et al. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: M.A. Innis (ed.). PCR Protocols: A guide to methods and applications. Academic Press, San Diego, 1990. P. 315–322.
- Zeleneva Yu.V., Ablova I.B., Sudnikova V.P. et al. Species composition of wheat *Septoria* pathogens in the European part of Russia and identifying *SnToxA*, *SnTox1* and *SnTox3* effector genes. Mikologiya i fitopatologiya. 2022. V. 56 (6). P. 441–447. https://doi.org/ (in Russ.).
https://doi.org/10.31857/S0026364822060113
- Zhang Z., Running K.L.D., Seneviratne S. et al. A protein kinase – major sperm protein gene hijacked by a necrotrophic fungal pathogen triggers disease susceptibility in wheat. Plant J. 2021. V. 106 (3). P. 720–732.
https://doi.org/10.1111/tpj.15194
- Zhao P., Crous P.W., Hou L.W. et al. Fungi of quarantine concern for China I: *Dothideomycetes*. Persoonia – Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi. 2021. V. 47 (1). P. 45–105.
https://doi.org/10.3767/persoonia.2021.47.02
- Зеленева Ю.В., Аблова И.Б., Судникова В.П. и др. (Zeleneva et al.) Видовой состав возбудителей септориозов пшеницы в европейской части России и идентификация генов-эффекторов *SnToxA*, *SnTox1* и *SnTox3* // Микология и фитопатология. 2022. Т. 56. № 6. С. 441–447.
- Коваленко Н.М., Зеленева Ю.В., Судникова В.П. (Kovalenko et al.) Характеристика популяций *Pyrenophora tritici-repentis*, *Parastagonospora nodorum* и *Parastagonospora pseudonodorum* на территории Тамбовской области по наличию генов-эффекторов // Российская сельскохозяйственная наука. 2023. Т. 2. С. 20–25.
- Коломиец Т.М., Пахолкова Е.В., Дубовая Л.П. (Kolomiets et al.) Отбор исходного материала для создания сортов пшеницы с длительной устойчивостью к септориозу. М.: Печатный город. 2017. 56 с.
- Манылова О.В., Чернышков В.Н., Карташов М.И. (Manylova et al.) Эффективность биофунгицидов против корневых гнилей и септориоза озимой пшеницы в условиях лесостепи Алтайского Приобья. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. Т. 5. № 163. С. 54–58.
- Пыжикова Г.В., Карасева Е.В. (Pyzhikova, Karaseva) Методика изучения возбудителей септориоза на изолированных листьях пшеницы // Сельскохозяйственная биология. 1985. Т. 12. С. 112–114.
- Пыжикова Г.В., Санина А.А., Супрун Л.М. и др. (Pyzhikova et al.) Методы оценки устойчивости селекционного материала и сортов пшеницы к септориозу: метод. указ. М.: ВНИИФ, 1989. 43 с.
- Санин С.С., Ибрагимов Т.З., Стрижекозин Ю.А. (Sanin et al.) Метод расчета потерь урожая пшеницы от болезней. Защита и карантин растений. 2018. № 1. С. 11–15.
- Трухачева Н.В. (Trukhacheva) Медицинская статистика: учеб. пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. 324 с.

Molecular Identification, Effector genes and Virulence of Isolates of *Parastagonospora nodorum* from Altai Krai (Russia)

Yu. V. Zeleneva^{a,#}, Ph. B. Gannibal^{a,##}, I. A. Kazartsev^{a,###}, and V. P. Sudnikova^{b,####}

^aAll-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

^bMiddle-Russian Affiliate of the Federal Research Center named after I.V. Michurin, Tambov, Russia

[#]e-mail: zelenewa@mail.ru

^{##}e-mail: fgannibal@vizr.spb.ru

^{###}e-mail: kazartsev@inbox.ru

^{####}e-mail: sudnikova47@mail.ru

Septoria blotches represent some of the most harmful wheat diseases that encompass all grain-producing countries worldwide. They are caused mainly by fungi of the genera *Parastagonospora* and *Zymoseptoria*. The aims of the research were to analyze the nucleotide sequences of two phylogenetically informative DNA loci, ITS and *tub2*, of *Parastagonospora nodorum* isolates from the Altai Krai, to detect the presence of *Tox1*, *Tox3*, *ToxA* effector genes and to study the virulence of the isolates. Microscopic analysis of fragments of affected plant tissue was used for primary identification of the Septoria blotch. The causative agent from the studied plant samples was identified as *P. nodorum*. Fungal colonies cultivated on potato-glucose agar displayed a well-developed light brown velvety mycelium with dark periphery (mixed type) and numerous pycnidia exhibiting high sporulation capacity. Microbiological diagnostics were complemented by molecular genetic studies. Sequencing of ITS and *tub2* loci isolates revealed complete genetic identity of all eight studied monoconidial isolates obtained from different samples. PCR-based detection of tree *Tox*-genes demonstrated that the only *Tox3* was present in the genotypes of 80 tested *P. nodorum* monoconidial isolates. The *ToxA* and *Tox1* genes were not found in the studied isolates. The virulence of *P. nodorum* isolates was evaluated in laboratory conditions using an isolated wheat leaves assay. Mixture of four isolates from spring wheat and one isolate from winter wheat, were characterized as virulent. When spring and winter wheat cultivars were infected with two isolates obtained from oats, pathogenic but avirulent properties were detected. The isolate from triticale was avirulent to winter wheat cultivars and virulent to spring wheat cultivars.

Keywords: effector genes, host-selective toxin, molecular diagnostics, *Parastagonospora nodorum*, phylogenetic tree, septorioses, virulence

УДК 582.24 : 581.95 + 58.01/.07

FIRST DATA ON NIVICOLOUS MYXOMYCETES IN THE “BITSEVSKY FOREST” NATURAL AND HISTORICAL PARK (MOSCOW, RUSSIA)

© 2023. V. I. Gmoshinskiy^{1,*} and N. I. Kireeva^{2,**}

¹Lomonosov Moscow State University, 119234 Moscow, Russia

²Independent researcher, 115563 Moscow, Russia

*e-mail: rubisco@list.ru

**e-mail: espoir87@mail.ru

Received May 23, 2023; revised May 26, 2023; accepted May 31, 2023

Preliminary studies in the northern part of the “Bitsevsky forest” natural and historical park resulted in the collection of 79 specimens of nivicolous myxomycetes belonging to 6 species from 3 genera. This is the first record of nivicolous myxomycetes in urban parks in lowlands. Photographs of sporocarps and micromorphological structures are given for each species. *Lamproderma ovoideoechinulatum* var. *microspora*, *L. zonatopulchellum*, and *Meriderma carestiae* var. *carestiae* were found for the first time in Moscow Region. The data indicate that high level of anthropogenic pressure, namely trampling and moderate improvement does not restrict sporulation of nivicolous species.

Keywords: altitudinal distribution of nivicolous myxomycetes, anthropogenic pressure, biodiversity, ecology, recreation activity, urban territories

DOI: 10.31857/S0026364823050045, **EDN:** YSCKLM

Nivicolous myxomycetes are a rather distinct ecological group comprising species capable of forming sporocarps in early spring at the edge of melting snowbanks (Schnittler et al., 2022). Previously, nivicolous myxomycetes were assumed to sporulate only in the mountains or rugged areas. However, recent years have seen isolated data on their occurrence in lowland boreal ecosystems in Moscow (Gmoshinskiy, Kireeva, 2023), Leningrad (Erastova, Novozhilov, 2015), and Tver Regions (Gmoshinskiy, Kireeva, personal data), as well as in Kharkov Region, Ukraine (Yatsiuk, Leontyev, 2020; Yatsiuk et al., 2023) and other regions (Ronikier, Ronikier, 2009). The increase in the number of such works is associated with the understanding of the nivicolous myxomycete ecology. It has been shown that these species can form sporocarps only under a favorable combination of several climatic factors (the absence of severe frost before the establishment of a stable snow cover persisting throughout the winter) (Schnittler et al., 2015). Such conditions in the lowlands are not observed every year. Also, snow melts in the mountains gradually over several weeks or even months. An important factor in the mountains is also the fairly high solar radiation, which, in the presence of a long and thick snow cover, contributes to the heating of the soil surface under the snow (Ishikawa, 2003). Thus, it is possible to discover nivicolous species within a fairly long period. Otherwise, in the lowlands, only 1–2 weeks may elapse between formation of the first thawed patches and complete disappearance of snow

cover. In addition, sporocarps of most species are very fragile and almost completely destroy after the first precipitation (Gmoshinskiy, Kireeva, 2023).

The first data on myxomycetes of Moscow Region date back to the beginning of the 19th century, but regular studies of the species diversity began only in the 1960s (Bortnikov et al., 2020). Since then, more than 197 species of myxomycetes have been recorded in Moscow and Moscow Region (Gmoshinskiy, 2013). A study of the species diversity of nivicolous myxomycetes of Prioksko-Terrasny Nature Reserve was initiated in 2022, during which 10 species were registered (Gmoshinskiy, Kireeva, 2023). At the same time, nivicolous myxomycetes have not been noted not only in Moscow but in any large urban agglomeration so far.

The “Bitsevsky forest” natural and historical park is the second largest forest area in Moscow following Losiny Ostrov National Park. It is located in the southeastern part of the Teplostan Upland, in the most elevated part of it (up to 255 m above sea level), which is an isolated natural area formed on preglacial drift. Its modern territory, split by ravines and gullies with steep slopes, is composed of former estates merged together in the Soviet era (Uzkoe, Yasenevo, Biryulevo, Krasnoe, Konkovo, Markovo, Kolchevo, Znamenski Sadki, etc.) and peasant lands marked off from the estates as a result of the 1861 reform. Consequently, there are no continuous forest tracts, but fields and meadows, interspersed with groves. Each plot of land was exploited depending on the owners’ needs (Korobko, 2013).

During the Second World War, on the territory of the present park there was a Moscow Line of Defense with a branched network of trenches and bunkers. A significant part of green areas was cut down during its construction and for the needs of local villagers. Therefore, many broad-leaved trees were planted in the 1950–1960s (Anonymous, 2023), but a considerable part of the area is taken up by aspen forests. Most of the conifer stands are also of artificial origin. The oldest ones are oak forests (180–190 years old) and linden forests (90–100 years old), but their area is not large, and the main area is covered by linden forests, represented by 70–90 years old plantations, and birch forests (60–70 years old). The understory is formed by linden and, occasionally, by spruce. The dominant species in the undergrowth is hazel.

Material was collected on April 11, 2023 in four study plots located in the northern part of the park, in the vicinity of the Bitsa Euestrian club:

Loc. 1 – Birch forest with linden: *Betula pendula* Roth, *Malus* sp., *Tilia cordata* Mill.; undergrowth: *Acer platanoides* L., *Cornus sericea* L., *Corylus avellana* (L.) H. Karst., *Sorbus aucuparia* L. (55.64454° N, 37.57774° E). – **Loc. 2** – Mixed forest with birch, acer and linden: *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Tilia cordata*; undergrowth: *Corylus avellana* (55.64450° N, 37.57142° E). – **Loc. 3** – Linden forest with a few birch trees: *Tilia cordata*, *Betula pendula* (55.63901° N, 37.57381° E). – **Loc. 4** – *B. pendula*, *Populus tremula* L., *Quercus robur* L.; undergrowth: *Acer platanoides*, *Corylus avellana* (55.6377° N, 37.57757° E).

We also investigated several sites with dominated by conifers trees, but no sporophores of nivicolous species were found there, so they were excluded from study. Specimens were collected according to the standard methods (Wrigley de Basanta, Estrada-Torres, 2022).

Photographs of sporocarps were taken using a Micromed 3 var. 3LED optical microscope with an E3CMOS06300 digital camera and top illumination. The series of pictures were taken in different focal planes and processed with a Helicon Focus ver. 6.0.18 software. The measurements of spores, capillitium, and sporocarps were obtained via ToupView 3.7 and ImageJ ver. 1.52a. Microscopic measurements and observations were made with the same microscope and software. Microscope slides were prepared with 4% KOH.

The list of recorded species is ordered alphabetically. Authors and concepts of taxa are given according to the *Eumycetozoa* database (Lado 2005–2023).

Dianema nivale (Meyl.) G. Lister (Fig. 1 A–D). – 2 specimens: **Loc. 1** – MYX 22562; **Loc. 2** – MYX 22587. On living *Carex* sp. Colonies are very small and represented by only few sporangia.

The species was previously found in Prioksko-Terrasny natural state reserve (Gmoshinskiy, Kireeva, 2023). Our samples identical for morphological and ecological features of type sample (Singer et al., 2006; Pinheiro Velloso et al., 2020). The species has been previously recorded in southern Western Siberia, but sporophores was found in moist cham-

bers conditions on bark of *Salix* sp. and *Populus* sp. (Vlasenko, 2013, 2020).

Lamproderma arcyrioides (Sommerf.) Rostaf. (Fig. 1 E–I). – 23 specimens: **Loc. 1** – MYX 22547; **Loc. 2** – MYX 22563, MYX 22564; **Loc. 4** – MYX 22596–22610, MYX 22614–22616, MYX 22618, MYX 22619. On living *Carex* sp. and on dead small deciduous twigs (less than 3 cm in diam.).

It is one of the most widely distributed species. The sporocarps of two specimens (MYX 22598 and MYX 22601) were tinted with gold (Fig. 1 I) apart from the typical violet-blue color (Fig. 1 E–H). This is the feature by which *L. arcyrioides* differs from *L. aeneum* Mar. Mey. et Poulain. Thus, either two different but very similar species formed sporocarps on the same substrate fragment, or the peridium color of *L. arcyrioides* can vary very widely. Further studies are required to establish the limits of the peridium color variability.

L. echinosporum Meyl. (Fig. 1 J–N). – 23 specimens: **Loc. 1** – MYX 22538–22543, MYX 22548–22550, MYX 22552–22554, MYX 22556; **Loc. 2** – MYX 22565, MYX 22566, MYX 22576, MYX 22578–22580, MYX 22582, MYX 22585; **Loc. 3** – MYX 22595; **Loc. 4** – MYX 22617.

On living *Carex* sp. and on dead small twigs of deciduous trees (less 3 cm in diam.), rare on fallen leaves of deciduous trees. This is the only species observed in all study areas. Its diagnostic feature is the presence of clearly visible spots on the peridium surface (Fig. 1 J) and echinulate spores (Fig. 1 K). In most specimens, many light spherical bodies with dark warts were observed. These bodies were inside the capillitial filaments and on the spore surface, and were also freely distributed on the slide. Some authors attributed specimens with such characters to *L. echinosporum* f. *liberum* K. Baumann, Nowotny, Kuhnt et Mar. Mey. However, it appears to be a kind of endoparasite related to the genus *Mitosporidium* from Rozellomycota (Yajima et al. 2013; Gros-sart et al., 2016) (Fig. 1 L–N). Notably, A. Kuhnt (2019) indicates that this phenomenon is typically very rare, but we observed these bodies in 8 of 13 specimens from the Loc. 1, while in Loc. 2 only one such colony was found, and in Loc. 3 and Loc. 4 both specimens were lacking them. Thus, it is possible that the endoparasite lesion may have a local character.

L. ovoideoechinulatum var. *microspora* Mar. Mey et Poulain (Fig. 2 A–D). – 3 specimens: **Loc. 1** – MYX 22545; **Loc. 2** – MYX 22575; MYX 22586. On dead small deciduous twigs (less 3 cm in diam.).

This species has not been previously recorded in the Moscow region. Its most characteristic features are the oval shape of the sporotheca (Fig. 2 A, D) and small spores (11–13 µm in diameter) with unevenly thickened walls and ornamentation of fine warts (Fig. 2 B–C).

L. zonatopulchellum Yatsiuk, Leontyev, Lopez-Vill. et Schnittler (Fig. 2 E–H). – 6 specimens: **Loc. 1** – MYX 22544, MYX 22546; **Loc. 2** – MYX 22577, MYX 22581, MYX 22583, MYX 22584. On small herbaceous shrubs (*Cornus sericea*) and on downside of leaves of living *Carex* sp.

Often sporocarps formed on the same substrate fragments as *L. echinosporum* (MYX 22576–22577; MYX 22581–22582; MYX 22584–22585). This species was not described until 2023. The authors specify that it occupies a middle position between *L. zonatum* Mar. Mey et Poulain and *L. pulchellum* Meyl. It differs from the former primarily by light brown capillitial threads with whitish ends, and from

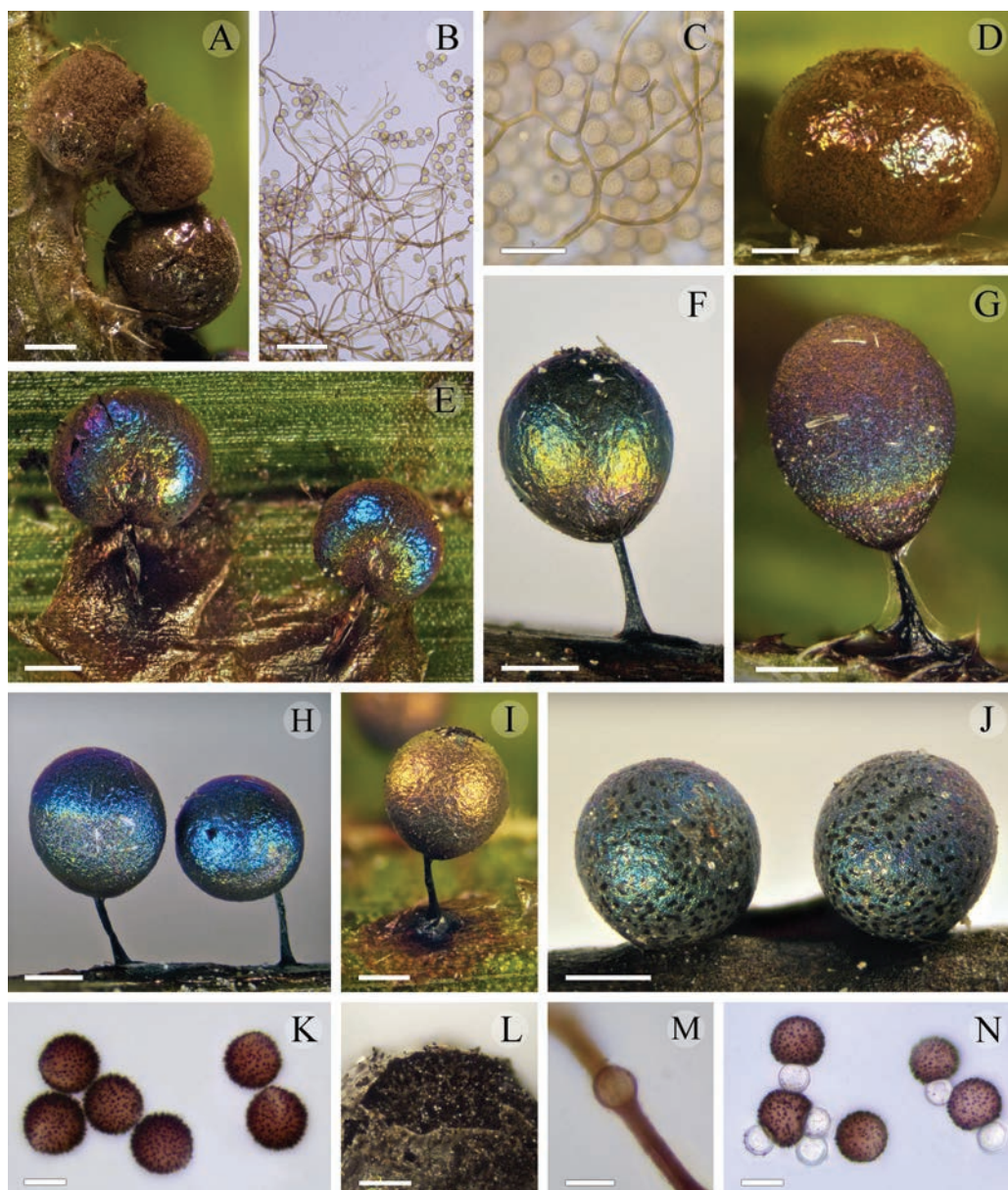


Fig. 1. Sporocarps of myxomycetes from the genera *Dianema* and *Lamproderma*: A–D – *Dianema nivale* (A – MYX 22562, B, C – capillitium and spores in transmitted light, D – MYX 22587, mature sporangia); E–I – *Lamproderma arcyrrioides* mature sporangia (E – MYX 22602, F – MYX 22607, G – MYX 22563, H – MYX 22609, I – sporangium with golden reflection, MYX 22601); J–K – *L. echinosporum* MYX 22578 (J – mature sporangia, K – spore ornamentation, TL); L–N – *L. echinosporum* f. *liberum* MYX 22538 (L – sporangium with endoparasite, M – spherical bodies in the capillitium, TL, N – spores and light spherical bodies, TL). Scale: 10 μ m (K, M, N); 20 μ m (C); 50 μ m (B); 200 μ m (D, L); 400 μ m (E–I); 500 μ m (A, J).

the latter – by concentric reddish and yellowish zones on the peridium and smaller spores (12–14 μ m in *L. pulchellum* vs. 10.3–12.6 μ m in *L. zonatopulchellum*) (Yatsiuk et al., 2023). In addition, most of sporangia in our colonies were short-stalked (Fig. 2 E, F), while sporangia of *L. zonatum* are always sessile. Also, Yatsiuk et al. report that *L. zonatopulchellum* is most likely quite widespread in the lowlands. To note, in the original paper specimens MYX 8431 and MYX 8437 were referred to the erroneous location. They were actually found in Central Forest Nature Reserve (Tver Region) and not in Nizhnesvirsky Reserve (Leningrad Region).

Meriderma carestiae var. *carestiae* (Ces. et De Not.) Mar Mey. et Poulain (Fig. 2 I–K). – 22 specimens: **Loc. 1** – MYX 22551, MYX 22555, MYX 22557–22561; **Loc. 2** – MYX 22567–22574; **Loc. 3** – MYX 22588–22594. On small living broad-leaved shrubs, small fallen twigs, and leaves of living *Carex* sp.

The main distinguishing feature of this species is sub-reticulate ornamentation of spores (Fig. 2 I).

Even the most superficial studies of the species diversity of nivicolous myxomycetes in Moscow park showed strong chance of their discovery. Most likely,

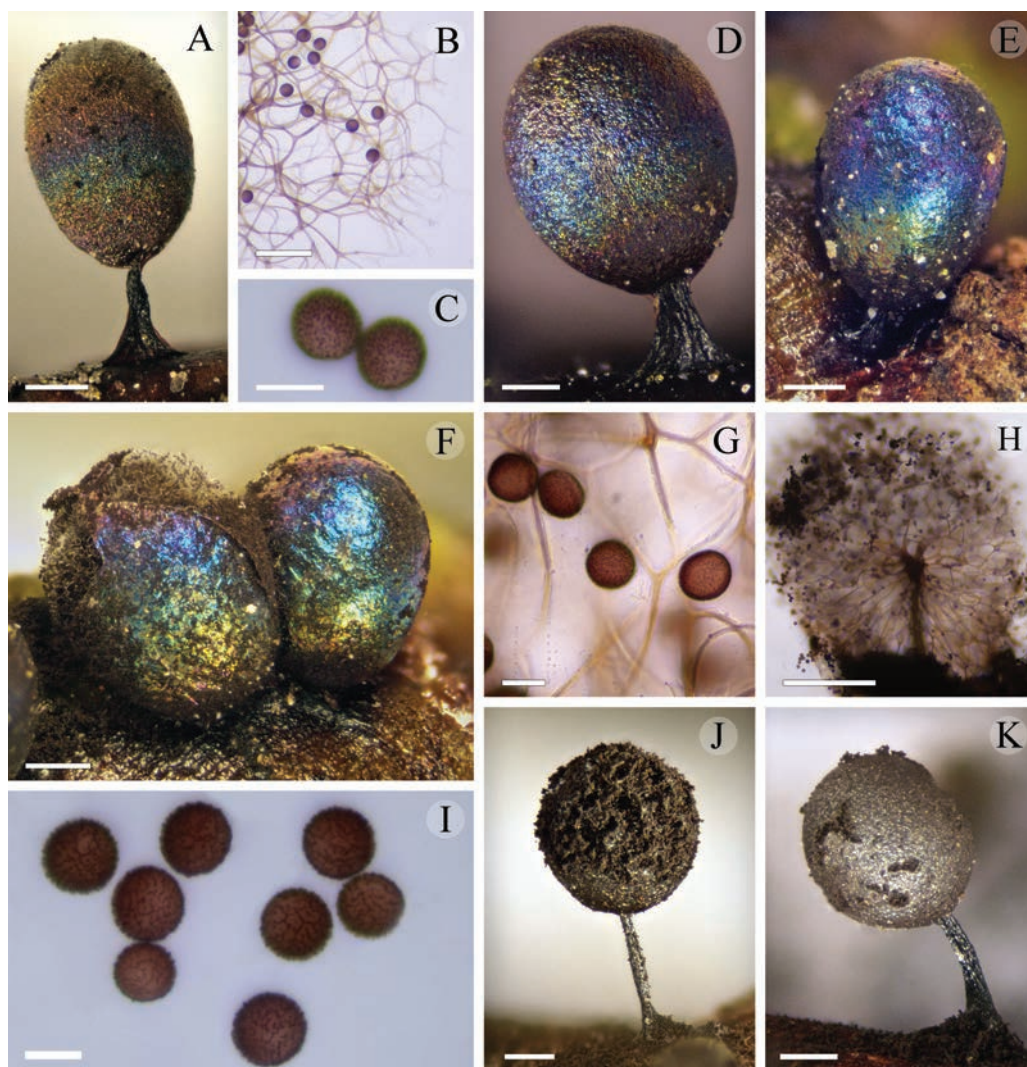


Fig. 2. Sporocarps of myxomycetes from the genera *Lamproderma* and *Meriderma*: A–D – *Lamproderma ovoideoechinulatum* var. *microspora* (A, D – MYX 22575, mature sporangia, B – MYX 22545, capillitium and spores, TL, C – MYX 22575, spore ornamentation, TL); E–H – *L. zonatopulchellum* MYX 22546 (E, F – mature sporangia, G – capillitium and spore ornamentation, TL, H – capillitium and columella, TL); I–K – *Meriderma carestiae* var. *carestiae* MYX 22588 (I – spore ornamentation, TL, J, K – mature sporangia). Scale bars: 10 µm (G, I); 50 µm (B, C); 200 µm (D); 300 µm (A, E, F, H, J, K).

the significant anthropogenic pressure to which the ecosystem in urban parks is subjected is not a limiting factor for nivicolous myxomycete populations. As in the case of vascular plants (Istomina et al., 2014), myxomycetes completely disappear only on the paths, where all other forest myxomycete species cannot form, too. The main reason for the disappearance of myxomycetes as well as vascular plants (Polyakova, Melankholin, 2007), in the park is a significant change in habitat, rather than trampling itself. Thus, in order to preserve biodiversity within the city, it is important to implement a balanced regulation of improvement activities. It should be emphasized that the ecosystem of the city has a very complex and, as this study shows, insufficiently studied multi-component structure.

Changes in the natural resource management policy, transformation of native forests into parks – replacement of topsoil with rolled lawns and destruction of the shrub layer and forest floor – entail an irreversible change in the structure of this ecosystem, and consequently the potential disappearance of various organisms. That is why it is so important to preserve small forest areas that are still left on the territory of the European largest city.

The field work of V.I. Gmoshinskiy was funded by the Polistovsky Nature Reserve (project FEA № 1-22-66-3) and identification and study of specimens was carried out within the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (№ 075-15-2021-1396).

REFERENCES

- Anonymous. Retromap. German aerial photography 1939–1943 years. 2023. http://retromap.ru/061942_55.644552,37.578005. Accessed 07.05.2023.
- Bortnikov F.M., Matveev A.V., Gmoshinskiy V.I. et al. Myxomycetes of Russia: a history of research and a checklist of species. *Karstenia*. 2020. V. 58 (2). P. 316–373. <https://doi.org/10.29203/ka.2020.502>
- Erastova D.A., Novozhilov Yu.K. Nivicolous myxomycetes of the lowland landscapes of the Northwest of Russia. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2015. V. 49 (1). P. 9–18.
- Gmoshinskiy V.I. Myxomycetes of Moscow and Moscow region. PhD Thesis, Moscow, 2013 (in Russ.).
- Gmoshinskiy V.I., Kireeva N.I. The first data on nivicolous myxomycetes (*Amoebozoa*) of the Prioksko-Terrasny Reserve (Moscow Region, Russia). *Phytotaxa*. 2023 (in press).
- Grossart H.-P., Wurzbacher C., James T.Y. et al. Discovery of dark matter fungi in aquatic ecosystems demands a reappraisal of the phylogeny and ecology of zoospore fungi. *Fungal Ecol.* 2016. V. 19. P. 28–38. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2015.06.004>
- Ishikawa M. Thermal regimes at the snow–ground interface and their implications for permafrost investigation. *Geomorphology*. 2003. V. 52. P. 105–120. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00251-9](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00251-9)
- Istomina I.I., Pavlova M.E., Terechin A.A. Population structure of *Corydalis intermedia* (L.) Merat in the “Bitsevsky forest” natural and historical park. *Vestnik RUDN, seriya agroecologia i zhivotnovodstvo*. 2014. Issue 4. P. 14–29 (in Russ.).
- Korobko M.Yu. Findings in Bittsevo Forest: Some results of the latest historical and local history research in Moscow. *Moskovskiy zhurnal*. 2013. Issue 1. P. 68–79 (in Russ.).
- Kuhnt A. Bemerkenswerte Myxomycetenfunde: Neue Arten, Neukombinationen und Nachweise seltener Arten, Teil 2. Bayerischen Botanisch. Gesellschaft. 2019. V. 89. P. 139–222.
- Lado C. 2005–2023. An online nomenclatural information system of *Eumycetozoa*. <http://www.nomen.eumycetozoa.com>. Accessed 15.05.2023.
- Pinheiro Velloso J.R., Putzke J., Schmitz et al. *Dianema nivale* – A myxomycete (*Amoebozoa*) new to the Antarctic. *Polar Science*. 2020. V. 26. 100598. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2020.100598>
- Polyakova G.A., Melanokhin P.N. Problems of preserving rare species in the natural park of Bitza Forest. *Aktualnye problemy lesnogo kompleksa*. 2007. Issue 19. P. 148–151 (in Russ.).
- Ronikier A., Ronikier M. How ‘alpine’ are nivicolous myxomycetes? A worldwide assessment of altitudinal distribution. *Mycologia*. 2009. V. 101. P. 1–16. <https://doi.org/10.3852/08-090>
- Schnittler M., Dagamac N.H.A., Woyzichowski J. et al. Biogeographical patterns in myxomycetes. In: C. Rojas, S.L. Stephenson (eds). *Myxomycetes: biology, systematics, biogeography and ecology*. Academic Press, Oxford, 2022, pp. 377–416.
- Schnittler M., Erastova D.A., Shchepin O.N. et al. Four years in the Caucasus – observations on the ecology of nivicolous myxomycetes. *Fungal Ecol.* 2015. V. 14. P. 105–115. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2015.01.003>
- Singer H., Moreno G., Illana C. Mountainous and nivicolous myxomycetes described by Charles Meylan. A SEM-study. *Österreichische Z. Pilzkunde*. 2005. V. 14. P. 11–29.
- Vlasenko A.V. Species diversity and taxonomic structure of slime molds in the intrazonal and zonal habitats plains area south of West Siberia. *Rastitelnyy mir aziatskoy Rossii*. 2013. V. 2 (12). P. 3–11 (in Russ.).
- Vlasenko A.V. Epiphytic myxomycetes on the bark of *Salix* and *Populus* in the southeast of Western Siberia. *Samarskiy nauchnyy vestnik*. 2020. V. 9 (4). P. 34–38 (in Russ.). <https://doi.org/10.17816/snv202094104>
- Wrigley de Basanta D., Estrada-Torres A. Techniques for recording and isolating myxomycetes: updated. In: C. Rojas, S.L. Stephenson (eds). *Myxomycetes: biology, systematics, biogeography and ecology*. Academic Press, Oxford, 2022, pp. 417–451.
- Yajima Y., Inaba S., Degawa Y. et al. Ultrastructure of cyst-like fungal bodies in myxomycete fruiting bodies. *Karstenia*. 2013. V. 53 (1–2). P. 55–65. <https://doi.org/10.29203/ka.2013.458>
- Yatsiuk I., Leontyev D.V. Two species of nivicolous myxomycetes that formed fruiting bodies during three spring seasons in the lowlands of the Eastern Ukraine. *Phytotaxa*. 2020. V. 437 (3). P. 147–155. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.437.3.3>
- Yatsiuk I., Leontyev D.V., López-Villalba Á. et al. A new nivicolous species of *Lamproderma* (*Myxomycetes*) from lowland and mountainous regions of Europe. *Nova Hedwigia*. 2023. V. 116 (1–2). P. 105–136. https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2023/0807
- Власенко А.В. (Vlasenko) Видовое разнообразие и таксономическая структура миксомицетов зональных и интразональных биотопов равнинной территории юга Западной Сибири // Растительный мир Азиатской России. 2013. № 2 (12). С. 3–11.
- Власенко А.В. (Vlasenko) Эпифитные миксомицеты на коре *Salix* и *Populus* на юго-востоке Западной Сибири // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9 (4). С. 34–38.
- Гмошинский В.И. (Gmoshinskiy) Миксомицеты Москвы и Московской области. Дисс. ... к.б.н. М.: МГУ, 2013. 690 с.
- Истомина И.И., Павлова М.Е., Терехин А.А. (Istomina et al.) Структура популяции хохлатки промежуточной (*Corydalis intermedia* (L.) Merat), в природно-историческом парке “Битцевский лес” // Вестник РУДН, серия Агрономия и животноводство. 2014. № 4. С. 14–29.
- Коробко М.Ю. (Korobko) Находки в Битцевском лесу: о некоторых итогах новейших историко-краеведческих изысканий в Москве // Московский журнал. 2013. № 1. С. 68–79.
- Полякова Г.А., Меланхолин П.Н. (Polyakova, Melankholin) Проблемы сохранения редких видов природного парка “Битцевский лес” // Актуальные проблемы лесного комплекса 2007. № 19. С. 148–151.

Первые данные о нивальных миксомицетах природно-исторического парка “Битцевский лес” (Москва, Россия)

В. И. Гмошинский^{a, #}, Н. И. Киреева^{b, ##}

^aМГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

^bНезависимый исследователь, Москва, Россия

[#]e-mail: rubisco@list.ru

^{##}e-mail: espoir87@mail.ru

В ходе предварительного исследования в северной части природно-исторического парка “Битцевский лес” было собрано 79 образцов нивальных миксомицетов, принадлежащих к 6 видам из 3 родов. Это первый случай обнаружения нивальных миксомицетов в городских парках. Для каждого вида приводятся фотографии спороношений и микропрепаратов. Впервые для Московского региона отмечены *Lamproderma ovoideoechinulatum* var. *microspora*, *L. zonatopulchellum* и *Meriderma carestiae* var. *carestiae*. Полученные данные свидетельствуют о том, что высокий уровень антропогенной нагрузки (вытаптывание и умеренное благоустройство) не может полностью препятствовать формированию спороношений нивальных видов.

Ключевые слова: антропогенная нагрузка, биоразнообразие, высотное распределение нивальных миксомицетов, городские территории, рекреационная деятельность, экология

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 582.282 : 630*272

MICROMYCETES ROSSICAE: CHOROLOGICAL AND TAXONOMICAL NOTES. 6. *DIATRYPELLA QUERCINA* (XYLARIALES, ASCOMYCOTA) IN RUSSIA

© 2023. A. B. Shishlyannikova^{1,*}, I. V. Zmitrovich^{2,**}, and G. I. Zarudnaya^{1,***}

¹St. Petersburg State Forest Engineering University named after S.M. Kirov, 194021 St. Petersburg, Russia

²Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, 197376 St. Petersburg, Russia

*e-mail: arborshi@mail.ru

**e-mail: iv_zmitrovich@mail.ru

***e-mail: olsmol@yandex.ru

Received April 15, 2023; revised May 25, 2023; accepted May 31, 2023

The present notice continues the series on rare and interesting species of microfungi and is devoted to the stromatic ascomycete *Diatrypella quercina* (Xylariales, Ascomycota), the saprotroph associated with crown self-thinning in *Quercus robur*. An extended morphological description of the species is given, and its differences from closely related species, *Diatrypella favacea* and *D. pulvinata*, are analyzed. The data on the global and regional distribution of this rather scarce species are analyzed. The list of studied exsicates and herbarium documentation is provided. The conclusion concerning the optimum range of *D. quercina* is given.

Keywords: ascospore variability, *Diatrypaceae*, *Quercus robur*, stromatic ascomycetes

DOI: 10.31857/S0026364823050082, **EDN:** YSCNPQ

The present report continues a series devoted to rare and interesting species of microfungi from various regions of Russia that cause rust, shoot deformations/decay or leaf spots (Zmitrovich et al., 2020a, 2020b; Dudka, Zmitrovich, 2020, 2021; Zmitrovich, 2023), and it focuses on the stromatic ascomycete *Diatrypella quercina*, a member of the *Diatrypaceae* family (Xylariales, Sordariomycetes). This saprotrophic fungus infests small twigs of *Quercus* (rarely *Castanea*) representatives, where it forms dark-colored stromata with deeply immersed perithecia and a long neck. Traverso (in Saccardo, Traverso, 1904) described *Cytosporina quercina* (modern name *Libertella quercina*) from branches of *Quercus* and *Castanea* in Italy, France, and Germany, and this taxon was later identified as *Diatrypella quercina* anamorph (Grove, 1937).

In the European part of Russia, the anamorph of this species has not been reported, whereas the teleomorph is found quite often on small dry branches of *Quercus robur*, although it has rarely been reported in the literature. The purpose of this report was to encompass research on this interesting pyrenomycete and provide its detailed morphological diagnosis, assessing the variability of macro- and microstructures.

Macroscopic photographs were taken using a Nikon D80 camera with an AF Micro Nikkor 60 mm lens. Micromorphological analysis of stromata was performed using a Zeiss AxioImager-A1 light microscope. Micropreparations were mounted in distilled water or a 5% KOH solution. The sizes of asci and ascospores were measured in 30 random replicates in water. The

variability of ascospores was assessed according to the methods proposed by Parmasto et al. (1987).

Diatrypella quercina (Pers.) Cooke, J. Bot. Lond. 4: 99, 1866. = *Sphaeria quercina* Pers., Neues Mag. Bot. 1: 82, 1794. = *Nemania quercina* (Pers.) Gray, Nat. Arr. Brit. Pl. 1: 517, 1821. = *Stromatosphaeria quercina* (Pers.) Grev., Fl. Edin.: 358, 1824. = *Diatrype quercina* (Pers.) Fr., Summa Veg. Scand.: 385, 1849. = *Capnodium quercinum* (Pers.) Berk. et Desm. in Berk., J. Royal Hortic. Soc. 4: 252, 1849. = *Coniotheciella quercina* (Pers.) Speg., Phys. Rev. Soc. Arg. Cienc. Nat. 4 (17): 295, 1918. = *Cytosporina quercina* Traverso, Boll. Soc. Bot. Ital., 1904: 213, 1904 (nomen anamorphosis). = *Libertella quercina* Grove, British Stem- and Leaf-Fungi (nomen anamorphosis) 2: 306, 364, 1937. — Fig. 1.

Exsicates: G. Linhart, Fungi hungarici, № 31 (178), 1883; G.L. Rabenhorst, Fungi europaei, № 635, 1887; F. Petrak, Flora Boemiae et Moraviae exsiccata, ser. 2, № 78, 1911; Ex Herbario Academiae Scientiarum Ucrainicae, 1923; J. Kochman, Mycotheca Polonica, Fasc. 14, № 338, 1962; L. Holm et S. Ryman, Fungi Exsiccati suecici, praesertim upsaliensis, № 551, 1992.

Stromata arranged in large numbers without a definite order, sometimes crowded and merging, sometimes quite far apart, black or dark brown, initially truncated-conical, more or less rounded or indistinctly three- or four-sided in outline, then cushion-shaped, convex or cut-flattened, initially surrounded by lobes of broken host periderm, then free, tan-colored inside, 1.5–4 mm diam., 0.8–1.5 mm high above the level of the cortex; the surface is rather rough due to slightly protruding stomata. The black line, continuing downwards and somewhat narrowed in the bark, extends inside the substrate and runs along the wood, merging with the “wall” of adjacent stromata.

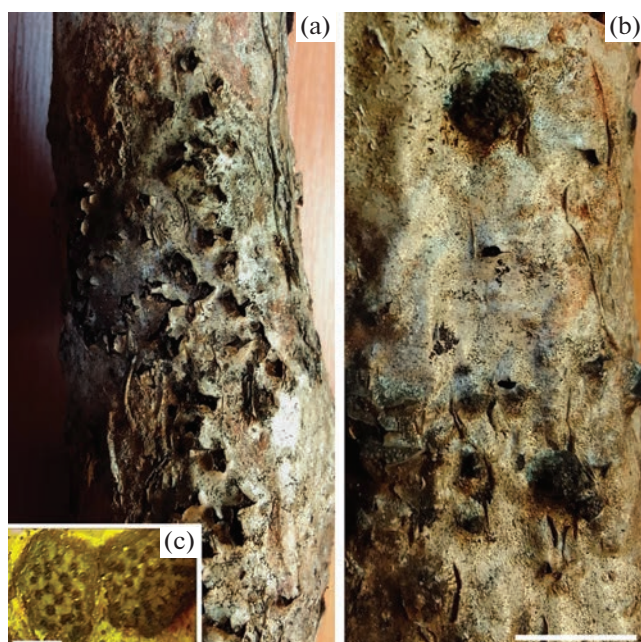


Fig. 1. *Diatrypella quercina* (LE 287712): ectostromata in periderm-covered areas of infested oak branch (a); individual ectostromata (b); ectostromata under 6× magnification. Scales: 5 mm (a, b); 1 mm (c).

Perithecia 6–24 per stroma, (350) 450–750 µm diam., globose-subovate, sometimes angular, with rather strongly protruding striated stomata. Perithetium neck 250–550 µm long and 100–180 µm thick, distinctly protruding, sometimes very distinctly three- or four-furrowed, sometimes almost smooth, black and shining. Peridium up to 30 µm thick, brown, of *textura oblita*, neck densely lined with periphyses. Interascal tissue consists of sparse thin-walled tapering paraphyses, often disappearing at maturity. Asci (60) 80–120 (spore-contained part) × (9) 10–14 (15) µm, club-shaped to narrowly fusiform, distinctly stalked (stalk 20–30 µm on average), apex rounded, thick-walled, with distinct small apical ring. Ascospores (7.0) 9.5–11.5 (12.0) × 1.9–3.0 µm, allantoid, with strongly refractive ends, light brown, smooth, thin-walled.

Saprotroph on dead branches of oak (*Quercus*) and chestnut (*Castanea*). Causes a white rot.

Anamorph: *Libertella quercina* Grove, British Stem- and Leaf-Fungi (Coelomycetes) 2: 306, 364, 1937. Conidiomata form as locules within a young stroma. Conidiogenous cells are sympodial, formed as branches of conidiophores, elongated and tapering. Conidia filiform, sickle-shaped, colorless.

Distribution: Europe (Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Hungary, the Netherlands, Norway, Poland, Russia, Slovakia, Sweden, Switzerland, United Kingdom, Ukraine); Asia (Japan); North America (USA); South America (Suriname); Australia (GBIF, 2023).

Russian material studied: Saratov City vic., on dry branches of *Quercus robur*, 13.05.1928, leg. et det. B. Karakulin (LE 121789). – Saratov Region, Saratovsky District, on fallen branches of *Q. robur*, sine data, det. E.S. Popov (LE 323566). – Mariy El Republic, on fallen branches of *Q. robur*, 03.07.1932, coll. et det. B.P. Vassilkov (LE 121783). –

Tambov Region, Saburovo, on fallen branches of *Q. robur*, 15.09.1928, leg. et det. N. Potebnya (LE 171323). – Tula oblast, Shchekino district, Plavskoe forestry, Kryukovskoe forestry (Selivanovskaya dacha), maple-linden oak forest, on fallen branches of *Q. robur*, 05.07.2015, leg. G.I. Zarudnaya, A.B. Shishlyannikova, det. I.V. Zmitrovich (LE 287710). – *ibid.*, Selivanovo, Park Dendrium “Krapivena Forestry Technical School”, on fallen branches of *Q. robur*, 08.07.2015, leg. A.B. Shishlyannikova, det. I.V. Zmitrovich (LE 287711). – Pskov Region, Loknyansky district, Bashovo vic., Verkhnyaya Doroga tract, on fallen branches of *Q. robur*, 12.08.1997, leg. et det. E.S. Popov (LE 222318). – *ibid.*, Bezhanitsky district, Chikhichevskoye, near the village of Polozovo, on fallen branches of *Q. robur*, 06.08.2019, leg. A.B. Shishlyannikova, det. I.V. Zmitrovich (LE 287712). – Leningrad Region, Kingisepp district, complex nature reserve “Oak forests near the Velkoto village”, on fallen branches of *Q. robur*, 23.08.2015, leg. G.I. Zarudnaya, A.B. Shishlyannikova, det. I.V. Zmitrovich (LE 287713). – St. Petersburg, Botanical Garden, on dry branches of *Q. robur* (ut *Q. pedunculata*), 08.1920, sine nom. leg. (LE 121788). – *ibid.*, 01.05.1920, leg. et det. A.S. Bondartsev (LE 121772, LE 121777). – St. Petersburg, Pushkin, Babolovsky Park, on fallen branches of *Q. robur*, 16.07.2017, leg. A.B. Shishlyannikova, det. I.V. Zmitrovich (LE 287714).

The species in question is found on small branches of oak and chestnut in Eastern Europe, mainly on *Quercus robur*, where it causes white soft rot (the lacase activity of representatives of the genus *Diatrypella* and its allies has been noted in the literature – Hyde et al., 2020). Wood in the advanced stages of decay becomes light, dry and white, and easily rumps when pressed. Inside the stroma, between the perithecia, amorphous products of lignin decomposition accumulate within the black line; its stomata breaks through and exfoliates the periderm. Older branches sometimes lose their entire periderm and ectostromata. In the last case, the fungus can be detected from the entostromata remnants.

The average sizes of ectostromata, established on the basis of the material available to us, are grouped around 2 mm (Table 1). Stromata are often crowded due to the fact that they are connected inside the wood by a common sclerotial plate, but the young initials of such colonies break through with separate stromata. The normal number of perithecia in one stroma is 6–12, but some confluent stromata can unite more than 20 perithecia (Fig. 1, c).

Being rather variable, the species can be confused with *Diatrypella pulvinata* Nitschke, which usually forms larger stromata and can also can grow on small branches of *Quercus robur*, but differs from this species in more pronounced cone-shaped and angular stromata. Microscopically, *Diatrypella quercina* is well distinguished by the lunate-allantoid ascospores, whereas the spores of *D. pulvinata* are weakly curved. Another species often seen on oak branches is *D. favacea* (Fr.) Ces. et De Not., whose stromata are also larger on average. Microscopically, this species differs from *D. quercina* in having cylindrical (vs pedunculate) asci and shorter ascospores not exceeding 10 µm in length.

Table 1. Morphological characterization of three oak-inhabiting *Diatrypella* species

Виды/признаки	<i>D. quercina</i>	<i>D. favacea</i>	<i>D. pulvinata</i>
Ectostromata diameter, mm	1.5–4 ± 0.5	3–10 ± 2.5	2–7 ± 1.5
Perithecia number per stroma	(3) 6–16 (24)	(6) 8–56 (60)	(6) 8–30 (36)
Ascus shape	clavate-pedunculate	subcylindrical	clavate-pedunculate
Ascus sizes, µm	(60)80–120 × (9) 10–14 (15) ± 1–3	60–190 × 9–12 ± 1–5	60–80 × 8–12 ± 1–3
Ascospore shape	allantoid	slightly curved	slightly curved
Ascospore sizes (l × w), µm	(7.0) 9.5–11.5 (12.0) × 1.9–3.0	6.5–8.7 (9.0) × 1.4–1.8	(6) 6.5–7 (7.5) × 1.3–1.7
Spore quotient (Qm)	4.8	4.8	4.5

Note. *All measurements were made in 30 random replicates.

Jackrogersella cohaerens (Pers.) L. Wendt, Kuhnert et M. Stadler growing on this substrate may also have a superficial resemblance to cushion-shaped forms of *Diatrypella quercina*, but the stromata of this fungus are not immersed and it is characterized by completely different microscopy (low-spored asci with large pigmented ascospores).

For a particularly long time, this species was considered in the genus *Diatrypella*, although already Ruhland (1900) and Wehmeyer (1926) proposed to consider it, following by Fries (Fries, 1849), in the genus *Diatrype*, which was recently supported by molecular data (Carpouron et al., 2021).

In Russia, the records of this species are known only from its European part (Popov et al., 2007, 2008, 2013; Hüseyin et al., 2016; Mitrofanova, 2018; Sidelnikova

et al., 2018) (Table 2). The find of *D. quercina* in the Russian Far East (Koval, 1972) was later reidentified as *D. pulvinata* (Vasilyeva, 1998). In Ukraine, this species was reported for all regions (Smitskaya et al., 1986), which correlates well with the confinement of *D. quercina* to the optimum range of *Quercus robur*. We associate the finds in Japan, Suriname and Australia (GBIF, 2023) with the introduction of alien trees and shrubs that carried the propagules of alien fungal species.

Summarizing the available material on *Diatrypella quercina*, it should be noted that this is basically a species of European – North American distribution with an optimum range in the nemoral zone. Following the *Quercus robur*, this pyrenomycete irradiates in the southern taiga regions of Eastern Europe. At the same time, some collections from taiga regions should be revised for differentiation with similar *Diatrypella favacea* and *D. pulvinata*.

The work was partially carried out within the framework of the State Task of the Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences “Herbarium collections of BIN RAS (history, preservation, study and replenishment)”, № 122011900032-7.

Table 2. Data on distribution of *Diatrypella quercina* in Russia

Источник	Регион
Leningrad Region	LE 287713, Popov et al. (2007)
Mariy El Republic	LE 121783
Pskov Region	LE 222318, LE 287712, Popov et al. (2008, 2013)
Saint Petersburg	LE 121772, LE 121777, LE 121788, 287714, Sidelnikova et al. (2018)
Saratov City	LE 121789
Saratov Region	LE 323566
Tambov Region	LE 171323
Tula Region	LE 287710
Ulyanovsk Region	Huseyin et al. (2016); Mitrofanova (2018)

REFERENCES

Carpouron J.E., Wijesinghe S.N., Shang Q.J. et al. *Diatrypella macrospora*, a new host and geographical record from Forlì-Cesena, Italy. Stud. Fungi. 2021. V. 6 (18). <https://doi.org/10.5943/sif/6/1/18>

Dudka V.A., Zmitrovich I.V. Micromycetes Rossicae: Chorological and taxonomical notes. 3. *Exobasidium sundstroemii* (*Exobasidiales*, *Basidiomycota*) – new find for Leningrad Region. Mikologiya i fitopatologiya. 2020. V. 54. № 6. P. 460–464. <https://doi.org/10.31857/S0026364820060069>

Dudka V.A., Zmitrovich I.V. Micromycetes Rossicae: chorological and taxonomical notes. 4. *Sphacelotheca hydro-piperis* and *Microbotryum cordae* (*Pucciniomycotina*, *Mi-*

- crobotryomycetes*), two difficult to detection *Persicaria*-associated micromycetes, new for Volgograd Region (Russia). Mikologiya i fitopatologiya. 2021. V. 55. № 6. P. 453–456.
https://doi.org/10.31857/S0026364821060076
- Fries E.M. Summa vegetabilium Scandinaviae, seu enumeratio systematica et critica plantarum quum cotyledoniarum, tum nemearum inter mare occidentale et album, eidorum et nordkap, hactenus lectarum, indicata simul distributione geographica. Typographia Academica, Uppsala, 1849.
- GBIF Occurrence Download. 2023. https://www.gbif.org/species/9027329. Accessed 25.04.2023.
- Grove W.B. British stem- and leaf-fungi (*Coelomycetes*) a contribution to our knowledge of the Fungi Imperfecti belonging to the *Sphaeropsidales* and the *Melanconiales*. V. 2. *Sphaeropsidiales* comprising *Sphaerioideae*, with coloured spores; *Nectrioideae*, *Excipulaceae* and *Leptostromataceae*; and *Melanconiales*. Univ. Press, Cambridge, 1937.
- Hüseyin E.S., Selçuk F., Churakov B.P. et al. Microfungi on forest trees and shrubs of Duzce Province (Turkey) and Ulyanovsk Region (Russia). Mikologiya i fitopatologiya. 2016. V. 50 (1). P. 35–42 (in Russ.).
- Hyde K.D., Norphanphoun C., Maharachchikumbura S.S.N. et al. Refined families of *Sordariomycetes*. Mycosphere. 2020. V. 11 (1). P. 305–1059.
https://doi.org/10.5943/mycosphere/11/1/7
- Koval E.Z. Mycoflora of the Kedrovaya Pad Reserve. In: Flora and vegetation of the Kedrovaya Pad Reserve. Vladivostok, 1972, pp. 105–144 (in Russ.).
- Mitrofanova N.A. Forest phytopathology: guidelines for bachelors in the direction 35.03.01 (Forest management). Ulyanovsk, 2018 (in Russ.).
- Parmasto E., Parmasto I., Möls T. Variation of basidiospores in the *Hymenomycetes* and its significance to their taxonomy. Bibliotheca Mycol. 1987. V. 115. P. 1–168.
- Popov E.S., Morozova O.V., Kotkova V.M. et al. Preliminary list of fungi and myxomycetes of Leningrad region. Treeart LLC, SPb., 2007.
- Popov E.S., Shabunin D.A., Melnik V.A. Materials for the study of mycobiota of the Novgorod and Pskov regions. III. Pyrenocarpous ascomycetes. Mikologiya i fitopatologiya. 2008. V. 42 (2). P. 137–151 (in Russ.).
- Popov E.S., Kovalenko A.E., Gapienko O.S. et al. Mycobiota of the Belorussian-Valdai Lakeland / A.E. Kovalenko (ed.). KMK Ltd., Moscow, SPb., 2013 (in Russ.).
- Ruhland W. Untersuchungen zu einer Morphologie der stromabildenden *Sphaeriales*. Hedwigia. 1900. V. 39. P. 1–79.
- Saccardo P.A., Traverso G.B. Micromiceti italiani nuovi o interessanti. Nota DI. Boll. Soc. Bot. Ital. 1904. V. Anno 1904. P. 213.
- Sidelnikova M.V., Tobias A.V., Vlasov D.Yu. Ascomycetous fungi (teleomorphs) on trees and shrubs in suburban parks of Saint Petersburg. Mikologiya i fitopatologiya. 2018. V. 52 (4). P. 259–266 (in Russ.).
https://doi.org/10.1134/S002411481804006X
- Smitskaya M.F., Smyk L.V., Merezhko T.A. Key to pyrenomycetes of the Ukrainian SSR. Naukova Dumka, Kiev, 1986 (in Russ.).
- Vasilyeva L.N. Lower plants, fungi and bryophytes of the Russian Far East. Fungi; V. 4. *Pyrenomycetes* and *Loculoascomycetes*. Nauka, SPb., 1998 (in Russ.).
- Wehmeyer L.E. A biologic and phylogenetic study of the stromatic *Sphaeriales*. Amer. J. Bot. 1926. V. 13. P. 574–645.
- Zmitrovich I.V., Dudka V.A., Shevchuk S.V. Micromycetes Rossicae: Chorological and taxonomical notes. 1. *Chrysomyxa succinea* (*Pucciniales*, *Basidiomycota*) – new find for Saint Petersburg, European Russia. Mikologiya i fitopatologiya. 2020. V. 54 (4). P. 305–308.
https://doi.org/10.31857/S0026364820040133
- Zmitrovich I.V., Dudka V.A. Micromycetes Rossicae: Chorological and taxonomical notes. 2. *Melampsora arctica* (*Pucciniales*, *Basidiomycota*) – urediniospore variability in specimens from European and Siberian Arctic. Mikologiya i fitopatologiya. 2020. V. 54 (5). P. 384–388.
https://doi.org/10.31857/S0026364820050128
- Васильева Л.Н. (Vasilyeva) Низшие растения, грибы и мохообразные Дальнего Востока России. Грибы; Т. 4. Пиреномицеты и локулоаскомицеты. СПб.: Наука, 1998. 419 с.
- Коваль Э.З. (Koval) Микофлора заповідника “Кедрова Падь” // Флора і рослинність заповідника Кедрова Падь. Владивосток, 1972. С. 105–144.
- Митрофанова Н.А. (Mitrofanova) Лесная фитопатология: методические указания для самостоятельной работы бакалавров направления подготовки 35.03.01 Лесное дело. Ульяновск: УлГУ, 2018. 32 с.
- Попов Е.С., Коваленко А.Е., Гапиенко О.С. и др. (Popov et al.) Микобиота Белорусско-Валдайского поозерья / А.Е. Коваленко (отв. ред.). М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. 399 с.
- Попов Е.С., Шабунин Д.А., Мельник В.А. (Popov et al.) Материалы к изучению микобиоты Новгородской и Псковской областей. III. Пиренокарпные аскомицеты // Микология и фитопатология. 2008. Т. 42. № 2. С. 137–151.
- Сидельникова М.В., Тобиас А.В., Власов Д.Ю. (Sidelnikova et al.) Сумчатые грибы (телеоморфы) на древесно-кустарниковых растениях в пригородных парках Санкт-Петербурга // Микология и фитопатология. 2018. Т. 52. № 4. С. 259–266.
- Смицкая М.Ф., Смык Л.В., Мережко Т.А. (Smitskaya et al.) Определитель пиреномицетов УССР. Киев: Наукова Думка, 1986. 364 с.
- Хусейн Э.С., Сельчук Ф., Чураков Б.П. и др. (Hüseyin et al.) Микромицеты деревьев и кустарников лесов провинции Дюздже (Турция) и Ульяновской области (Россия) // Микология и фитопатология. 2016. Т. 50. № 1. С. 35–42.

Микромицеты России: географические и таксономические заметки.**6. *Diatrypella quercina* (Xylariales, Ascomycota) в России****А. Б. Шишлянникова^{a, #}, И. В. Змитрович^{b, ##}, Г. И. Зарудная^{a, ###}**^aСанкт-Петербургский лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия^bБотанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия[#]e-mail: arborshi@mail.ru^{##}e-mail: iv_zmitrovich@mail.ru^{###}e-mail: olsmol@yandex.ru

Сообщение продолжает серию по редким и интересным видам микромицетов и посвящено строматическому аскомицету *Diatrypella quercina* (Xylariales, Ascomycota) — сапротрофу, ассоциированному с изреживанием крон *Quercus robur*. Приведено расширенное морфологическое описание данного вида, проанализированы его сходства и различия с близкими видами *Diatrypella favacea* и *D. pulvinata*. Проанализированы данные о глобальном и региональном распространении этого не очень широко распространенного таксона, приведен список изученных экзикатов и гербарная документация. Сделано предположение об оптимум-ареале *D. quercina*, соответствующем неморальной зоне.

Ключевые слова: изменчивость аскоспор, строматические аскомицеты, *Diatrypaceae*, *Quercus robur*