



МИКОЛОГИЯ И ФИТОПАТОЛОГИЯ



СОДЕРЖАНИЕ

Том 58, номер 5, 2024

ОБЗОРЫ И ДИСКУССИИ

Токсигенные грибы на зерновых культурах в России

М. М. Левитин

341

К уточнению списка охраняемых видов грибов (*Basidiomycota*)
Приморского края Российской Федерации

Е. А. Ерофеева, Н. В. Бухарова, Ю. А. Ребриев

348

БИОРАЗНООБРАЗИЕ, СИСТЕМАТИКА, ЭКОЛОГИЯ

Новые сведения о базидиальных макромицетах заповедника “Бастак”
(Еврейская АО, Россия)

Н. В. Бухарова, Е. А. Ерофеева

356

Новые находки афиллофороидных грибов на территории государственного
природного заповедника “Калужские засеки” (Калужская область, Россия)

С. В. Волобуев

362

Обзор и таксономия *Phragmidium mucronatum* (*Pucciniales*) и родственных видов,
обитающих на розах в европейской части России

В. Ф. Малышева, В. А. Дудка, Е. Ф. Малышева, А. И. Капелян

368

Новые для регионов Российского Дальнего Востока виды макромицетов. 5

*Ю. А. Ребриев, А. Г. Ширяев, Н. А. Кочунова, Н. А. Сазанова, Е. А. Ерофеева,
Н. В. Бухарова, В. И. Капитонов, А. В. Богачева, Ю. В. Бочкарева, Е. А. Звягина, Е. Ф. Малышева*

381

Pleurotus abieticola (*Agaricales, Basidiomycota*) как пионерный ксилосапротроф, ассоциированный
с очагами усыхания ельников, вызванного короедом-типографом

Д. А. Шабунин, И. В. Змитрович

391

ФИЗИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ, БИОТЕХНОЛОГИЯ

Углеродно-кислородный газообмен грибов бурой и белой гнили —
деструкторов хвойного дебриса

Д. К. Диярова, Е. В. Жуйкова, В. А. Мухин

400

ХРОНИКА

Памяти Маргариты Аполлинарьевны Бондарцевой (1935–2024)

409

Contents

Vol. 58, No. 5, 2024

REVIEWS AND DISCUSSIONS

Toxigenic fungi on cereal crops in Russia

M. M. Levitin

341

To the updated list of protected species of fungi (*Basidiomycota*)
of Primorskiy Krai of Russian Federation

E. A. Erofeeva, N. V. Bukharova, Yu. A. Rebriev

348

BIODIVERSITY, TAXONOMY, ECOLOGY

New data on basidiomycetous macrofungi of the Bastak State Nature Reserve
(Jewish Autonomous Region, Russia)

N. V. Bukharova, E. A. Erofeeva

356

New findings of aphyllorphoroid fungi from the Kaluzhskie Zaseki State Nature Reserve
(Kaluga Region, Russia)

S. V. Volobuev

362

A survey and outline taxonomy of the *Phragmidium mucronatum* (*Pucciniales*)
and related species inhabiting roses in the European part of Russia

V. F. Malysheva, V. A. Dudka, E. F. Malysheva, A. I. Kapelyan

368

New species of macromycetes for regions of the Russian Far East. 5

*Yu. A. Rebriev, A. G. Shiryayev, N. A. Kochunova, N. A. Sazanova, E. A. Erofeeva,
N. V. Bukharova, V. I. Kapitonov, A. V. Bogacheva, I. V. Bochkareva, E. A. Zvyagina, E. F. Malysheva*

381

Pleurotus abieticola (*Agaricales, Basidiomycota*) as a pioneer xylosaprotroph associated
with spruce sites dieback caused by *Ips typographus*

D. A. Shabunin, I. V. Zmitrovich

391

PHYSIOLOGY, BIOCHEMISTRY, BIOTECHNOLOGY

CO₂ and O₂ gas exchange of brown and white rot fungi – destructors of coniferous debris

D. K. Diyarova, E. V. Zhuykova, V. A. Mukhin

400

CHRONICLE

In Memoriam. Margarita Apollinaryevna Bondartseva (1935–2024)

409

TOXIGENIC FUNGI ON CEREAL CROPS IN RUSSIA

© 2024. M. M. Levitin^{1,*}

¹ Presidium of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

*e-mail: mark_levitin@mail.ru

Received 28 November, 2023; revised 20 May, 2024; accepted 06 June, 2024

Toxigenic fungi are pathogenic microorganisms that produce mycotoxins and cause mycoses and mycotoxicoses. According to FAO, 25% of the world's grain production is contaminated with mycotoxins. In developing countries, up to 36% of all diseases are directly or indirectly related to fungal mycotoxins. The review considers the situation with infestation of grain crops in different regions of Russia by toxigenic fungi of the genera *Claviceps*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus* and *Penicillium* and accumulation of mycotoxins dangerous for humans and animals. *Claviceps* fungi are widespread on cereals, especially harmful on rye. They contain toxic alkaloids with nerve agent action. The toxins produced by *Fusarium* are harmful to human and animal health. Different *Fusarium* species can produce a wide range of mycotoxins. Fungi of the genus *Alternaria* are widely distributed on agricultural crops. Diseases caused by *Alternaria* affect usually the grain of all cereals. The main danger of grain contamination by *Alternaria* species is the presence of secondary metabolites toxic to plants, animals and humans in agricultural products. Fungi of the genus *Aspergillus* affect grain of wheat, barley, corn and other crops. Species of the genus *Aspergillus* produce toxins harmful to humans and animals. They have carcinogenic, mutagenic, teratogenic and immunosuppressive properties. Fungi of the genus *Penicillium* mainly cause seed mold. Seed mold causes reduced germination and often seed death. Fungi of the genus *Penicillium* produce a large number of mycotoxins. They have nephrotoxic, carcinogenic and mutagenic properties. Disease development and mycotoxin production are influenced by climatic conditions.

Keywords: fungal species, mycotoxicoses, mycotoxins, monitoring of fungi, toxigenic fungi

DOI: 10.31857/S0026364824050017, **EDN:** updmgc

INTRODUCTION

Toxigenic fungi and mycotoxins began to be studied in Russia in the 30–40s of the last century. The term mycotoxicosis was first introduced into scientific literature by Prof. A.H. Sarkisov. This term was understood as alimentary diseases of non-infectious nature, in which the reproduction of microbe in the organism was not established. Mycotoxicosis occurred under the influence of toxic products released by the fungal cell. Fungal infections of cereal crops caused by toxigenic fungi cause huge economic losses in agricultural industries (Levitin, 2004).

Toxigenic fungi are studied in many countries (Logrieco, Visconti, 2004). A number of review articles have been devoted to this problem (Fulgueira, Borghi, 2000; Pitt, 2000; Kononenko et al., 2021; Alkuwari et al., 2022). In this review we tried to highlight the situation with toxigenic fungi on grain crops in Russia.

Occurrence of toxigenic *Claviceps purpurea* on cereals

Claviceps purpurea fungus causes ergot of cereals. Large-scale development of ergot was first noted only during the Second World War and post-war years. Currently, this disease is widespread everywhere, but to a greater extent in the Northwestern region and central areas of the Non-Black Earth zone. Affection of production crops of winter rye in Kirov Region averaged from 0.02 to 1.7% depended on varieties, in 2017, the spread of the disease in some fields reached 5%. The level of ergot damage depends more on the number and size of sclerotia in the ear than on its distribution in the crop (Shchekleina, Sheshegova, 2018).

The disease is generally considered a disease of rye, but it is also found on wheat, triticale, barley, oats, millet and other grains. When infected by the fungus, black and purple sclerotia form in the ear of the plant contained ergoalkaloids that are toxic to humans and animals. Sclerotia-contaminated flour products can cause epileptic convulsions in humans.

Among the alkaloids, ergotamine is the best known, which has a strong nerve agent. Ergot alkaloids affect the nervous, circulatory, reproductive and immune systems, leading to increased or decreased blood pressure, muscle contractions, decreased fertility, reduced immune response, hallucinations and dry gangrene of the gastrointestinal tract and extremities. Eating bread made from rye or wheat contaminated with spores of the fungus causes poisoning in humans, sometimes to epidemic proportions (Sarkisov, 2000).

Occurrence of toxigenic *Fusarium* species on grain crops

It is known that *Fusarium* species cause considerable damage of cereal. Invasion of the kernel by *Fusarium* destroys the starch granules, storage proteins and cell walls, resulting in a poor quality products. As a result a *Fusarium* epidemic can decrease yield to up to 30%. Various *Fusarium* species are capable of producing mycotoxins in crops, which cause severe poisoning, damage blood-forming organs and immunity, and decrease productivity in animals.

The first information about the toxigenicity of fungi of the genus *Fusarium* became known during the Second World War as a result of an expedition led by A.H. Sarkisov to Altai. The expedition was aimed at deciphering the cause of a deadly and widespread disease of humans and animals. The causative agents of the disease turned out to be toxin-forming species of the genus *Fusarium* (Sarkisov, 1954).

In the last 10–15 years *Fusarium* head blight (FHB) of cereals has been very widely spread in Russia. Only in the Krasnodar Region (North Caucasus) there were three large epidemics of FHB. The loss of wheat crop reached 25–50% and the contamination of cereal grains by mycotoxins increased more than 25 times (Levitin et al., 1994). In 25–80% of wheat samples the concentration of deoxynivalenol (DON) exceeded the permissible level. During 1989–1992 on average about 23% samples of cereals (wheat, barley, rye) in Russia were contaminated by DON. Amongst them, 9% of samples contained DON in concentrations exceeding the permissible level. In 0.4% of samples of bread and groats products concentrations of mycotoxins exceeded hygienic standards (Tutelyan, 1995). During 1989–1992 on average about 23% samples of cereals (wheat, barley, rye) in Russia were contaminated by DON. Amongst them, 9% of samples contained DON in concentrations exceeding the permissible level.

Different *Fusarium* species can produce a wide range of secondary metabolites. Strains of *Fusarium graminearum*, *F. culmorum*, and *F. roseum* are known to produce trichothecene mycotoxins of group B and belong to two chemotypes differing in their ability to produce deoxynivalenol (DON) or nivalenol (NIV). Deoxynivalenol can be produced by *F. graminearum*, *F. crookwellense*, and *F. culmorum*

(Logrieco et al., 2003). These species and additionally *F. equiseti* and some strains of *F. oxysporum* are also zearalenol (ZON)-producers. Fumonisin (FUM) are produced by the typical maize pathogens *F. fujikuroi*, *F. proliferatum*, and *F. oxysporum*. The European Commission passed threshold values for DON, ZON and FUM in unprocessed cereals and food. *F. roseum*, *F. graminearum*, and *F. culmorum* share a gene cluster responsible for the biosynthesis of trichothecene mycotoxins. The toxins produced by these fungi are harmful to human and animal health (Chandler et al., 2003).

It is known that mycotoxins of fungi of the genus *Fusarium* (deoxynivalenol, nivalenol, T-2 toxin, diacetoxyscirpenol), in addition to affecting the gastrointestinal tract, cardiovascular and nervous systems, have mutagenic effects, induce chromosomal rearrangements, affect protein biosynthesis. Some species, such as *F. verticillioides* and *F. proliferatum* have hepatotoxic, nephrotoxic, neurotoxic and carcinogenic effects. The species *F. avenaceum* produces mycotoxins moniliformin and fusarin C. The first is an immunosuppressor, suppresses protein biosynthesis, and causes pathological changes in cardiac muscle. The second one has a carcinogenic and mutagenic effect on cells of warm-blooded organisms. Fusariotoxins are very persistent, not destroyed by boiling and cooking food products (Kononenko, Burkin, 2003).

The problem of cereal grain contamination by mycotoxins is very important and actual for Russia. The content of mycotoxins in grain crops may vary in different regions of Russia. In our researches significant differences in toxin production between populations of *F. graminearum* from North Caucasus and the Far East were observed. The number of isolates producing DON and ZON in concentration 1.0 and 0.3 mg/g respectively in the North Caucasus population was 3 times higher than in the Far East population. The strains of *F. sporotrichioides* isolated from infected cereal grain in Siberia produced the T-2 toxin at a very high concentration (3000 mg/kg), while the European strains synthesised this toxin at a level of 100–300 mg/kg (Gagkaeva, Levitin, 1997).

The ability of fungal isolates, selected in the same region, to produce mycotoxins can vary widely. For example, *F. culmorum* isolates, selected from wheat seeds in the Moscow district (Central Russia) produced DON in amounts of 1.9–1850.0 mg/kg. Some of them can also produce other mycotoxins: 3-acetyl-deoxynivalenol (3AcDON) at levels of 1.8–21.9 mg/kg and moniliformin (MON) at levels of 0.7–3.7 mg/kg. Some isolates of *F. equiseti* produced toxin fusarochromanone at levels of 13.0–527.9 mg/kg. Isolates of *F. avenaceum* produced only MON at levels of 2.9–9.0 mg/kg. Eighty two percent of the *F. avenaceum* isolates from fusariosis grain produced MON at levels of 191.1 mg/kg, some of them produced butenolide

5-actamido-2(5H)-furanone simultaneously. The isolates of *F. culmorum* from infected grain produced DON at an average level of 24.5 mg/kg. Moreover, some isolates also produced 3AcDON at levels of 250.5 mg/kg (Kononenko et al., 1999).

The mycotoxin contamination of cereal grain in Asian part of Russia was studied in the laboratory of mycotoxicology in All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology during 1995–2002. Among 1545 of samples 537 (34.8%) were contaminated by Fusarium toxins. The frequency of T-2 toxin detection was 69.4% in Ural district, 86.9% – in West Siberia, 29.6% – in Far East. The average concentration of T-2 toxin in grain was 10–100 µ/kg in Asian part of Russia. In 24 samples (5.4%) mainly from Far East concentration of T-2 toxin exceeded the permissible level (110.0–625.5 µ/kg). In Far East besides T-2 toxin in wheat samples the group including 8-oxotrichotecene (4 deoxynivalenol and its analogies) and zearalenone (ZEA) was detected. In 2001 the quantity of grain samples contaminated by 8-oxotrichotecene and zearalenone (ZEA) was 52.9%; in 2002–90.7%. 23.5% of the contaminated samples contained 8-oxotrichotecene in concentration 1000 µ/kg, indicating a difficult mycotoxicological situation in this region of Russia. The monitoring for Fusarium species composition was also carried out in the Ural (Pirayeva, 2001). The infection of cereal seeds was 3.5%; the barley and oats seeds were infected very strongly. From infected seed samples 11 *Fusarium* species were isolated. *F. poae* and *F. avenaceum* were dominant species (Kononenko, Burkin, 2003).

In the laboratory of Mycology and Phytopathology of All-Russian institute of Plant Protection analysis of the species composition of fungi of the genus *Fusarium* and their mycotoxins in the Asian part of Russia revealed 16 species, of which *F. sporotrichioides*, *F. avenaceum*, *F. poae*, and *F. anguioides* were predominant. Toxins have been detected: deoxynivalenol, fumonisins, T-2 and HT-2 toxins, nivalenol, moniliformin, and beauvericin (Gavrilova et al., 2023).

Thus, the studies have established a very high variability of *Fusarium* species in Russia and a wide spread of contamination of grain crops with mycotoxins. Similar studies are necessary to assess the pathogenic and toxigenic potential of *Fusarium* species in different geographical zones of Russia.

Occurrence of toxigenic *Alternaria* species on cereals

Fungi of the genus *Alternaria* are widely distributed on agricultural crops. Diseases caused by *Alternaria* affect usually the grain all cereals. The samples from different regions of Russia were characterized by high degree of infection caused by *Alternaria* fungi. The degree of seed infection by *Alternaria* was an average 10%. During germination of

wheat seeds diseased with *Alternaria*, deformation of the seedling, appearance of gray spider mycelium, darkening of the root neck and stem base are observed. Seed infestation can occur during plant development, resulting in the symptom of black seed germ. Flour obtained from grain affected by black germ has black flecks, which significantly reduces its value in the production of bread and pasta products (Gannibal, 2008).

Grain infected with *Alternaria* species may contain the secondary metabolites Alternariol, Alternariol monomethyl ester and tenuazonic acid (Gannibal, 2007). They pose a danger to humans and animals. Russia, both highly toxigenic *Alternaria alternata* and *A. tenuissima* and non-toxic species *A. infectoria* are found in grain, and their ratio in different regions can vary greatly. Species *A. tenuissima*, *A. alternata*, *A. arborescens* affect seeds (including grain), vegetables, fruits, nuts and produce alternaria, altertoxin, tentoxin, tenuazonic acid. Analysis of wheat, barley and oat grain from seven regions of Russia showed extensive distribution and high levels of mycotoxin *Alternaria* in grain (Kononenko, Burkin, Zotova, 2020). Analysis of wheat, barley and oat grain samples obtained from the Ural and West Siberian regions of Russia in 2017–2019 showed high contamination with *Alternaria* species and the presence of four mycotoxins – alternariol (AOH), *Alternaria* monomethyl ester (AME), tentoxin (TEN), and tenuazonic acid (TeA) (Orina et al., 2021).

In medical terms, fungi of the genus *Alternaria* are considered primarily as fungi that cause allergic reactions in humans. However, fungi of the genus *Alternaria* are also known to frequently cause fungal lesions of the maxillary sinuses. They are the causative agents of nail and skin infections in humans and also cause abscesses on the cornea of the eye.

Occurrence of toxigenic *Aspergillus* and *Penicillium* species on cereals

Fungi of the genus *Aspergillus* affect grain of wheat, barley, corn and other crops. In the field, species of this genus develop during ripening and harvesting at high air humidity and on weakened plants. Affected grain becomes unsuitable for use in the food industry and for animal feed. *Aspergillus* colonies are found on a variety of products, mainly of plant origin. Grain damaged by insects is particularly susceptible to aspergillus infestation and increased concentration of mycotoxins (Medina et al., 2014; Monastyrsky, 2014). As a result of mycotoxin contamination of grain, the annual global economic damage reaches 16 billion dollars (Afonyushkin et al., 2005). In recent years, the amount of grain contaminated with mycotoxins has increased tenfold in Russia (Dzhavakhia et al., 2017).

Species of the genus *Aspergillus* produce aflatoxins, ochratoxin A, patulin, citrinin. Mycotoxins are particularly

dangerous for humans and animals. Aflatoxins have hepatotropic ability, with the liver being severely intoxicated. In addition, they have carcinogenic, mutagenic, teratogenic and immunosuppressive properties. The well-known disease aspergillosis is an opportunistic infection that usually affects the lower respiratory tract (Pfliegler et al., 2020).

The most dangerous species for humans and animals are: *Aspergillus fumigatus*, *A. terreus*, *A. niger*, *A. parasiticus*, and *A. flavus*. The species *A. fumigatus* is the cause of invasive pulmonary disease, *A. terreus* produces aflatoxin G2, causing acute renal failure, *A. niger* often cause otomycosis, *A. flavus* most often causes invasive extrapulmonary infection. According to foreign researchers, fungi of the genus *Aspergillus* were isolated in 72 recipients of hematopoietic stem cells, including species of *A. fumigatus* (56%), *A. flavus* (19%), *A. terreus* (16%), *A. niger* (8%), and *A. versicolor* (1%) (<https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7716>).

In practice, it is not uncommon for seeds with high viability to have low germination rates. Biological analysis revealed that these seeds were heavily infected with *Penicillium*. Fungi of the genus *Penicillium* are widespread. Species of *Penicillium viridicatum*, *P. verrucosum*, *P. citrinum*, *P. digitatum*, etc. may occur on grain. They mainly cause seed mold. Seed molding leads to reduced germination and often to seed death. Especially often seed molding occurs at high humidity in closed damp rooms and warehouses. Fungi of the genus *Penicillium* produce a large number of mycotoxins. These include citrinin, patulin, rubratoxin, citreoviridin, ochratoxin, rugulosin, islandin and others. Some species such as *P. roqueforti*, *P. brevicompactum*, and *P. chrysogenum* produce PR-toxin and mycophenolic acid (Kononenko et al., 2021). Toxins of *P. citrinum* and *P. digitatum* possess pronounced hepatotoxicity, whereas toxin of *P. patulum* patulin possesses carcinogenic and mutagenic properties. Toxins of *P. citrinum* and *P. digitatum* possess pronounced hepatotoxicity. The most toxic are ochratoxins. They primarily affect the kidneys. Nephrotoxic effect is manifested in the development of toxic nephropathy, have teratogenic, embryotoxic, carcinogenic effect.

Toxigenic fungi and mycotoxins in a climate change

The climate of our planet has been changing rapidly. The changes of climate can undoubtedly affect the spread and development of plant diseases and their relationship with the host. Climate represents the key factor in driving the fungal community structure and mycotoxin contamination levels pre- and post-harvest. Thus, there is significant interest in understanding the impact of interacting climate change-related abiotic factors (Perrone et al., 2020).

In Russia, from 1990 to 2000, the air temperature has increased by 0.4°C. Global warming manifests itself throughout Russia, but the Northwest Russia and Siberia. Over the past 10 years, the specialists of the Mycology and Phytopathology Laboratory, of All-Russian Research Institute of Plant Protection, having monitored the spread of cereal crop diseases in the Northwest Russia, identified some new diseases in the region. In the late 1980s and early 1990s, the heaviest wheat ear *Fusarium* epiphytoty broke out in the North Caucasus. *Fusarium graminearum* was the main pathogen. Since 2003, *F. graminearum* has been encountered in the Northwest Russia (Gavrilova, Gagkaeva, 2010). An average number of *Fusarium*-infected samples in the Northwest Region made 93.3% in 2007 and 87.3% in 2008. Disease distribution in the northern areas of the country is well explained by global warming and changes in air composition. It is evidenced by the articles of our colleagues from the Nordic countries. In recent years, *F. graminearum* has become the dominant species in cereals in the Netherlands (Waalwijk et al., 2003), England (Jennings et al., 2004), Northern Germany (Miedaner et al., 2008) and Finland (Yli-Mattila, Gagkaeva, 2010). Climate change is expected to change the species composition of *Fusarium* in northern Europe by 2050 (Parikka et al., 2012). And already in 2019, a typical southern species, *F. verticillioides* was discovered on winter wheat in southwestern Finland (Gagkaeva, Yli-Mattila, 2020).

A change of air temperature can actually change the dominant species. The situation in Northern Italy (Magan et al., 2011) can serve as an example. In this region, *F. verticillioides* prevailed in maize. The optimum growth factor of this species is the temperature of 25–30°C. In 2003–2004, the summer was hot and dry. *Aspergillus flavus* which is tolerant to the temperature of 35°C, has become the dominant species.

CONCLUSION

In recent years, mycotoxin contamination of grain has increased more than 25 times (Levitin, Dzhavakhia, 2020). In 25–80% of wheat samples the concentration of deoxynivalenol (DON) exceeded the permissible level. On average for 1989–1992 in Russia, about 23% of samples of cereal crops (wheat, barley, rye) were contaminated with the mycotoxin deoxynivalenol (DON). Of these, 9% of samples contained DON in concentrations exceeding the permissible level. Mycotoxin concentrations in 0.4% of bread and cereal samples exceeded hygienic standards. The problem of cereal grain contamination by mycotoxins is very important and actual for Russia. Mycotoxicological studies have shown that 43 to 48% of grain samples contain mycotoxins in amounts exceeding the minimum permissible level, and 32% are contaminated with two or more toxins (Soldatenko et al., 2020). The authors of these studies

summarized some suggestions for predicting and preventing mycotoxin-related risks, as well as future perspectives and research needs to better understand the effects of climate change scenarios. Same mycotoxin can be produced by different fungi and the same fungus can produce different mycotoxins. A large number of toxigenic *Fusarium* species have been isolated from blood, cerebrospinal fluid, leg wounds, abdominal cavity, brain and lungs of sick people (Sugiura et al., 1999). Mycotoxins in animal feed are a serious concern. Generalization of the results demonstrated domination of fusarium toxins in the contamination of all types of feed grains and increased occurrence of T-2 toxin and ochratoxin A in barley. The maize grains demonstrated the whole complex of the tested fusarium toxins with the prevalence of T-2 toxin, deoxynivalenol, zearalenone and fumonisins (Kononenko et al., 2020).

Toxigenic fungi are actively studied in the Laboratory of Mycology and Phytopathology of the All-Russian Research Institute of Plant Protection (St. Petersburg) and in the Laboratory of Mycotoxicology of the All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Moscow). Similar studies are needed to assess the pathogenic and toxigenic potential of fungi in different geographical zones of Russia.

REFERENCES

- Alkuwari A., Ul Hassan Z., Zeidan R. et al. Occurrence of mycotoxins and toxigenic fungi in cereals and application of yeast volatiles for their biological control. *Toxins*. 2022. V. 4 (6). P. 404.
<https://doi.org/10.3390/toxins14060404>
- Afonyushkin V.N., Leonov C.B., Gorodov B.C. et al. Mycotoxins: significance, diagnosis, control. *Arch. Veterinary Sci.* 2005. V. 6 (53). P. 27–34. (In Russ.).
- Chandler E.A., Simpson D.R., Thomsett M.A. et al. Development of PCR assays to Tri7 and Tri13 trichothecene biosynthetic genes, and characterization of chemotypes of *Fusarium*. *Physiol. Molec. Plant Pathol.* 2003. V. 62 (6). P. 355–367.
[https://doi.org/10.1016/S0885-5765\(03\)00092-4](https://doi.org/10.1016/S0885-5765(03)00092-4)
- Dzhavakhia V.G., Statsyuk N.V., Shcherbakova L.A. et al. Aflatoxins: inhibition of biosynthesis, prevention of contamination and decontamination of agricultural products: a monograph. Moscow, 2017. (In Russ.).
- Fulgueira C.L., Borghi A.L. Toxigenic fungi: ecology and prevention of their mycotoxin production (a review). *Bol. Miccol.* 2000. V. 16. P. 1–15.
- Gagkaeva T., Levitin M. Composition of *Fusarium graminearum* Schwabe populations collected from different regions of Russia. *Cereal Res. Communications*. 1997. V. 25. P. 591–593.
- Gagkaeva T. Yu., Yli-Mattila T. Emergence of *Fusarium verticillioides* in Finland. *Eur. J. Plant Pathol.* 2020. V. 158 (4). P. 1051–1057.
<https://doi.org/10.1007/s10658-020-02118-2>
- Gannibal F.B. Toxigenicity and pathogenicity of fungi of the genus *Alternaria* for cereals. In: *Laboratories of Mycology and Phytopathology named after A.A. Yachevsky VIZR. History and modernity*. Ed. A.P. Dmitriev. SPb., 2007. Pp. 82–93. (In Russ.).
- Gannibal F.B. *Alternaria* spp. in seeds of grain crops in Russia. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2008. V. 42 (4). P. 359. (In Russ.).
- Gavrilova O.P., Gagkaeva T. Yu. *Fusarium* on grain in the north of Non-Black Earth Region and Kaliningrad Region in 2007–2008. *Plant Protection and Quarantine*. 2010. V. 2. P. 23. (In Russ.).
- Gavrilova O.P., Gagkaeva T. Yu., Orina A.S. et al. Diversity of *Fusarium* species and their mycotoxins in cereal crops from the Asian territory of Russia. *Doklady Biological Sciences*. 2023. V. 508. P. 9–19.
<https://doi.org/10.1134/S0012496622700156>
- Jennings P., Coates M.E., Walsh K. et al. Determination of deoxynivalenol- and nivalenol-producing chemotypes of *Fusarium graminearum* isolates from wheat crops in England and Wales. *Plant Pathol.* 2004. V. 53 (5). P. 643–652.
<https://doi.org/10.1111/j.0032-0862.2004.01061.x>
- Kononenko G.P., Malinovskaya L.S., Soboleva N.A. et al. Distribution and production of toxins of fungi from infected cereals causing fusariosis on cereal grain in Moscow Region. *Mikologiya i fitopatologiya*. 1999. V. 33. P. 118–124. (In Russ.).
- Kononenko G.P., Burkin A.A. Fusariotoxins in cereals grain: regional peculiarity. In: *Success in Medical Mycology*. 2003. V.1. P. 41–144. (In Russ.).
- Kononenko G., Burkin A.A., Zotova Ye.V. Mycotoxilogical monitoring. Pt 2. Wheat, barley, oat and maize grain. *Veterinary Science Today*. 2020. V. 1. P. 60–65. (In Russ.).
<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-1-32-60-65>
- Kononenko G.P., Pyryazeva E.A., Burkin A.A. Intensity toxin formation by *Penicillium roqueforti*, *P. brevicompactum*, and *P. chrysogenum* on grain substratum. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2021. V. 55. P. 285–290. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31857/S0026364821040073>
- Kononenko G.P., Zotova E.V., Burkin A.A. Advances in mycotoxicological research of forage grain crops. *Agricultural Biology*. 2021. V. 56 (5). P. 958–967. (In Russ.).
<https://doi.org/10.15389/agrobiol.2021.5.958eng>
- Levitin M. Toxigenic fungi and mycotoxins in cereals grain and food in Russia. In: A. Logrieco, A. Visconti (eds). *An overview on toxigenic fungi and mycotoxins in Europe*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht etc., 2004. P. 195–199.
- Levitin M.M., Dzhavakhia V.G. Toxigenic fungi and problems of foodsecurity (review). *Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex*. 2020. V. 34. N12. P. 5–11. (In Russ.).
<https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-11201>
- Levitin M.M., Ivashchenko V.G., Shipilova N.P. et al. Fusarium head blight of cereals and problems of breeding for resistance. *Plant Sci.* 1994. V. 31. P. 158–160.

- Logrieco A., Bottalico A., Mule G. et al. Epidemiology of toxigenic fungi and their associated mycotoxins for some Mediterranean crops. *Europ. J. Plant Pathol.* 2003. V. 109. P. 645–667. <https://doi.org/10.1023/A:1026033021542>
- Logrieco A., Visconti A. (eds). An overview on toxigenic fungi and mycotoxins in Europe. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht etc., 2004.
- Magan N., Medina A., Aldred D. Possible climate-change effects on mycotoxin contamination of food crops pre- and postharvest. *Plant Pathol.* 2011. V. 60 P. 150–163. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02412.x>
- Medina A., Rodriguez A., Magan N. Effect of climate change on *Aspergillus flavus* and aflatoxin B1 production. *Front. Microbiol.* 2014. V. 5. P. 348. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00348>
- Miedaner T., Cumagun C.J.R., Chakraborty S. Population genetics of three important heat blight pathogens *Fusarium graminearum*, *F. pseudograminearum* and *F. culmorum*. *J. Phytopathol.* 2008. V. 156(3). P. 129–139. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2007.01394.x>
- Monastyrsky O.A. The effect of pest affection of cereal stored grain on aspergillus infection. *Agro XXI*. 2014. V. 7. P. 15–16. (In Russ.).
- Orina A.S., Gavrilova O.P., Gagkaeva T. Yu. et al. Contamination of grain in West Siberia by *Alternaria* fungi and their mycotoxins. *Vestnik Zashchity Rasteniy*. 2021. N3. P. 153–162. (In Russ.). <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2021-104-3-15019>
- Orina A., Gavrilova O.P., Gogina N.N. et al. Natural occurrence of *Alternaria* fungi and associated mycotoxins in small-grain cereals from the Urals and West Siberia regions of Russia. *Toxins*. 2021. V. 13. P. 681. <https://doi.org/10.3390/toxins13100681>
- Parikka P., Hakala K., Tiilikkala K. Expected shifts in *Fusarium* species' composition on cereal grain in Northern Europe due to climatic change. *Food Additives and Contaminants*. 2012. P. 1–13. <http://dx.doi.org/10.1080/19440049.2012.680613>
- Perrone G., Ferrara M., Medina A. et al. Toxigenic fungi and mycotoxins in a climate change scenario: ecology, genomics, distribution, prediction and prevention of the risk. *Microorganisms*. 2020. V. 8. P. 1496. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8101496>
- Piryazeva E.A. Sanitary-mycological characteristics of fodder grain from Ural and West Siberia regions of Russia. *Cand. Biol. Thesis*. Moscow, 2001. (In Russ.).
- Pitt J.I. Toxigenic fungi and mycotoxins. *Br. Med. Bull.* 2000. V. 56. P. 184–192. <https://doi.org/10.1258/0007142001902888>
- Pfiegler W.P., Pócsi I., Gyo Z. et al. The *Aspergillus* and their mycotoxins: metabolic interactions with plants and the soil biota. *Front. Microbiol.* 2020. P. 2921. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02921>
- Sarkisov A.H. Mycotoxins (Fungal poisonings). *Selkhozgiz*, Moscow, 1954 (in Russ.).
- Sarkisov A.H. Selected works. Mycology. Mycotoxicoses. Dermatomycoses. Moscow, 2000 (in Russ.).
- Shchekleina L.M., Sheshegova T.K. Harmfulness of ergot on new cultivars of winter rye in Kirov Region. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2018. V. 4. P. 83–90 (in Russ.).
- Soldatenko N.A., Kovalenko A.V., Drobin Ju.D. et al. Factors contributing to the infection of grain crops with toxin-forming micromycetes. *Veterinariya i kormlenie*. 2020. V. 7. P. 56–58. (In Russ.).
- Sugiura J.R., Barr D.B., Barr J.W. et al. Physiological characteristics and mycotoxins of human clinical isolates of *Fusarium* species. *Micol. Res.* 1999. V. 103. P. 1462–1468.
- Tutelyan V. Medical-biological requirements to quality and safety of grain products and bread-loaf goods. *Khlebopechenie Rossii*. 1995. V. 2. P. 17–19. (In Russ.).
- Waalwijk C., Kastelein P., De Vries Ker Z. et al. Major changes in *Fusarium* spp. in wheat in the Netherlands. *Europ. J. Plant Pathol.* 2003. V. 109. P. 743–754.
- Yli-Mattila T., Gagkaeva T. Molecular chemotyping of *Fusarium graminearum*, *F. culmorum*, and *F. cerealis* isolates from Finland and Russia. In: Y. Gherbawy, K. Voigt (eds). *Molecular identification of Fungi*. Springer, Berlin Heidelberg, 2010. P. 59–177.
- Афонюшкин В.Н., Леонов С.Б., Горохов В.С. и др. (Afonyushkin et al.) Микотоксикозы: значение, диагностика, меры борьбы // *Арх. ветеринарии*. 2005. Т. 6. № 53. С. 27–34.
- Гаврилова О.П., Гагкаева Т.Ю. (Gavrilova, Gagkaeva) Фузариоз зерна на севере Нечерноземья и Калининградской области в 2007–2008 гг. // *Защита и карантин растений*. 2010. Т. 2. С. 23–25.
- Ганнибал Ф.Б. (Gannibal) *Alternaria* spp. в семенах зерновых культур России // *Микология и фитопатология*. 2008. Т. 42. № 4. С. 359.
- Ганнибал Ф.Б. (Gannibal) Токсигенность и патогенность грибов рода *Alternaria* для злаковых культур // *Лаборатория микологии и фитопатологии им. А.А. Ячевского ВИЗР. История и современность*. Под ред. А.П. Дмитриева. СПб. 2007. СПб., 2007. С. 82–93.
- Джавахия В.Г., Стацюк Н.В., Щербакова Л.А. и др. (Dzhavakhia et al.) Афлатоксины: ингибирование биосинтеза, профилактика загрязнения и деконтаминация агропродукции: монография. М., 2017. 159 с.
- Конonenko Г., Буркин А.А., Зотова Е.В. (Kononenko et al.) Микотоксинологический мониторинг. Ч. 2. Зерно пшеницы, ячменя, овса и кукурузы // *Ветеринария сегодня*. 2020. Т. 1. С. 60–65.
- Конonenko Г.П., Буркин А.А. (Kononenko, Burkin) Фузариотоксины в зерне хлебных злаков: региональные особенности // *Успехи медицинской микологии*. 2003. Т. 1. С. 41–144.
- Конonenko Г.П., Зотова Е.В., Буркин А.А. (Kononenko et al.) Опыт микотоксинологического обследования зернофуражных культур. // *Сельскохозяйственная биология*. 2021. Т. 56. № 5. С. 958–967. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.5.958rus>

- Кононенко Г.П., Малиновская Л.С., Соболева Н.А. и др. (Kononenko et al.) Распространенность и токсинообразующие свойства грибов рода *Fusarium*, поражающих зерно хлебных злаков в Московской области // Микология и фитопатология. 1999. Т. 33. С. 118–124.
- Кононенко Г.П., Пирязева Е.А., Буркин А.А. (Kononenko et al.) Интенсивность токсинообразования *Penicillium roqueforti*, *P. brevicompactum* и *P. chrysogenum* на зерновом субстрате // Микология и фитопатология. 2021. Т. 55. С. 285–290.
- Левитин М.М., Джавахия В.Г. (Levitin, Dzhavakhia) Токсигенные грибы и проблемы продовольственной безопасности (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 12. С. 5–11.
- Монастырский О.А. (Monastyrsky) Влияние поражения вредителями зерна хлебных запасов на аспергиллезную инфекцию // Агро XXI. 2014. Т. 7. С. 15–16.
- Орина А.С., Гаврилова О.П., Гагкаева Т.Ю. и др. (Orina et al.) Контаминация зерна в Западной Сибири грибами *Alternaria* и их микотоксинами // Вестник защиты растений. 2021. № 3. С. 153–162.
- Пирязева Е.А. (Piryazeva) Санитарно-микологическая характеристика фуражного зерна Уральского и Западно-Сибирского регионов России. Дисс. ... канд. биол. наук. М., 2001. 20 с.
- Саркисов А.Х. (Sarkisov) Избранные труды. Микология. Микотоксикозы. Дерматомикозы. М., 2000. 400 с.
- Саркисов А.Х. (Sarkisov) Микотоксикозы. М.: Сельхозгиз, 1954. 216 с.
- Солдатенко Н.А., Коваленко А.В., Дробин Ю.Д. и др. (Soldatenko et al.) Факторы, способствующие заражению зерновых культур токсинообразующими микромицетами // Ветеринария и кормление. 2020. Т. 7. С. 56–58.
- Тутельян В. (Tutelyan) Медико-биологические требования к качеству и безопасности зернопродуктов и хлебобулочных изделий // Хлебопечение России. 1995. Т. 2. С. 17–19.
- Щеклеина Л.М., Шешегова Т.К. (Shchekleina, Sheshegova) Вредоносность спорыньи на новых сортах озимой ржи в Кировской области // Вестник Марийского государственного университета. 2018. Т. 4. С. 83–90.

Токсигенные грибы на зерновых культурах в России

М. М. Левитин^{а, #}

^а Президиум Российской академии наук, Москва, Россия

[#]e-mail: mark_levitin@mail.ru

Токсигенные грибы — патогенные микроорганизмы, продуцирующие микотоксины и вызывающие микозы и микотоксикозы. По данным ФАО, 25% мирового производства зерна загрязнено микотоксинами. В развивающихся странах до 36% всех заболеваний напрямую или косвенно связаны с грибными микотоксинами. В обзоре рассматривается ситуация с зараженностью зерновых культур в различных регионах России токсигенными грибами родов *Claviceps*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium* и накоплением микотоксинов, опасных для человека и животных. Грибы рода *Claviceps* широко распространены на зерновых культурах, особенно вредоносны на ржи. Они содержат токсичные алкалоиды нервнопаралитического действия. Токсины, продуцируемые *Fusarium*, вредны для здоровья человека и животных. Различные виды рода *Fusarium* могут продуцировать широкий спектр микотоксинов. Грибы рода *Alternaria* широко распространены на сельскохозяйственных культурах. Заболевания, вызываемые *Alternaria*, поражают, как правило, зерно всех злаковых культур. Основная опасность заражения зерна видами рода *Alternaria* заключается в наличии в сельскохозяйственной продукции вторичных метаболитов, токсичных для растений, животных и человека. Грибы рода *Aspergillus* поражают зерно пшеницы, ячменя, кукурузы и других культур. Виды рода *Aspergillus* продуцируют токсины, вредные для человека и животных. Они обладают канцерогенными, мутагенными, тератогенными и иммунодепрессивными свойствами. Грибы рода *Penicillium* в основном вызывают плесневение семян, снижающую их всхожесть и часто вызывающую их гибель. Однако грибы рода *Penicillium* продуцируют и большое количество микотоксинов. Они обладают нефротоксическими, канцерогенными и мутагенными свойствами. Развитие заболеваний и продукция грибами микотоксинов зависят от климатических условий.

Ключевые слова: грибы, микотоксикозы, микотоксины, мониторинг грибов, токсигенные грибы

ОБЗОРЫ И ДИСКУССИИ

УДК 582.284 : 502 (571.63)

К УТОЧНЕНИЮ СПИСКА ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ ГРИБОВ (*BASIDIOMYCOTA*) ПРИМОРСКОГО КРАЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

© 2024 г. Е. А. Ерофеева^{1,*}, Н. В. Бухарова^{2,**}, Ю. А. Ребリエв^{3,***}

¹ Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, 679016 Биробиджан, Россия

² Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, 690022 Владивосток, Россия

³ Южный научный центр РАН, 344006 Ростов-на-Дону, Россия

*e-mail: gladdis@yandex.ru

**e-mail: nadya808080@mail.ru

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

Поступила в редакцию 15.06.2024 г.

После доработки 15.07.2024 г.

Принята к публикации 28.08.2024 г.

На основании актуализированных сведений, девять видов рекомендованы к включению в список охраняемых видов грибов Приморского края Российской Федерации: *Bryoperdon acuminatum*, *Buchwaldobolus lignicola*, *Calonarius sodagnitus*, *Gomphidius flavipes*, *Hapalopilus croceus*, *Hygrocybe swanetica*, *Leucopholiota lignicola*, *Pycnoporellus alboluteus*, *Rubroboletus dupainii*. К исключению предложены следующие виды: *Arhenia discorosea*, *Boletus aereus*, *B. auripes*, *Butyriboletus appendiculatus*, *Calostoma cinnabarinum*, *Fomitopsis castanea*, *Hypsizygus tessulatus*, *Lentinellus brunnescens*, *Phallus ultraduplicatus*, *Pseudocolus fusiformis*, *Retibolus retipes*, *Rhodotus palmatus*, *Rubroboletus rhodoxanthus*, *Tylopilus alboater*. Для двух таксонов (род *Calostoma* и род *Retibolus*) предложен мониторинг с целью пополнения сведений об их обитании на российском Дальнем Востоке.

Ключевые слова: Дальний Восток России, Красная книга, редкие виды

DOI: 10.31857/S0026364824050027, **EDN:** upbcqw

ВВЕДЕНИЕ

В 2022 г. был сформирован (Bukharova et al., 2022), скорректирован (Bukharova, Prozorova, 2022) и в дальнейшем утвержден (Government Decree..., 2022; Resolution..., 2023) перечень видов грибов, рекомендованных к внесению в готовящееся новое издание Красной книги Приморского края Российской Федерации. Позднее был утвержден новый список видов растений и грибов, подлежащих охране на федеральном уровне (List of flora objects..., 2023). В соответствии с методическими рекомендациями (Methodological recommendations..., 2006) виды, обитающие в регионе и включенные в Красную книгу Российской Федерации, подлежат охране и на региональном уровне. В связи с этим возникла необходимость дополнительной корректировки списка видов грибов, рекомендованных к охране в Приморском крае. Кроме того, ввиду новых изменений в систематике, новых микофлористических находок, а также в связи с ревизией имеющегося гербарного материала, появились основания для

пересмотра природоохранного статуса некоторых таксонов. В настоящем сообщении приведены рекомендации по изменению списка охраняемых видов базидиальных макромицетов с учетом вышеуказанных обстоятельств.

Критерии отнесения видов грибов к нуждающимся в специальных охранных мерах на сегодняшний день остаются дискуссионными. В настоящей работе в качестве базиса было принято, что основными угрозами для грибов как биологической группы организмов являются факторы, препятствующие нормальной жизнедеятельности грибницы: отсутствие подходящих местообитаний и/или пригодных субстратов, а в случае видов-микоризообразователей — отсутствие или угнетение ассоциированных древесных пород. Следовательно, действенные меры охраны грибов должны быть направлены на сохранение местообитаний, субстратов и поддержание популяций растений — микоризных симбионтов. Потенциально уязвимыми являются виды грибов, проявляющие узкую специа-

лизацию по одному или нескольким из указанных выше условий. Исходя из этого, виды, имеющие обширный географический ареал, широкий спектр субстратов или широко распространенные субстраты, не проявляющие избирательности к типам местообитаний, рассматривались как низкочувствительные к воздействию антропогенных факторов.

Наименования таксонов и сокращения имен авторов даны согласно международной базе данных Index Fungorum (2024). В квадратных скобках приведены наиболее распространенные синонимы. Таксоны расположены в алфавитном порядке.

Виды, рекомендуемые к включению в Красную книгу Приморского края Российской Федерации

В новое издание Красной книги Приморского края Российской Федерации необходимо внести следующие виды базидиальных макромицетов, включенные в Красную книгу Российской Федерации (List of flora objects., 2023), обитание которых в регионе было подтверждено: *Bryoperdon acuminatum* (Bosc) Vizzini, *Buchwaldoboletus lignicola* (Kallenb.) Pilát, *Calonarius sodagnitus* (Rob. Henry) Niskanen et Liimat., *Gomphidius flavipes* Peck, *Hapalopilus croceus* (Pers.) Donk, *Hygrocybe swanetica* Singer, *Leucopholiota lignicola* (P. Karst.) Harmaja, *Pycnoporellus alboluteus* (Ellis et Everh.) Kotl. et Pouzar., *Rubroboletus dupainii* (Boud.) Kuan Zhao et Zhu L. Yang.

Виды, рекомендуемые к исключению из Красной книги Приморского края

Arrhenia discorosea (Pilát) Zvyagina, A.V. Alexandrova et Bulynk. [= *Omphalina discorosea* (Pilát) Herink et Kotl.; = *Rhodocybe ulmi* Lj.N. Vassiljeva].

Вид был рекомендован к охране на основании немногочисленности находок в Приморском крае и его статуса как редкого вида в Магаданской обл. (Bukharova et al., 2022). На российском Дальнем Востоке этот вид отмечен в широколиственных, хвойно-широколиственных, смешанных, изреженных лиственных, а также темнохвойных с примесью *Populus tremula* лесах. В пределах ареала *Ulmus* spp. этот ксилотрофный гриб, как правило, приурочен к его валежной древесине (Nazarova, Vasilyeva, 1974; Azbukina et al., 1984, 1998, 2002a; Bulakh, Govorova, 2006; Bulakh et al., 2007, 2016; Bogacheva et al., 2020). В более суровых климатических условиях (Амурская обл., Еврейская АО, Хабаровский край) он переходит на древесину *Populus tremula* и *P. suaveolens* (Nazarova, 1986; Azbukina et al., 1989; Bulakh et al., 2010; Erofeeva, Bulakh, 2015; Kochunova, 2016; Erofeeva et al., 2019; Kochunova, 2023), а в Магаданской обл. — также на *Chosenia arbutifolia* (Sazanova, 2009; Red data book., 2019a). Таким образом, *A. discorosea* не проявляет высокой избирательности к типу растительных сообществ, а субстратом для него является древесина широко распространенных пород деревьев. *A. discorosea* образует плодовые тела изредка и малыми группами. Следует заметить, что этот вид имеет растянутый в течение всего сезона период плодоношения: с июня (Azbukina et al., 2002a; Bulakh, 2015; Kochunova, 2023) по сентябрь (Azbukina et al., 1984; Bulakh et al., 2016; Sazanova, 2009; Red data book., 2019a). В центральной части Приморского края он



Рис. 1. Плодоношение *Arrhenia discorosea* на валежном стволе *Ulmus* sp., лиственный долинный лес. Национальный парк “Удэгейская легенда”, 21.05.2024 (фото Е.А. Ерофеевой).

отмечался уже в конце мая (рис. 1). При подобной динамике у вида может не быть выраженного пика плодоношения, что может способствовать впечатлению “редкости” при микологических полевых исследованиях, если они проводятся не в течение всего вегетационного периода. *A. discorosea* известен в Европе, Восточной Азии и по всей территории России, а также в Северной Америке (Zvyagina et al., 2015; Bolshakov et al., 2021; Krisai-Greilhuber, 2022; GBIF). Этот вид был внесен в Красный список Международного союза охраны природы (МСОП) со статусом “Vulnerable” (уязвимый) в связи с явной тенденцией к сокращению в европейских странах площади пойменных лесов, указанных для него в качестве основного типа местообитаний. Отмечено, что этот голарктический вид встречается в лесах различного типа с участием *Populus tremula* и других видов *Populus*, а также *Fraxinus* spp., *Ulmus* spp. и *Tilia* spp. *A. discorosea* рассматривается как очень редкий вид с сильно фрагментированной популяцией (Krisai-Greilhuber, 2022). Принимая во внимание малое количество зарегистрированных плодоношений при достаточной распространенности потенциально подходящих субстратов, можно полагать, что на сегодняшний день не имеется весомой статистики наблюдений *A. discorosea* для достоверных выводов относительно его экологии и глобальных факторов угрозы.

Перечисленные выше древесные породы, древесина которых является потенциальным субстратом для данного вида ксилотрофных грибов, широко представлены в Приморском крае (Barkalov et al., 2011). Они распространены не только в лесах, но и в антропогенно измененных ландшафтах, а также применяются в городском озеленении (Shikhova, 2020). Представляется вполне вероятным, что Приморский край — один из наиболее благоприятных в Российской Федерации регионов для обитания *A. discorosea*. Специальных мер охраны для *A. discorosea* в Приморском крае не требуется.

Calostoma cinnabarinum Desv.

Большая часть образцов из южной части российского Дальнего Востока (Приморский край и Еврейская АО), ранее публиковавшихся под названием *C. cinnabarinum* (Vasilyeva, 1972; Azbukina et al., 2002b; Bulakh, Bukharova, 2018), в результате недавней ревизии были переопределены как *C. japonicum* Henn. (Rebriev et al., 2020). Помимо них, имеются образцы, морфологически близкие к *C. cinnabarinum*: Хасанский р-н, окрестности пос. Рязановка, дубняк, на почве, 30.04.1970, собр. М.М. Назарова, VLA M-12131; Лазовский заповедник, кордон Петрова, дубняк, на почве, 21.09.1987, собр. Е.М. Булах, VLA M-17887. Образец

из Лазовского заповедника ранее публиковался как *C. cinnabarinum* (Azbukina et al., 2002a; Bulakh, Bukharova, 2018).

Согласно современным представлениям, основной ареал *C. cinnabarinum* находится в Сев. и Ю. Америке (Baseia et al., 2007). В Азии этот род представлен большим числом видов, при этом регулярно описываются новые таксоны. Совсем недавно с территории Китая описан вид *C. sinocinnabarinum* N.K. Zeng, Chang Xu et Zhi Q. Liang, морфологически очень близкий *C. cinnabarinum* и некоторым другим видам (Xu et al., 2022).

Поскольку *C. cinnabarinum* не обитает на территории Приморского края и России в целом, необходимость каких-либо охранных мероприятий утрачивается. При этом остается необходимость идентификации имеющихся образцов с применением всех доступных морфологических и молекулярно-генетических методов.

C. japonicum — восточно-азиатский вид (GBIF), заходящий на территорию России лишь северной частью ареала; для микобиоты России в целом он является достаточно экзотическим элементом. В российской части ареала *C. japonicum* приурочен к лесам из *Quercus mongolica*. Принимая во внимание климатические условия в наиболее северной из известных точек находок *Calostoma japonicum* (Еврейская АО), можно полагать, что лимитирующим фактором для него является в первую очередь не температурный режим, а присутствие ассоциированной древесной породы. Следовательно, можно предполагать потенциальную распространённость *C. japonicum* в пределах ареала *Quercus mongolica*.

Все образцы из Приморского края, принадлежащие к роду *Calostoma* Desv., датируются 1950–1990 гг. В целях обновления и уточнения сведений о представленности видов данного таксона в регионе, может быть рекомендован мониторинг на уровне рода с гербаризацией плодовых тел.

Lentinellus brunnescens Lj.N. Vassiljeva.

Вид был включен в Красную книгу Приморского края (Red data book..., 2008) как эндемик региона, обитающий только в южной его части и приуроченный к древесине лиственных пород в широколиственных лесах. За прошедший период появились новые данные, свидетельствующие об обитании *L. brunnescens* и за пределами Приморского края: в Еврейской АО (Bau et al., 2011), а также в Северной Америке (GBIF). Плодоношения отмечались в лесах различных типов (Bulakh, Govorova, 2006), на древесине как лиственных, так и хвойных пород (Bau et al., 2011). Таким образом, *L. brunnescens* не является узкоареальным эндемиком и не проявляет особой специализации к субстрату или типу местообитаний. Специальных мер охраны не требуется.

Phallus ultraduplicatus X.D. Yu, W. Lv, S.X. Lv, Xu H. Chen et Qin Wang.

Согласно недавним исследованиям (Rebriev et al., 2023), это название является поздним синонимом *Phallus sibiricus* (Lavrov) Rebriev. Данный вид широко распространен в азиатской части России (Томская, Новосибирская, Иркутская области, Красноярский край, Республика Бурятия, а также Приморский край). Недавно было подтверждено обитание *P. sibiricus* также в Амурской, Еврейской автономной, Сахалинской областях и в Хабаровском крае (Rebriev et al., 2024). *P. sibiricus* — обитатель лесов различных типов и с разной степенью антропогенной нагрузки. Плодоношения развиваются на почве, подстилке и древесине различных стадий разложения при условии достаточной влажности (рис. 2). Значительное число находок вида в регионе и встречаемость в разнообразных лесных сообществах свидетельствует об устойчивом состоянии популяций и отсутствии необходимости его охраны.

Pseudocolus fusiformis (E. Fisch.) Lloyd [= *Anthurus javanicus* (Penz.) G. Cunn.].

Распространение этого вида ограничивается в первую очередь климатическими факторами — температурой и влажностью. В пределах естественного ареала встречается в тропиках и субтропиках, однако при занесении propagул с землей и посадочным материалом он может плодоносить и в оранжереях. В Приморском крае периодически отмечается в Хасанском и Лазовском р-нах — как на территориях заповедников “Кедровая Падь” и “Лазовский” (Sosin, 1960; Azbukina et al., 2002a, 2002b), так и в нарушенных лесных сообществах с высокой



Рис. 2. Плодоношение *Phallus sibiricus* на высоком пне, Хабаровский край (фото Е.А. Ерофеевой).

рекреационной нагрузкой. Факторы угрозы отсутствуют, необходимости охраны нет.

Retiboletus retipes (Berk. et M.A. Curtis) Manfr. Binder et Bresinsky [= *Pulveroboletus retipes* (Berk. et M.A. Curtis) Singer].

Образцы, относимые к данному таксону, первоначально были опубликованы как *Pulveroboletus retipes* (Berk. et M.A. Curtis) Singer (Vasilyeva, 1972, 1973). Позднее они же приводились как *Boletus ornatipes* Peck. (Azbukina et al., 2002b), затем — как *Retiboletus retipes* (Berk. et M.A. Curtis) Manfr. Binder et Bresinsky (Red data book..., 2008), а в изданиях последних лет — как *Retiboletus ornatipes* (Peck) Manfr. Binder et Bresinsky (Bulakh, 2015; Bulakh, Bukharova, 2018). В настоящее время *R. retipes* и *R. ornatipes* рассматриваются как морфологически неразличимые таксоны с ареалами в Сев. и Центр. Америке (Binder, Bresinsky, 2002), тогда как в Вост. Азии выделен целый ряд других видов рода (Zeng et al., 2016, 2018; Liu et al., 2020; Chuankid et al., 2021). Таким образом, обитание *R. retipes* на территории российского Дальнего Востока не подтверждено, и данный таксон подлежит исключению из списка охраняемых видов Приморского края.

Видовая принадлежность образцов *Retiboletus* с российского Дальнего Востока на сегодняшний день остается неопределенной. Известные местонахождения сосредоточены в южной части Приморского края: о. Русский, заповедники “Кедровая Падь” и “Лазовский”; находки приурочены к лесам из *Quercus mongolica* (Vasilyeva, 1972, 1973; Azbukina et al., 2002b; Red data book..., 2008; Bulakh, 2015; Bulakh, Bukharova, 2018). Восточноазиатские виды, морфологически наиболее сходные с *R. retipes/ornatipes*, — *R. kauffmanii* (Lohwag) N.K. Zeng et Zhu L. Yang [= *Boletus kauffmanii* Lohwag] и *R. sinensis* N.K. Zeng et Zhu L. Yang. Они ассоциированы с представителями *Fagaceae* (*R. kauffmanii* — также с *Pinaceae*) (Zeng et al., 2016). Представляется наиболее вероятным, что образцы с российского Дальнего Востока относятся к какому-либо одному, либо обоим этим видам. Плодовые тела достаточно хорошо узнаваемы благодаря характерным макроморфологическим особенностям: тонко-войлочная серая или оливково-желтая шляпка; ножка, покрытая крупноячеистой продольно-вытянутой сеточкой почти по всей длине (Vasilyeva, 1973; Bulakh, 2015). Для установления видовой принадлежности таксонов, обитающих на российском Дальнем Востоке, необходим сбор свежего материала, что дало бы возможность широкого

применения молекулярно-генетических методов исследования. В этих целях может быть рекомендован мониторинг с гербаризацией плодоношений на уровне рода *Retiboletus* Manfr. Binder et Bresinsky.

Rhodotus palmatus (Bull.) Maire.

Этот вид был рекомендован к охране в Приморском крае (Bukharova et al., 2022) на основании того, что он включен в глобальный Красный список МСОП (Gršenaite, 2019) со статусом “Near threatened” (состояние, близкое к угрожаемому). *R. palmatus* имеет голарктический ареал (GBIF) и является ксилотрофом на древесине различных лиственных деревьев из родов *Acer*, *Aesculus*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Liriodendron*, *Malus*, *Quercus*, *Tilia* и *Ulmus* (в том числе на урбанизированных территориях). Статистика, приводимая на сайте МСОП и указывающая на уязвимость вида (продолжающееся сокращение площади и/или качества местообитаний, экстремальные колебания численности, сокращение численности) относится в первую очередь к Европе и восточной части Северной Америки, где в последние годы происходило массовое поражение патогенами деревьев родов *Ulmus* и *Fraxinus*.

В Приморском крае находки *R. palmatus* известны из окрестностей Владивостока, заповедников “Кедровая Падь”, “Лазовский”, “Сихотэ-Алинский”, “Уссурийский”, с верховьев р. Уссури (Vasilyeva, 1973; Azbukina et al., 1984, 2002a; Bulakh, Govorova, 2006; Bau et al., 2011; Bulakh et al., 2016; Bukharova et al., 2022). Этот вид был отмечен и в других регионах российского Дальнего Востока: в Еврейской АО, Хабаровском крае, а также в центральной части о. Сахалин (Azbukina et al., 1986, 1989; Bulakh et al., 2007; Bau et al., 2011; Red data book., 2019b). *R. palmatus* обитает в широколиственных и хвойно-широколиственных лесах, а также в зеленых насаждениях на селитебных землях. Плодоношения отмечаются достаточно редко, растут пучками либо одиночно, на древесине лиственных пород — главным образом, *Acer* spp. и *Ulmus* spp. — с июня по сентябрь. На Сахалине плодоношения отмечались на древесине *Populus* sp. (Red data book., 2019b). В Сибири (южная часть Красноярского края) известны находки на древесине *Betula* sp. (Beglyanova, 1972). В Российской Федерации в целом *R. palmatus* известен из многих регионов Центральной России и Урала (Bolshakov et al., 2021).

R. palmatus включен в Красную книгу Сахалинской области (Red data book., 2019b); при этом состояние локальных популяций оценивалось как “хорошее”.

Таким образом, данный вид не проявляет узкой специализации к субстрату или типу местообитаний. Специальные меры охраны на уровне региона для *R. palmatus* не требуются.

Кроме того, сравнительно недавно в Китае был выделен еще один вид рода — *R. asperior* L.P. Tang, Zhu L. Yang et T. Bau (Tang et al., 2014). В связи с этим таксономическая принадлежность гербарных образцов с российского Дальнего Востока нуждается в уточнении.

Некоторые из рекомендаций по корректировке перечня охраняемых видов грибов, представленные ранее (Bukharova et al., 2022; Bukharova, Prozorova, 2022), не были отражены в официально утвержденных документах (Government Decree., 2022; Resolution of the Governor., 2023). В целях внесения в итоговый список охраняемых видов грибов соответствующих изменений, приводим здесь эти предложения повторно. Предлагаются к исключению из охраняемых следующие виды: *Boletus aereus* Bull., *B. auripes* Peck, *Butyriboletus appendiculatus* (Schaeff.) D. Arora et J.L. Frank [= *Boletus appendiculatus* Schaeff.], *Fomitopsis castanea* Imazeki, *Hypsizygus tessulatus* (Bull.) Singer [= *H. marmoreus* (Peck) H.E. Bigelow], *Rubroboletus rhodoxanthus* (Krombh.) Kuan Zhao et Zhu L. Yang [= *Boletus rhodoxanthus* (Krombh.) Kallenb.], *Tylopilus alboater* (Schwein.) Murrill.

На наш взгляд, малое количество имеющихся гербарных образцов в некоторых случаях может быть обусловлено не редкостью вида грибов, а противоположными причинами. Коллектор, наблюдая регулярное либо обильное плодоношение какого-либо вида, мог не усматривать повода гербаризировать (или документировать иным способом) все находки, помимо образца, необходимого для инвентаризационного списка. Так, для *Arrhenia discorosea* в Приморском крае указывалось лишь шесть случаев встреч плодоношений (Bukharova et al., 2022). При этом пять из них соответствуют территориям, где проводились инвентаризационные исследования. В то же время в сводке биоты заповедника “Уссурийский” отмечено: “повсеместно на валежных стволах ильма” (Bulakh, Govorova, 2006). Сходным образом для *Retiboletus retipes* в Красной книге Приморского края (Red data book., 2008) указано: “единично или небольшими группами”, а в обобщающем издании, аккумулировавшем объем наблюдений Е.М. Булах за более чем 40 полевых сезонов, для этого же таксона отмечается: “небольшими группами, часто и местами обильно” (Bulakh, 2015).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Корректирование списков подлежащих охране видов — процесс постоянный, зависящий от многих параметров: степени изученности микобиоты региона, более глубокого познания экологии и биогеографии таксонов, изменений структуры биоценозов под влиянием антропогенных и климатических факторов, изменений в систематике, применения новых критериев оценки и т.п. В том числе и поэтому на законодательном уровне закреплена необходимость обновления охраняемых списков каждые 10 лет.

Предлагаемые изменения в перечень видов грибов, рекомендованных к внесению в готовящееся новое издание Красной книги Приморского края, связаны с получением более полных актуальных данных по ряду обитающих в регионе видов грибов и призваны сделать процесс охраны регионального биоразнообразия более эффективным.

Список видов базидиальных макромицетов (*Basidiomycota*), рекомендованных к охране в Приморском крае (с учетом всех предшествующих изменений и дополнений)

Bondarcevomyces taxi (Bondartsev) Parmasto [= *Parmastomyces taxi* (Bondartsev) Y.C. Dai et Niemelä; = *Hapalopilus taxi* Bondartsev] — Бондарцевомицес тиссовый.

Bryoperdon acuminatum (Bosc) Vizzini [= *Bovista acuminata* (Bosc) Kreisel] — Бриопердон заостренный.

Buchwaldoboletus lignicola (Kallenb.) Pilát [= *Phlebopus lignicola* (Kallenb.) M.M. Moser] — Бухвальдоболет древесинный.

- Calonarius sodagnitus* (Rob. Henry) Niskanen et Liimat. [= *Cortinarius sodagnitus* Rob. Henry] — Паутичник узнаваемый.
- Calvatia gigantea* (Batsch) Lloyd [= *Langermannia gigantea* (Batsch) Rostk.] — Головач гигантский.
- Chroogomphus tomentosus* (Murrill) O.K. Mill. — Мокруха войлочная.
- Collybia velutinopunctata* Lj.N. Vassiljeva — Коллибия бархатисто-точечная.
- Cryptoporus volvatus* (Peck) Shear — Криптопорус вольвоносный.
- Entoloma eugenei* Noordel. et O.V. Morozova — Энтолома Евгения.
- E. quadratum* (Berk. et M.A. Curtis) E. Horak [= *E. salmoneum* (Peck) Sacc.; = *Rhodophyllus salmoneus* (Peck) Singer] — Розовопластинник квадратноспоровый.
- Floccularia luteovirens* (Alb. et Schwein.) Pouzar [= *Armillaria luteovirens* (Fr.) Gill.] — Опенек желто-зеленый.
- Fomitopsis officinalis* (Vill.) Bondartsev et Singer — Лиственничная губка.
- Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. — Трутовик лакированный.
- Gomphidius flavipes* Peck [= *Chroogomphus flavipes* (Peck) O.K. Mill.] — Мокруха желтоножковая.
- Grifola frondosa* (Dicks.) Gray — Грифола курчавая.
- Gyroporus castaneus* (Bull.) Quél. — Гиропорус каштановый.
- G. punctatus* Lj.N. Vassiljeva — Гиропорус точечный.
- Hapalopilus croceus* (Pers.) Donk [= *Aurantiporus croceus* (Pers.) Murrill] — Гапалопилус шафранно-желтый.
- Harrya chromipes* (Frost) Halling, Nuhn, Osmundson et Manfr. Binder [= *Leccinum chromapes* (Frost) Singer] — Обабок окрашенноножковый.
- Hericium flagellum* (Scop.) Pers. [= *H. alpestre* Pers.] — Ежовик альпийский.
- Hygrocybe swanetica* Singer — Гигроцибе сванетская.
- Jahnporus oreinus* Spirin, Vlasák et Miettinen — Янопорус горный.
- Lactarius aurantiaco-ochraceus* Lj.N. Vassiljeva — Млечник оранжево-охристый.
- L. grandisporus* Lj.N. Vassiljeva — Млечник крупноспоровый.
- Lactifluus luteolus* (Peck) Verbeken [= *Lactarius luteolus* Peck] — Млечник желтоватый.
- Lentinula edodes* (Berk.) Pegler — Сиитаке, японский ароматный гриб.
- Leucoagaricus nympharum* (Kalchbr.) Bon [= *Macrolepiota puellaris* (Fr.) M.M. Moser] — Гриб-зонтик девичий.
- Leucopholiota lignicola* (P. Karst.) Harmaja [= *Cystolepiota lignicola* (P. Karst.) Nezdójm.; = *Lepiota amyloidea* Singer] — Чешуйница древесинная.
- Marasmius aurantioferrugineus* Hongo — Марасмиус оранжево-ржавый.
- Mucidula brunneomarginata* (Lj.N. Vassiljeva) R.H. Petersen [= *Oudemansiella brunneomarginata* Lj.N. Vassiljeva] — Муцидула бурокраяная.
- Pleurotus djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn [= *P. salmoneostramineus* Lj.N. Vassiljeva] — Вешенка розовая.
- Polyporus umbellatus* (Pers.) Fr. [= *Grifola umbellata* (Pers.) Pilát] — Трутовик зонтичный.
- Porphyrellus gracilis* (Peck) Singer [= *Austroboletus gracilis* (Peck) Wolfe] — Порфиреллус изящный.
- Protuberia nipponica* Kobayasi [= *Kobayasia nipponica* (Kobayasi) S. Imai et A. Kawam.] — Протубера японская.
- Pulveroboletus ravenelii* (Berk. et M.A. Curtis) Murrill — Пульвероболет Равенеля.
- Rusnoporellus alboluteus* (Ellis et Everh.) Kotl. et Pouzar — Пикнопореллус бело-желтый.
- Resinoporia crassa* (P. Karst.) Audet [= *Anrodia crassa* (P. Karst.) Ryvarden; = *Amyloporia crassa* (P. Karst.) Bondartsev et Singer] — Резинопория толстая.
- Rubroboletus dupainii* (Boud.) Kuan Zhao et Zhu L. Yang [= *Boletus dupainii* Boud.] — Руброболет Дюпена.
- Russula flavida* Frost — Сыроежка золотисто-желтая.
- R. rubescens* Beardslee — Сыроежка краснеющая.
- Sparassis latifolia* Y.C. Dai et Zheng Wang — Спарассис широколопастный.
- Strobilomyces strobilaceus* (Scop.) Berk. [= *S. floccopus* (Wahlenb ex Fr.) P. Karst.] — Шишкогриб хлопьяножковый.
- Tremella fuciformis* Berk. — Тремелла фукусовидная.
- Tricholoma matsutake* (S. Ito et S. Imai) Singer — Матсутаке, сосновые рога.
- Truncospora ornata* Spirin et Bukharova — Трункоспора украшенная.
- Tylopilus plumbeoviolaceus* (Snell et E.A. Dick) Snell et E.A. Dick — Тилопил серо-лиловый.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Azbukina Z.M., Bogacheva A.V., Borisov B.A. et al. Fungi. In: Flora, mycobiota and vegetation of the Lazovsky Nature Reserve. Vladivostok, 2002a, pp. 124–170. (In Russ.).
- Azbukina Z.M., Bogacheva A.V., Bulakh E.M. et al. Fungi. In: Cadastre of plants and fungi of the Kedrovaya Pad Nature Reserve. Lists of species. Dalnauka, Vladivostok, 2002b, pp. 67–123. (In Russ.).
- Azbukina Z.M., Bogacheva A.V., Bulakh E.M. et al. Fungi. In: Flora and vegetation of the Khingan Nature Reserve (Amur Oblast). Dalnauka, Vladivostok, 1998, pp. 33–64. (In Russ.).
- Azbukina Z.M., Bulakh E.M., Parmasto E.H. et al. Fungi. In: Flora and vegetation of the Bolshekhkhehtsirsky Nature Reserve (Khabarovsk Territory). DVNTS of the USSR Academy of Sciences, Vladivostok, 1986, pp. 30–70. (In Russ.).
- Azbukina Z.M., Bulakh E.M., Vasilyeva Lar.N. et al. Fungi. In: Fungi, lichens, algae and bryophytes of the Komsomolsky Nature Reserve (Khabarovsk Territory). Vladivostok: DVO of the USSR Academy of Sciences, 1989, pp. 14–48. (In Russ.).
- Azbukina Z.M., Parmasto E.H., Bulakh E.M. et al. Fungi. In: Flora of the Upper Ussuri Station. Vladivostok, 1984, pp. 23–64.
- Barkalov V. Yu., Vrishch A.E., Krestov P.V. et al. Flora of the Ussuri taiga (field guide). Vladivostok, 2011. 476 p. (In Russ.).
- Bau T., Bulakh E.M., Govorova O.K. Basidiomycetes. In: Fungi of Ussuri River Valley. Beijing, 2011, pp. 118–293.
- Baseia I.G., Silva B.D.B., Leite A.G. et al. O gênero *Calostoma* (Boletales, Agaricomycetidae) em áreas de cerrado e semi-árido no Brasil. Acta Botanica Brasilica. 2007. V. 21. P. 277–280. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062007000200003>
- Beglyanova M.I. Flora of agaric fungi in the southern part of the Krasnoyarsk Territory. Part 1. Krasnoyarsk, 1972. (In Russ.).
- Binder M., Bresinsky A. *Retiboletus*, a new genus for a species-complex in the *Boletaceae* producing retipolides. Feddes Repertorium. 2002. V. 113, (1–2). P. 30–40. [https://doi.org/10.1002/1522-239X\(200205\)113:1/2](https://doi.org/10.1002/1522-239X(200205)113:1/2)
- Bogacheva A.V., Bulakh E.M., Bukharova N.V. et al. Fungi. In: Biota and soil of the “Udege Legend” National Park. Vladivostok, Dalnauka, 2020, pp. 169–209. (In Russ.). <https://doi.org/10.25221/udegelegend.7>

- 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. *Biol. Communications*. 2021. V. 66 (4). P. 316–325. <https://doi.org/10.21638/spbu03.2021.404>
- Bukharova N.V., Bulakh E.M., Spirin V.A. et al.* Species of fungi in need of conservation in Primorskiy Krai, Russian Far East (for the regional Red Data Book update). *Biota and Environment of Natural Areas*. 2022. V. 10 (1). P. 69–83. (In Russ.). https://doi.org/10.37102/2782-1978_2022_1_4
- Bukharova N.V., Prozorova L.A.* Updated list of rare species of fungi of the Primorskiy Territory that need protection. *Biota and Environment of Natural Areas*. 2022. V. 10 (3). P. 36–41. (In Russ.). https://doi.org/10.25221/2782-1978_2022_3_4
- Bulakh E.M.* Mushrooms of the forests of the Russian Far East. Dalnauka, Vladivostok, 2015. (In Russ.).
- Bulakh E.M., Bukharova N.V., Malysheva V.F. et al.* Basidiomycetous fungi. In: *Plants, fungi and lichens of the Sikhote-Alin Reserve*. Vladivostok, Dalnauka, 2016, pp. 393–457. (In Russ.).
- Bulakh E.M., Bukharova N.V.* Macromycetes: *Basidiomycota*. In: *Mycobiota of the Far Eastern oak forests*. Vladivostok, 2018, pp. 89–126. (In Russ.).
- Bulakh E.M., Govorova O.K.* Fungi. *Basidiomycota*. In: *Flora, vegetation and mycobiota of the Ussuriysky Nature Reserve*. Dalnauka, Vladivostok, 2006, pp. 156–205. (In Russ.).
- Bulakh E.M., Govorova O.K., Nazarova M.M. et al.* Fungi. Class *Basidiomycetes*. In: *Flora, mycobiota and vegetation of the Bastak Nature Reserve*. Dalnauka, Vladivostok, 2007. P. 170–208 (in Russ.).
- Bulakh E.M., Vasilyeva N.V., Erofeeva E.A.* First data on basidiomycetes of the Bureinsky State Natural Reserve. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2010. V. 44 (2). P. 89–98 (in Russ.).
- Chuankid B., Vadthanarat S., Thongbai B. et al.* *Retiboletus* (*Boletaceae*) in northern Thailand: one novel species and two first records. *Mycoscience*. 2021. V. 62 (5). P. 297–306. <https://doi.org/10.47371/mycosci.2021.05.003>
- Erofeeva E.A., Bukharova N.V., Bulakh E.M.* First data on basidial macromycetes at the cluster Zabelovsky of the Bastak Nature Reserve (Jewish Autonomous Region). *Turczaninowia*. 2019. V. 22 (1). P. 122–131 (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.22.1.11>
- Erofeeva E.A., Bulakh E.M.* First data on the agaricoid basidiomycetes of the Anyuiskiy National Park (Khabarovsk Territory). *Mikologiya i fitopatologiya*. 2015. V. 49 (2). P. 80–90 (in Russ.).
- GBIF Home Page, 2024. <https://www.gbif.org>. Accessed 06.06.2024.
- Government Decree of Primorskiy Krai of October 24, 2022 N723-pp. About the species of flora in the Red Data Book of the Primorskiy Krai. Vladivostok, 2022. 21 p. (in Russ.).
- Index Fungorum. CABI Bioscience, 2024. <http://www.indexfungorum.org>. Accessed 06.06.2024.
- Iršénaitė R., Kačucka I.L., Olariaga Iburguren I.* *Rhodotus pal-matus*. The IUCN Red list of threatened species 2019: e.T70402359A70402387. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T70402359A70402387.en>. Accessed 10.06.2024.
- Kochunova N.A.* Xylotrophic basidiomycetous fungi in Zeiskiy nature reserve (Amurskaya Oblast). *Komarov's Memorial Readings*. 2016. V. 64. P. 119–137 (in Russ.).
- Kochunova N.A.* Background species of xylotrophic agaricoid basidiomycetes of the Norsky State Nature Reserve. In: *Collection of articles to the 25th anniversary of the Norsky Nature Reserve*. Blagoveshchensk, Fevral'sk, 2023. P. 4–12 (in Russ.).
- Krisai-Greilhuber I.* *Arrhenia discorosea* (amended version of 2019 assessment). The IUCN Red list of threatened species 2022: e.T147129245A218989065. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2022-2.RLTS.T147129245A218989065.en>. Accessed 10.06.2024.
- List of flora objects listed in the Red Book of the Russian Federation. Appendix to order of the Russian Ministry of Natural Resources N320 dated May 23, 2023 (in Russ.).
- Liu H.Y., Li Y.C., Bau T.* New species of *Retiboletus* (*Boletales, Boletaceae*) from China based on morphological and molecular data. *MycoKeys*. 2020. V. 67. P. 33–44. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.67.51020>
- Methodological recommendations for managing the Red Data Book of Russian Federation. M: MPR of Russia, 2006. (In Russ.).
- Nazarova M.M.* To the macromycetes flora of the Seleznevo River basin (Amur region). In: *Flora and systematics of spore plants of the Far East*. Vladivostok: Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences, 1986. P. 93–100. (In Russ.).
- Nazarova M.M., Vasilyeva L.N.* To the flora of agaric fungi and gasteromycetes of the Amur region. In: *Spore plants of the Soviet Far East*. Vladivostok: Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences, 1974. V. 22 (125), pp. 56–71. (In Russ.).
- Rebriev Yu.A., Bulakh E.M., Sazanova N.A. et al.* New species of macromycetes for regions of the Russian Far East. 1. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2020. V. 54 (4). P. 278–287. <https://doi.org/10.31857/S0026364820040091>
- Rebriev Yu.A., Kudashova N.N., Gashkov S.I. et al.* The veiled stinkhorn *Dictyophora sibirica* in Russia – taxonomic position, epitypification and its conspecificity with *Phallus ul-traduplicatus*. *Turczaninowia*. 2023. V. 26 (3). P. 173–183. <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.26.3.16>
- Rebriev Yu.A., Shiryayev A.G., Kochunova N.A. et al.* New species of macromycetes for regions of the Russian Far East. 5. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2024. V. 58 (5). P. 381–390. (In press).
- Red data book of the Magadan Region: rare and endangered species of animals, plants and fungi. Magadan, Okhotnik, 2019a. (In Russ.).
- Red data book of Primorsky Krai: Plants. Rare and endangered species of plants and fungi. AVK “Apelsin”, Vladivostok, 2008. (In Russ.).
- Red data book of Sakhalin Region: plants and fungi. Kemerovo, OOO “Tekhnoprint”, 2019b. (In Russ.).

- Resolution of the Governor of Primorskiy Krai. On approval of the list of flora and fauna objects listed in the Red Book of Primorsky Krai. Dated May 14, 2002 N272 (as amended on April 18, 2023). Vladivostok, 2023. (In Russ.).
- Sazanov N.A. Macromycetes of the Magadan region. Magadan: NESCFEB RAS, 2009. (In Russ.).
- Shikhova N.S. Analysis of the functional efficiency of green spaces in the structure of urban landscaping in Vladivostok. Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. 2020. V. 3 (211). P. 103–115. (In Russ.). <https://doi.org/10.37102/08697698.2020.211.3.011>
- Sosin P.E. New and interesting species of *Gasteromycetes* from Far East / Bot. Mater. Otd. Sporov. Rast. Bot. Inst. Komarova Akad. Nauk S.S.S.R. 1960. V. 13. P. 207–214. (in Russ.).
- Tang L.P., Hao Y.J., Cai Q. et al. Morphological and molecular evidence for a new species of *Rhodotus* from tropical and subtropical Yunnan, China. Mycol. Progress. 2014. V. 13. P. 45–53. <https://doi.org/10.1007/s11557-013-0890-x>
- Vasilyeva L.N. Macromycetes of the Kedrovaya Pad Reserve. In: Proceedings of BPI DVSC AS USSR. Vladivostok, 1972. V. 8. P. 145–167 (in Russ.).
- Vasilyeva L.N. Agaric pileate fungi (order *Agaricales*) in the Primorskiy Krai. Nauka, Leningrad, 1973. (In Russ.).
- Xu C., Liang Z.Q., Jiang S., Zhang P., Huang S.Z., Zeng N.K. Notes on two species of *Calostoma* (*Calostomataceae*, *Boletales*) from the south of China. Phytotaxa. 2022. V. 533 (1). P. 49–61. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.533.1.2>
- Zeng N.K., Chai H., Jiang S. et al. *Retiboletus nigrogriseus* and *Tengioboletus fujianensis*, two new boletes from the south of China. Phytotaxa. 2018. V. 367. P. 45–54. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.367.1.5>
- Zeng N.K., Liang Z.Q., Wu G. et al. The genus *Retiboletus* in China. Mycologia. 2016. V. 108 (2). P. 363–380. <https://doi.org/10.3852/15-072>
- Zvyagina E.A., Alexandrova A.V., Bulyonkova T.M. *Omphalina discorosea*: taxonomical position of the species. Mikologiya i fitopatologiya. 2015. V. 49 (1). P. 19–25.
- Азбукина З.М., Богачева А.В., Борисов Б.А. и др. (Azbukina et al.) Грибы // Флора, микобиота и растительность Лазовского заповедника. Владивосток, 2002. С. 124–170.
- Азбукина З.М., Богачева А.В., Булах Е.М. и др. (Azbukina et al.) Грибы // Флора и растительность Хинганского заповедника (Амурская область). Владивосток: Дальнаука, 1998. С. 33–64.
- Азбукина З.М., Богачева А.В., Булах Е.М. и др. (Azbukina et al.) Грибы // Кадастр растений и грибов заповедника “Кедровая падь”. Списки видов. Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 67–123.
- Азбукина З.М., Булах Е.М., Васильева Л.Н. и др. (Azbukina et al.) Грибы // Грибы, лишайники, водоросли и мохообразные Комсомольского заповедника (Хабаровский край). Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. С. 14–48.
- Азбукина З.М., Булах Е.М., Пармasto Э.Х. и др. (Azbukina et al.) Грибы // Флора и растительность Большехехирского заповедника (Хабаровский край). Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. С. 30–70.
- Азбукина З.М., Пармasto Э.Х., Булах Е.М. и др. (Azbukina et al.) Грибы // Флора Верхнеуссурийского стационара. Владивосток, 1984. С. 23–64.
- Баркалов В.Ю., Вриц А.Э., Крестов П.В. и др. (Barkalov et al.) Растительный мир Уссурийской тайги: полевой атлас-определитель. Владивосток, 2011. 476 с.
- Беглянова М.И. (Beglyanova) Флора агариковых грибов южной части Красноярского края. Ч. 1. Красноярск, 1972. 208 с.
- Богачева А.В., Булах Е.М., Бухарова Н.В. и др. (Bogacheva et al.) Грибы // Биота и почвы национального парка “Удгейская легенда”. Владивосток: Дальнаука, 2020. С. 169–209.
- Булах Е.М. (Bulakh) Грибы лесов Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2015. 404 с.
- Булах Е.М., Бухарова Н.В. (Bulakh, Bukharova) Макромицеты: Basidiomycota // Микобиота дальневосточных дубняков. Владивосток, 2018. С. 89–126.
- Булах Е.М., Бухарова Н.В., Малышева В.Ф. и др. (Bulakh et al.) Базидиальные грибы // Растения, грибы и лишайники Сихотэ-Алинского заповедника. Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 393–457.
- Булах Е.М., Васильева Л.Н., Ерофеева Е.А. (Bulakh et al.) Первые сведения о базидиальных макромицетах государственного природного заповедника “Буреинский” // Микология и фитопатология. 2010. Т. 44. Вып. 2. С. 89–98.
- Булах Е.М., Говорова О.К. (Bulakh, Govorova) Грибы. Basidiomycota // Флора, растительность и микобиота заповедника “Уссурийский”. Владивосток: Дальнаука, 2006. С. 156–205.
- Булах Е.М., Говорова О.К., Назарова М.М. и др. (Bulakh et al.) Грибы. Класс Basidiomycetes // Флора, микобиота и растительность заповедника “Бастак”. Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 170–208.
- Бухарова Н.В., Булах Е.М., Спиринов В.А. и др. (Bukharova et al.) Нуждающиеся в охране виды грибов Приморского края Дальнего Востока России (к обновлению региональной Красной книги) // Биота и среда природных территорий. 2022. Т. 10. № 1. С. 69–83.
- Бухарова Н.В., Прозорова Л.А. (Bukharova, Prozorova) Уточненный список редких видов грибов Приморского края, нуждающихся в охране // Биота и среда природных территорий. 2022. Т. 10 (3). С. 36–41.
- Васильева Л.Н. (Vasilyeva) Базидиальные грибы макромицеты заповедника “Кедровая Падь” // Тр. БПИ ДВНЦ АН СССР. 1972. Т. 8. С. 145–167.
- Васильева Л.Н. (Vasilyeva) Агариковые шляпочные грибы (пор. *Agaricales*) Приморского края. Л.: Наука, 1973. 331 с.
- Ерофеева Е.А., Булах Е.М. (Erofeeva, Bulakh) Первые сведения об агарикоидных базидиомицетах Анюйского национального парка (Хабаровский край) // Микология и фитопатология. 2015. Т. 49. Вып. 2. С. 80–90.

- Ерофеева Е.А., Бухарова Н.В., Булах Е.М. (Erofeeva et al.) Первые сведения о базидиальных макромицетах кластера “Забеловский” заповедника “Бастак” (Еврейская автономная область) // Turczaninowia. 2019. 22 (1). С. 122–131.
https://doi.org/10.14258/turczaninowia.22.1.11
- Кочунова Н.А. (Kochunova) Ксилотрофные базидиальные грибы Зейского заповедника (Амурская область) // Комаровские чтения. Владивосток, 2016. Вып. 64. С. 119–137.
- Кочунова Н.А. (Kochunova) Фоновые виды ксилотрофных агарикоидных базидиомицетов государственного природного заповедника “Норский” // К 25-летию Норского заповедника (сб.ст.). Благовещенск; Февральск, 2023. С. 4–12.
- Красная книга Магаданской области: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов (Red data book). Магадан: Охотник, 2019. 356 с.
- Красная книга Приморского края: Растения. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов (Red data book). Владивосток: АВК Апельсин, 2008. 688 с.
- Красная книга Сахалинской области: Растения и грибы (Red data book). Кемерово: ООО “Технопринт”, 2019. 352 с.
- Методические рекомендации по ведению Красной книги субъекта Российской Федерации. М: МПР России, 2006. 20 с.
- Назарова М.М. (Nazarova) К флоре макромицетов бассейна реки Селемджа (Амурская область) // Флора и систематика споровых растений Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. С. 93–100.
- Назарова М.М., Васильева Л.Н. (Nazarova, Vasilyeva) К флоре агариковых грибов и гастеромицетов Амурской области // Споры растений советского Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1974. Т. 22 (125). С. 56–71.
- Постановление Правительства Приморского края (Government Decree). О видах растительного мира Красной книги Приморского края. От 24.10.2022 N723-пп. Владивосток, 2022. 21 с.
- Постановление Губернатора Приморского края (Resolution) Об утверждении перечня объектов растительного мира и перечня объектов животного мира, занесенных в Красную книгу Приморского края. От 14.05.2002 N272 (ред. от 18.04.2023 г.). Владивосток, 2023. 53 с.
- Перечень объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации (List of flora objects). Приложение к Приказу Минприроды России № 320 от 23.05.2023.
- Сазанова Н.А. (Sazanova) Макромицеты Магаданской области. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2009. 196 с.
- Сосин П.Е. (Sosin) Новые и интересные виды Gasteromycetes Дальнего Востока // Ботан. Мат-лы отд. споровых растений. 1960. Т. 13. С. 207–214.
- Шихова Н.С. (Shikhova) Анализ функциональной эффективности зеленых насаждений в структуре городского озеленения Владивостока // Вестник Дальневосточного отд. РАН. 2020. № 3 (211). С. 103–115.

To the Updated List of Protected Species of Fungi (*Basidiomycota*) of Primorskiy Krai of Russian Federation

E. A. Erofeeva^{a, #}, N. V. Bukharova^{b, ##}, and Yu. A. Rebriev^{c, ###}

^a Institute for Complex Analysis of Regional Problems of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, Birobidzhan, Russia

^b Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

^c Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia

[#]e-mail: gladdis@yandex.ru

^{##}e-mail: nadya808080@mail.ru

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

Based on the updated information, nine species are recommended for inclusion in the list of protected fungal species of the Primorsky Krai of the Russian Federation: *Bryoperdon acuminatum*, *Buchwaldoboletus lignicola*, *Calonarius sodagnitus*, *Gomphidius flavipes*, *Hapalopilus croceus*, *Hygrocybe swanetica*, *Leucopholiota lignicola*, *Pycnoporellus alboluteus*, *Rubroboletus dupainii*. The following species are proposed for exclusion: *Arrhenia discorosea*, *Boletus aereus*, *B. auripes*, *Butyrboletus appendiculatus*, *Calostoma cinnabarinum*, *Fomitopsis castanea*, *Hypsizygus tessulatus*, *Lentinellus brunnescens*, *Phallus ultraduplicatus*, *Pseudocolus fusiformis*, *Retiboletus retipes*, *Rhodotus palmatus*, *Rubroboletus rhodoxanthus*, *Tylopilus alboater*. For two genera (*Calostoma* and *Retiboletus*), monitoring was proposed in order to supplement information on their occurrence in the Russian Far East.

Keywords: rare species, Red data book, Russian Far East

УДК 582.284: 502.72 (571.621)

НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ О БАЗИДИАЛЬНЫХ МАКРОМИЦЕТАХ ЗАПОВЕДНИКА “БАСТАК” (ЕВРЕЙСКАЯ АО, РОССИЯ)

© 2024 г. Н. В. Бухарова^{1,2,*}, Е. А. Ерофеева^{3,**}

¹ Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, 690022 Владивосток, Россия

² Государственный природный заповедник “Бастак”, 679014 Биробиджан, Россия

³ Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, 679016 Биробиджан, Россия

*e-mail: nadya808080@mail.ru

**e-mail: gladdis@yandex.ru

Поступила в редакцию 27.03.2024 г.

После доработки 15.04.2024 г.

Принята к публикации 11.06.2024 г.

В результате проведенных полевых работ, а также ревизии гербарного материала прошлых лет, выявлено 14 новых для заповедника “Бастак” видов грибов. Десять из них являются новыми для Еврейской автономной области (*Armillaria cepistipes*, *Baeospora myriadophylla*, *Baorangia alexandri*, *Ceraceomyces borealis*, *Dichomitus squalens*, *Gomphidius borealis*, *Phlebiopsis pilatii*, *Picipes tubaeformis*, *Serpula himantioides*, *Thelephora penicillata*). К настоящему времени в составе микобиоты заповедника известен 781 вид базидиальных макромицетов.

Ключевые слова: биоразнообразие, грибы, Дальний Восток России, микобиота, охрана окружающей среды

DOI: 10.31857/S0026364824050034, EDN: uozvuw

ВВЕДЕНИЕ

Заповедник “Бастак” был организован в 1997 г. на севере Еврейской АО (южная часть российского Дальнего Востока), где расположены средне- и низкогорья Хингано-Буреинской горной системы, переходящие через предгорный холмисто-увалистый комплекс в заболоченные равнины северной окраины Среднеамурской низменности. Возвышенности заняты лесной растительностью из *Abies nephrolepis*, *Betula davurica*, *B. platyphylla*, *Fraxinus mandshurica*, *Juglans mandshurica*, *Larix cajanderi*, *Phellodendron amurense*, *Picea ajanensis*, *Pinus koraiensis*, *Populus tremula*, *Quercus mongolica*, *Tilia* spp., *Ulmus* spp., местами — с *Pinus sylvestris* (Frisman, 2018). Основные работы по инвентаризации биоты базидиальных макромицетов заповедника проводились сотрудниками ФНЦ Биоразнообразия (прежнее название — Биолого-почвенный институт) ДВО РАН, г. Владивосток, в 2000–2006 гг. (Bulakh et al., 2007), а также в 2009–2011 гг. — при участии специалистов БИН РАН (Bukharova, Zmitrovich, 2014). В 2011 г. к заповеднику был присоединен кластер “Забеловский”, а первоначальная территория получила название

кластера “Центральный”. Кластер “Забеловский” расположен в восточной части Еврейской АО, в пойменной зоне р. Амур, и представляет собой водно-болотные угодья со старицами, озерами, протоками, мокрыми лугами, разрозненными кустарниковыми зарослями и редколесьями лиственных пород, подверженные периодическим затоплениям при подъеме уровня р. Амур. Разнообразие базидиальных макромицетов кластера “Забеловский” изучалось в 2015–2017 гг. (Erofeeva et al., 2019). Материалы с территорий заповедника “Бастак” неоднократно включались в исследования различных авторов (Bulakh, 2008; Bau et al., 2011; Kiyashko et al., 2014; Zhurbenko, 2014; Malysheva et al., 2015; Rebriev, Bulakh, 2015; Volobuev et al., 2015; Rebriev, 2016; Rebriev, Dvadnenko, 2017; Bulakh, Bukharova, 2018; Malysheva, 2018; Rebriev et al., 2018; Erofeeva, Bukharova, 2019; Rebriev et al., 2020; Bukharova, 2021; Crous et al., 2021; Erofeeva et al., 2021; Psurtseva et al., 2021; Rebriev, Zvyagina, 2022). С 2021 г. были возобновлены микологические работы в заповеднике, благодаря чему видовой список микобиоты его территорий также пополнялся (Rebriev et al., 2022, 2023). Всего для кластера “Центральный” известно

705 видов базидиальных макромицетов, для кластера “Забеловский” — 169, а в заповеднике “Бастак” в целом зарегистрировано 768 видов, что составляет около 90% от биоты базидиальных макромицетов, известной для региона (Ерофеева, 2023).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящем сообщении приведены дополнения к видовым спискам базидиальных макромицетов двух кластеров заповедника “Бастак” по результатам полевых работ 2023 г., а также изучения гербарного материала прошлых лет. Образцы грибов собраны, определены и сфотографированы авторами статьи, если не указано иное. Определение проводилось по морфологическим признакам с применением световой микроскопии, согласно общепринятым методикам. Образцы хранятся в микологическом гербарии Федерального научного центра биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, г. Владивосток (VLA). Наименования таксонов и сокращения имен авторов даны согласно международной базе данных Index Fungorum (2024). Для некоторых видов приведены наиболее распространенные синонимы. Таксоны расположены в алфавитном порядке. Сведения о географии находок обсуждаемых видов приведены на основании собственной базы литературных источников, сводки С.Ю. Большакова с соавт. (Bolshakov et al., 2021) и открытого электронного ресурса GBIF (2024).

Для основных участков полевых работ приняты следующие обозначения: I — кластер “Центральный”, кордон “39-й км”, 49.0908° с.ш., 133.0892° в.д., лиственный лес; II — кластер “Центральный”, окрестности кордона “39-й км”, 49.0983° с.ш., 133.0853° в.д., хвойно-широколиственный лес; III — кластер “Забеловский”, западный берег оз. Улановское, 48.4388° с.ш., 134.2572° в.д., дубовый лес с *Betula davurica* (местами — с усохшими деревьями *Populus tremula*) леспедецево-разнотравный. Звездочкой отмечены виды, новые для региона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Виды, новые для кластера “Центральный”

**Baeospora myriadohylla* (Peck) Singer — II, на валежном стволе, 25.07.2023, VLA M-28036.

Bjerkandera fumosa (Pers.) P. Karst. — II, на валежном стволе лиственного дерева, 24.07.2023, VLA M-28358.

**Ceraceomyces borealis* (Romell) J. Erikss. et Ryvarden — II, на валежных стволах хвойных деревьев, 24.07.2023, VLA M-28349 (рис. 1, д).

Ceriporus varius (Pers.) Zmitr. et Kovalenko [= *Polyporus varius* (Pers.) Fr.] — II, на валежной ветви лиственного дерева, 24.07.2023, VLA M-28352.

**Dichomitus squalens* (P. Karst.) D.A. Reid — II, на валежном стволе хвойного дерева, 25.07.2023, VLA M-28376.

Eocronartium muscicola (Pers.) Fitzp. — II, на зеленом мхе, 25.07.2023, VLA M-28035.

**Gomphidius borealis* O.K. Mill., Aime et Peintner — 39-й км трассы “Биробиджан — Кукан”, 49.1022° с.ш., 133.1059° в.д., лиственный лес, под *Larix cajanderi*, 06.09.2001, собр. Е.М. Булах, VLA M-16427. Образец ранее публиковался как *G. maculatus* (Scop.) Fr. (Bulakh et al., 2007; Bau et al., 2011). В сопроводительной информации Е.М. Булах отмечено: “Шл. охр.-крем., н. белая. Мицелий в осн. желтый. К/цистид сверху на ножке нет, есть в нижней 1/2 части”. Дополнительное изучение микроскопических признаков подтвердило принадлежность образца к *G. borealis*.

**Phlebiopsis pilatii* (Parmasto) Spirin et Miettinen [= *Dentocorticium pilatii* (Parmasto) Duhem et H. Michel] — II, на упавшем стволе *Acer tegmentosum*, 27.07.2023, VLA M-28407 (рис. 1, е).

**Picipes tubaeformis* (P. Karst.) Zmitr. et Kovalenko [= *Polyporus tubaeformis* (P. Karst.) Ryvarden et Gilb.] — II, на валежной ветви лиственного дерева, 24.07.2023, VLA M-28346; II, на валежной ветви лиственного дерева, 25.07.2023, VLA M-28382.

Pluteus chrysophaeus (Schaeff.) Quél. — I, на древесине, 25.07.2023, VLA M-28034.

Pseudospongipellis delectans (Peck) Y.C. Dai et Chao G. Wang [= *Sarcodontia delectans* (Peck) Spirin] — II, на валежном стволе *Quercus mongolica*, 24.07.2023, VLA M-28354.

**Serpula himantoides* (Fr.) P. Karst. — II, на мшистом валежном стволе хвойного дерева, 25.07.2023, VLA M-28363.

Виды, новые для кластера “Забеловский”

**Armillaria cepistipes* Velen. — окрестности кордона “Забеловский”, 48.4331° с.ш., 134.2236° в.д., дубовый лес с *Populus tremula* и *Betula davurica*, на валежной древесине и подстилке, 09.09.2015, VLA M-24748 (рис. 1, а). Образец ранее публиковался как *A. mellea* (Vahl) P. Kumm. (Ерофеева et al., 2019).

**Baorangia alexandri* Svetash., Simonini et Vizzini — III, на почве, 25.08.2023, VLA M-28065 (рис. 1, б). Плодовые тела обладали насыщенным грибным ароматом. Вид *B. alexandri* был описан не так давно на материале из заповедника “Сихотэ-Алинский” Приморского края (Vizzini et al., 2018). В более ранних публикациях образцы со сходными морфологическими признаками из южной части российского Дальнего Востока приводились как *Boletus bicolor* Peck (Bulakh, 2015; Bulakh et al., 2016; Bulakh, Bukharova, 2018; Bogacheva et al., 2020). В настоящее время *B. bicolor* рассматривается как вид или комплекс видов с ареалом в пределах североамериканского континента (Kuo, 2015; Bessette et al., 2016).

Entoloma byssisedum (Pers.) Donk — III, на замшелом основании живого ствола *Quercus mongolica*, 25.08.2023, VLA M-28061.

Gymnopus dryophilus (Bull.) Murrill — III, на подстилке, 25.08.2023, VLA M-28041.

Hemistropharia albocrenulata (Peck) Jacobsson et E. Larss. — III, при основании живого ствола *Betula davurica*, 25.08.2023, VLA M-28058.

Infundibulicybe gibba (Pers.) Harmaja [= *Clitocybe gibba* (Pers.) P. Kumm.] — III, на подстилке, 25.08.2023, VLA M-28057.

Laccaria proxima (Boud.) Pat. — окрестности кордона “Забеловский”, 48.4408° с.ш., 134.2283° в.д., дубовый лес с *Populus tremula* и *Betula davurica*, на почве, 05.08.2015, VLA M-25108.

Lactarius fuliginosus (Fr.) Fr. — окрестности кордона “Забеловский”, 48.4331° с.ш., 134.2236° в.д., дубовый лес с *Populus tremula* и *Betula davurica*, на почве, 05 и 06.08.2015, VLA M-24752; III, на почве, 25.08.2023, VLA M-28043. Образец VLA M-24752 представлял собой молодые плодовые тела достаточно темной окраски (рис. 1, в), ввиду чего первоначально был отнесен к *L. lignyotus* Fr. (Ерофеева et al., 2019). Находка в 2023 г. зрелого плодового тела, повторное изучение микропризнаков, а также то обстоятельство, что на территории кластера “Забеловский” отсутствуют хвойные породы деревьев, позволили уточнить видовую принадлежность образца.



Рис. 1. Базидиомицеты заповедника “Бастак”: а – *Armillaria cepistipes* (VLA M-24748); б – *Baorangia alexandri* (VLA M-28065); в – *Lactarius fuliginosus* (VLA M-24752); г – *Mycoleptodonoides vassiljevae* (наблюдение); д – *Ceraceomyces borealis* (VLA M-28349); е – *Phlebiopsis pilatii* (VLA M-28407).

Mycetinis scorodonius (Fr.) A.W. Wilson et Desjardin — III, на сухом стволе *Betula davurica* со следами пала, 25.08.2023, VLA M-28056.

Pholiota lubrica (Pers.) Singer — южный берег оз. Забеловское, 48.4186° с.ш., 134.2114° в.д., дубовый лес с *Populus tremula* и *Betula davurica*, на подстилке у валежного ствола, 13.09.2017, VLA M-26375.

Pluteus chrysophaeus (Schaeff.) Quél. — южный берег оз. Забеловское, 48.4186° с.ш., 134.2114° в.д., дубовый лес с *Populus tremula* и *Betula davurica*, на валежной ветке, 11.09.2015, VLA M-24729. Образец ранее публиковался как *P. leoninus* (Schaeff.) P. Kumm. (Erofeeva et al., 2019). Таким образом, *P. leoninus* не отмечен на территории кластера “Забеловский”.

Poronidulus conchifer (Schwein.) Murrill — окрестности кордона “Забеловский”, 48.4331° с.ш., 134.2236° в.д., лиственный лес, на валежной ветке лиственного дерева, 25.08.2023, собр. Е.С. Лонкина, VLA M-28413.

Stereum hirsutum (Willd.) Pers. — южный берег оз. Забеловское, 48.4186° с.ш., 134.2114° в.д., дубовый лес с *Populus tremula* и *Betula davurica*, на сухостое *Quercus mongolica*, 11.09.2015, VLA M-27399.

S. sanguinolentum (Alb. et Schwein.) Fr. — западный берег оз. Улановское, 48.4414° с.ш., 134.2497° в.д., дубовый лес с *Populus tremula* и *Betula davurica*, на нижней стороне валежного ствола, 10.09.2015, VLA M-27398.

**Thelephora penicillata* (Pers.) Fr. — III, на почве, 25.08.2023, VLA M-28412.

Редко отмечаемые виды

Ниже приведены виды базидиомицетов, редко отмечаемые на территории кластера “Центральный”, свежие находки которых являются подтверждением их стабильного обитания на этой территории.

Antella chinensis (H.S. Yuan) Miettinen [= *Antrodiella chinensis* H.S. Yuan] — II, на валежной ветке *Corylus* sp., 24.07.2023, VLA M-28344.

Dendrothele nivos (Berk. et M.A. Curtis ex Höhn. et Litsch.) P.A. Lemke — II, на коре *Acer* sp., 24.07.2023, VLA M-28341; II, на коре *Acer mono*, 25.07.2023, VLA M-28365.

Hapalopilus croceus (Pers.) Donk — II, на живом *Quercus mongolica*, 27.07.2023, VLA M-28405.

Hebeloma sordescens Vesterh. — II, на подстилке, 25.07.2023, VLA M-28066.

Mycoleptodonoides vassiljevae Nikol. — район г. Дубовая Сопка, 48.5978° с.ш., 134.6922° в.д., на валежном стволе *Acer mono*, 15.09.2022, фотодокументированное наблюдение (рис. 1, г). Находки представителей рода *Mycoleptodonoides* Nikol. в заповеднике “Бастак” ранее ошибочно приводились как *M. aitchisonii* (Berk.) Maas Geest. (Bulakh et al., 2007; Bau et al., 2011; Bukharova, Zmitrovich, 2014). Однако, образцы из южной части российского Дальнего Востока относятся к *M. vassiljevae* Nikol., что уже упоминалось при пересмотре микологических списков (Bukharova et al., 2022).

Mycorrhaphium adustum (Schwein.) Maas Geest. — II, на валежном стволе лиственного дерева, 24.07.2023, VLA M-28340; на валежном стволе лиственного дерева, 26.07.2023, VLA M-28385; II, на валежной древесине *Acer* sp., 26.07.2023, VLA M-28398.

Oxyporus populinus (Schumacher) Donk — II, на живом *Acer* sp., 24.07.2023, VLA M-28343.

Phlebia acerina Peck — II, на отмершем молодом стволе *Maackia amurensis*, 27.07.2023, VLA M-28400.

P. rufa (Pers.) M.P. Christ. — II, на валежной ветви лиственного дерева, 26.07.2023, VLA M-28396.

Pseudomerulius aureus (Fr.) Jülich — II, на валежном стволе *Abies nephrolepis*, 25.07.2023, VLA M-28373.

Ramariopsis crocea (Pers.) Corner — II, на остатках древесины в почве, 25.07.2023, VLA M-28364.

Sanguangporus vaninii (Ljub.) L.W. Zhou et Y.C. Dai [= *Inonotus vaninii* (Ljub.) T. Wagner et M. Fisch] — II, на стволе лиственного дерева, 26.07.2023, VLA M-28389, 28390.

Terana coerulea (Lam.) Kuntze — II, на сухом стволике лиственного дерева, 27.07.2023, VLA M-28404.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выявлены 12 видов грибов, новых для кластера “Центральный” и 14 видов, новых для кластера “Забеловский”. Из них десять видов (*Armillaria cepistipes*, *Baeospora myriadophylla*, *Baorangia alexandri*, *Ceraceomyces borealis*, *Dichomitus squalens*, *Gomphidius borealis*, *Phlebiopsis pilatii*, *Picipes tubaeformis*, *Serpula himantoides*, *Thelephora penicillata*) являются новыми для Еврейской АО, и еще четыре вида (*Cerioporus varius*, *Entoloma byssisedum*, *Eocronartium muscicola*, *Hemistropharia albocrenulata*) обнаружены впервые для территории заповедника в целом. Обитание *Gomphidius maculatus* в регионе в настоящее время не подтверждено. С учетом новых данных, для территории заповедника “Бастак” известен 781 вид базидиальных макромицетов.

Выражаем признательность администрации и сотрудникам заповедника “Бастак” за содействие в проведении полевых работ. Работа Н.В. Бухаровой выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 124012400285-7). Работа Е.А. Ерофеевой выполнена в рамках государственного задания ИКАРП ДВО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Bau T., Bulakh E.M., Govorova O.K. *Basidiomycetes*. In: Fungi of Ussuri River valley. Beijing, Science Press, 2011, pp. 118–293.
- Bessette A.E., Roody W.C., Bessette A.R. *Boletes of Eastern North America*. Syracuse University Press, Syracuse, N.Y., 2016.
- Bogacheva A.V., Bulakh E.M., Bukharova N.V. et al. *Fungi*. In: Biota and soil of the “Udege Legend” National Park. Vladivostok, Dalnauka, 2020, pp. 169–209 (in Russ.).
- 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. *Biol. Communications*. 2021. V. 66 (4). P. 316–325. <https://doi.org/10.21638/spbu03.2021.404>
- Bukharova N.V., Zmitrovich I.V. Aphyllophoroid fungi of the “Bastak” Reserve. *Mikologia i fitopatologia*. 2014. V. 48 (6). P. 343–354 (in Russ.).
- Bukharova N.V. *Steccherinum aurantilaetum* (Corner) Bernicchia et Gorjón (Basidiomycota) in the Far East of Russia. *Komarovskie chteniya*. 2021. V. 69. P. 124–129 (in Russ.). <https://doi.org/10.25221/kl.69.8>
- Bukharova N.V., Bulakh E.M., Spirin V.A. et al. Species of fungi in need of conservation in Primorsky Krai, Russian Far

- East (for the regional Red Data Book update). Biota i sreda prirodnikh territoriy. 2022. N1. P. 69–83 (in Russ.).
- Bulakh E.M., Govorova O.K., Nazarova M.M. et al. Fungi. Class *Basidiomycetes*. In: Flora, mycobiota and vegetation of the “Bastak” reserve. Vladivostok, Dalnauka, 2007. P. 170–208 (in Russ.).
- Bulakh E.M. Mushrooms of the forests of the Russian Far East. Dalnauka, Vladivostok, 2015 (in Russ.).
- Bulakh E.M. New species of agaricoid fungi for Russia and the Russian Far East. Mikologiya i fitopatologiya. 2008. V. 42 (5). P. 417–425 (in Russ.).
- Bulakh E.M., Bukharova N.V., Malysheva V.F. et al. Basidiomycetous fungi. In: Plants, fungi and lichens of the Sikhote-Alin Reserve. Vladivostok, Dalnauka, 2016, pp. 393–457 (in Russ.).
- Bulakh E.M., Bukharova N.V. Macromycetes: *Basidiomycota*. In: Mycobiota of the Far Eastern oak forests. Vladivostok, 2018, pp. 89–126 (in Russ.).
- Crous P.W., Osieck E.R., Jurjevi Z. et al. Fungal Planet description sheets: 1284–1382. Persoonia. 2021. V. 47. P. 178–374. <https://doi.org/10.3767/persoonia.2021.47.06>
- Erofeeva E.A. Unique findings of basidial macromycetes in the Jewish Autonomous Region. Regionalnye problemy. 2023. V. 26 (3). P. 4–15 (in Russ.). <https://doi.org/10.31433/2618-9593-2023-26-3-4-15>
- Erofeeva E.A., Bukharova N.V., Bulakh E.M. First data on basidial macromycetes at the cluster Zabelovsky of the Bastak Nature Reserve (Jewish Autonomous Region). Turczaninowia. 2019. V. 22 (1). P. 122–131 (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.22.1.11>
- Erofeeva E.A., Bukharova N.V. Materials to the Red Book of the Jewish Autonomous Region (*Basidiomycota*). Regionalnye problemy. 2019. V. 22 (3). P. 9–17 (in Russ.).
- Erofeeva E.A., Bukharova N.V., Bulakh E.M. New data on *Basidiomycetes* of the Jewish Autonomous Region (Russia). Mikologiya i fitopatologiya. 2021. V. 55 (6). P. 423–430 (in Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0026364821060088>
- Frisman E. Ya. (ed.). A geography of Jewish Autonomous Region: overview. ICARP FEB RAS, Birobidzhan, 2018 (in Russ.).
- GBIF Home Page. 2024. <https://www.gbif.org>. Accessed 06.05.2024.
- Index Fungorum. 2024. <http://www.indexfungorum.org/>. Accessed 25.03.2024.
- Kiyashko A.A., Malysheva E.F., Antonin V. et al. Fungi of the Russian Far East 2. New species and new records of *Marasmius* (*Marasmiaceae*, *Basidiomycota*). Phytotaxa. 2014. V. 186 (1). P. 001–028. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.186.1.1>
- Kuo M. *Boletus bicolor*. Retrieved from the MushroomExpert. Com Web site: http://www.mushroomexpert.com/boletus_bicolor.html. Accessed 25.03.2024.
- Malysheva V.F., Malysheva E.F., Bulakh E.M. The genus *Tremella* (*Tremellales*, *Basidiomycota*) in Russia with description of two new species and proposal of one nomenclatural combination. Phytotaxa. 2015. V. 238 (1). P. 040–070. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.238.1.2>
- Malysheva E.F. Definitorium Fungorum Rossiae. Ordo *Agaricales*. Fasc. 2. Family *Bolbitiaceae*. Nestor-Istoriya, St. Petersburg: 2018. 416 p. (in Russ.).
- Psurtseva N.V., Zmitrovich I.V., Seelan J.S.S. et al. New data on morphology, physiology, and geographical distribution of *Lignomyces vetlinianus*, its identity with *Lentinus pilososquamulosus*, and sufficient phylogenetic distance from *L. martianoffianus*. Mycol. Progress. 2021. V. 20. P. 809–821. <https://doi.org/10.1007/s11557-021-01701-z>
- Rebriev Yu.A., Bulakh E.M. *Morganella sosinii* sp. nov. (*Agaricaceae*) from the Russian Far East. Mikologiya i fitopatologiya. 2015. V. 49(5). P. 293–296.
- Rebriev Yu.A. Gasteromycetes of the genus *Lycoperdon* in Russia. Mikologia i fitopatologia. 2016. V. 50 (5). P. 302–312 (in Russ.).
- Rebriev Yu.A., Dvadenko K.V. Gasteromycetes of the genus *Bovista* in Russia. Mikologia i fitopatologia. 2017. V. 51 (6). P. 365–374 (in Russ.).
- Rebriev Yu.A., Bulakh E.M., Gorbunova I.A. et al. Rare species of gasteromycetes from the Asian part of Russia. Mikologia i fitopatologiya. 2018. V. 52 (5). P. 350–356 (in Russ.).
- Rebriev Yu.A., Bulakh E.M., Sazanova N.A. et al. New species of macromycetes for regions of the Russian Far East. 1. Mikologiya i fitopatologiya. 2020. V. 54 (4). P. 278–287. <https://doi.org/10.31857/S0026364820040091>
- Rebriev Yu.A., Zvyagina E.A. *Scleroderma furfuraceum* (*Boletales*, *Agaricomycetes*) – a new species from the Russian Far East. Phytotaxa. 2022. V. 555 (2). P. 169–177. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.555.2.5>
- Rebriev Yu.A., Bogacheva A.V., Bulakh E.M. et al. New species of macromycetes for regions of the Russian Far East. 3. Mikologiya i fitopatologiya. 2022. V. 56 (4). P. 254–263. <https://doi.org/10.31857/S0026364822040080>
- Rebriev Yu.A., Bogacheva A.V., Bukharova N.V. et al. New species of macromycetes for regions of the Russian Far East. 4. Mikologiya i fitopatologiya. 2023. V. 57 (4). P. 281–290. <https://doi.org/10.31857/S0026364823040104>
- Vizzini A., Ercole E., Svetasheva T. et al. *Baorangia alexandri* Svetash., Simonini et Vizzini, sp. nov. In: Crous P.W. et al. Fungal Planet description sheets: 716–784. Persoonia. 2018. V. 40. P. 240–393. <https://doi.org/10.3767/persoonia.2018.40.10>
- Volobuev S., Okun M., Ordynets A. et al. The *Phanerochaete sordida* group (*Polyporales*, *Basidiomycota*) in temperate Eurasia, with a note on *Phanerochaete pallida*. Mycol. Progress. 2015. V. 14 (80). <https://doi.org/10.1007/s11557-015-1097-0>
- Zhurbenko M.P. Lichenicolous fungi from Far East of Russia. Folia Cryptog. Estonica. 2014. Fasc. 51. P. 113–119.
- Богачева А.В., Булах Е.М., Бухарова Н.В. и др. (Bogacheva et al.) Грибы // Биота и почвы национального парка

- “Удэгейская легенда”. Владивосток: Дальнаука, 2020. С. 169–209.
<https://doi.org/10.25221/udegelegend.7>
- Булах Е.М. (Bulakh) Новые для России и Дальнего Востока России виды агарикоидных грибов // Микология и фитопатология. 2008. Т. 42, № 5. С. 417–425.
- Булах Е.М., Бухарова Н.В., Малышева В.Ф. и др. (Bulakh et al.) Базидиальные грибы // Растения, грибы и лишайники Сихотэ-Алинского заповедника. Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 393–457.
- Булах Е.М., Говорова О.К., Назарова М.М. и др. (Bulakh et al.) Грибы. Класс Basidiomycetes // Флора, микобиота и растительность заповедника “Бастак”. Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 170–208.
- Булах Е.М. (Bulakh) Грибы лесов Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2015. 404 с.
- Булах Е.М., Бухарова Н.В. (Bulakh, Bukharova) Макромицеты: Basidiomycota // Микобиота дальневосточных дубняков. Владивосток, 2018. С. 89–126.
- Бухарова Н.В., Змитрович И.В. (Bukharova, Zmitrovich) Афилофороидные грибы заповедника “Бастак” // Микология и фитопатология. 2014. Т. 48, № 6. С. 343–354.
- Бухарова Н.В. (Bukharova) *Steccherinum aurantilaetum* (Corner) Bernicchia et Gorjón (Basidiomycota) на Дальнем Востоке России // Комаровские чтения. 2021. Вып. 69. С. 124–129.
- Бухарова Н.В., Булах Е.М., Спиринов В.А. и др. (Bukharova et al.) Нуждающиеся в охране виды грибов Приморского края Дальнего Востока России (к обновлению региональной Красной книги // Биота и среда природных территорий. 2022. № 1. С. 69–83.
- Ерофеева Е.А. (Erofeeva) Уникальные находки базидиальных макромицетов в Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2023. Т. 26, № 3. С. 4–15.
- Ерофеева Е.А., Бухарова Н.В. (Erofeeva, Bukharova) Материалы к ведению Красной книги Еврейской автономной области (Basidiomycota) // Региональные проблемы. 2019. Т. 22, № 3. С. 9–17.
- Ерофеева Е.А., Бухарова Н.В., Булах Е.М. (Erofeeva et al.) Первые сведения о базидиальных макромицетах кластера “Забеловский” заповедника «Бастак» (Еврейская автономная область) // Turzaninowia. 2019. Т. 22, № 1. С. 122–131.
- Ерофеева Е.А., Бухарова Н.В., Булах Е.М. (Erofeeva et al.) Новые сведения о базидиальных макромицетах Еврейской автономной области // Микология и фитопатология. 2021. Т. 55, № 6. С. 423–430.
- Малышева Е.Ф. (Malysheva) Семейство Больбитиевые. (Определитель грибов России: Порядок Агариковые; Вып. 2) / Отв. ред. О.В. Морозова. СПб: Нестор-История, 2018. 416 с.
- Ребриев Ю.А. (Rebriev) Гастеромицеты рода *Lycoperdon* в России // Микология и фитопатология. 2016. Т. 50, № 5. С. 302–312.
- Ребриев Ю.А., Двадненко К.В. (Rebriev, Dvadenko) Гастеромицеты рода *Bovista* в России // Микология и фитопатология. 2017. Т. 51, № 6. С. 365–374.
- Ребриев Ю.А., Булах Е.М., Горбунова И.А. и др. (Rebriev et al.) Редкие виды гастеромицетов из Азиатской части России // Микология и фитопатология. 2018. Т. 52, № 5. С. 350–356.
- Фрисман Е.Я. (ред.) (Frisman). География Еврейской автономной области: общий обзор. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. 406 с.

New Data on Basidiomycetous Macrofungi of the Bastak State Nature Reserve (Jewish Autonomous Region, Russia)

N. V. Bukharova^{a, b, #} and E. A. Erofeeva^{c, ##}

^a Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

^b State Nature Reserve “Bastak”, Birobidzhan, Russia

^c Institute for Complex Analysis of Regional Problems of the Far East branch of the Russian Academy of Sciences, Birobidzhan, Russia

[#]e-mail: nadya808080@mail.ru

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

As a result of field work and revision of herbarium material from previous years' collections, 14 fungal species new to the Bastak Nature Reserve were identified. Ten of them are new for the Jewish Autonomous Region (*Armillaria cepistipes*, *Baeospora myriadophylla*, *Baorangia alexandri*, *Ceraceomyces borealis*, *Dichomitus squalens*, *Gomphidius borealis*, *Phlebiopsis pilatii*, *Picipes tubaeformis*, *Serpula himantoides*, *Thelephora penicillata*). To date, 781 species of basidial macrofungi are known in the reserve mycobiota.

Keywords: biodiversity, environmental protection, fungi, mushrooms, mycobiota, Russian Far East

NEW FINDINGS OF APHYLLOPHOROID FUNGI FROM THE KALUZHSKIE ZASEKI STATE NATURE RESERVE (KALUGA REGION, RUSSIA)

© 2024. S. V. Volobuev^{1,*}

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

*e-mail: sergvolobuev@binran.ru

Received 27 April, 2024; revised 20 June, 2024; accepted 13 July, 2024

New data on species richness and ecology of lignicolous aphyllorphoroid fungi (*Agaricomycetes*, *Basidiomycota*) inhabiting the old-growth mesic broad-leaved forest of the Kaluzhskie Zaseki State Nature Reserve (Central Russian Upland, European part of Russia) is presented. A list of 46 species new to Kaluga Region is annotated with data on occupied woody substrates, collection numbers of herbarium specimens and brief distributional notes. Among them *Thanatephorus ochraceus* is a new species to the European part of Russia, *Athelia cystidiolophora*, *Leucogyrophana sororia*, *Phlebia subulata*, *Skeletocutis kuehneri*, *Steccherinum pudorinum*, and *Tomentella lapida* are registered for the first time for the Central Russian Upland. New localities of rare and little-known in Europe species, such as *Aporpium macroporum*, *Hyphoderma incrustatum*, *Kneiffiella abdita*, *Peniophorella clavigera*, *Riopa metamorphosa*, *Sistotrema porulosum*, and *Yuchengia narymica*, are revealed.

Keywords: biogeography, corticioid fungi, deciduous forest, Eastern Europe, polypores, rare species, species diversity

DOI: 10.31857/S0026364824050043, **EDN:** uoyzfs

INTRODUCTION

Aphyllorphoroid fungi unite a diverse group of non-gilled macrofungi from the phylum *Basidiomycota*. Being predominantly wood-inhabiting organisms they are presented by wood decomposers, including both saprotrophs and xylopathogens, but also by litter decayers and ectomycorrhizal species (Kotiranta et al., 2009). As xylophages, aphyllorphoroid fungi determine the intensity of the biospherically important process of dead wood decomposition, the carbon cycle and, consequently, the dynamics of forest ecosystems, including their species richness (Stokland et al., 2012). The strong preference of some wood-inhabiting fungi for old-growth forest patches led to the suggestion that these fungi could be used as indicators of a forest's conservation value (Heilmann-Clausen et al., 2017). The coniferous forests of Fennoscandia and European beech forests are much better studied in this respect (Kotiranta, Niemelä, 1996; Christensen et al., 2004; Halme et al., 2017, etc.). At the same time, the species diversity of aphyllorphoroid fungi in the broad-leaved forests of Eastern Europe, and in particular in the territory of the Central Russian Upland, is still underestimated. Moreover, there are large gaps in knowledge of fungal distribution and their ecology, including substrate and habitat requirements. Descriptive and inventory studies of macrofungi therefore retain their relevance to the present time.

Kaluga Region belongs to the regions of the European Russia for which less than 200 aphyllorphoroid fungi species are registered to date. The review on the history of the studies on these basidial fungi in Kaluga Region contains data on 164 species revealed for the region (Volobuev, Bolshakov, 2016). Later, additions to the aphyllorphoroid fungi diversity were published in the first article of the series “New species for regional mycobiotas of Russia” (Bolshakov et al., 2016) and the article on the polypore fungi findings from the Kaluzhskie Zaseki State Nature Reserve (Volobuev, 2022). In total, among 183 species known for Kaluga Region, 96 aphyllorphoroid fungi species are currently recorded for the Kaluzhskie Zaseki State Nature Reserve, and 116 species for the Ugra National Park, respectively.

The aim of this study is to present new data on the species diversity and ecology of aphyllorphoroid fungi distributed in still insufficiently explored broad-leaved forests of the Central Russian Upland and Eastern Europe within the Kaluzhskie Zaseki State Nature Reserve.

MATERIALS AND METHODS

The field work was carried out in August of 2020 on the Kaluzhskie Zaseki State Nature Reserve (Kaluga Region) situated in the broad-leaved forest zone of the European part of Russia (Smirnova et al., 2017;

Safronova, Yurkovskaya, 2018); the geographical coordinates of the Reserve are 53.5–53.9 °N, 35.6–35.9 °E. The Reserve was established in 1992 to protect the old-growth multi-species broad-leaved forests and their high level of biodiversity against diverse anthropogenic impacts. It is a remarkable natural historical fact that the Reserve forests grow on the site of the former Zaorskaya Abatis belt, which was the line of defence of the Muscovite state in the 16–18th centuries (Bobrovskiy, 2002).

Basidiomata were collected by the author within the Southern area of the Reserve located near Yagodnoye village, where a massive windthrow occurred in August of 2006 (Khanina et al., 2019). Before the windthrow there was an aspen-broadleaved forest with the predominance of *Populus tremula* L., *Tilia cordata* Mill., *Quercus robur* L. with the presence of *Picea abies* (L.) H. Karst. [sample plots 1 and 3 in Bobrovskiy and Stamenov (2020)]. Soddy podbours and soddy-podzolic soils on the fluvio-glacial sands dominate. The vegetation can be attributed to the *Quercus-Tilietum cordatae* association, Laivinsh 1986 ex Laivinsh in Solomesč et al. 1993. Diagnostic species of this association belonging to the nemoral ecological-coenotic group show high constancy, at the same time boreal species of herbs [*Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman, *Luzula pilosa* (L.) Willd., *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt, *Phegopteris connectilis* (Michx.) Watt, etc.] can also be found here (Khanina et al., 2019).

Pieces of basidiomata were collected from fallen trunks with recording the data on host tree species, decay stage, sampling date. The decay stage classification (1–5) of dead wood follows the criteria of Renvall (1995). The dried material was identified by light microscopy technique using a Carl Zeiss AxioScope A1 microscope, a LOMO Mikmed-6 microscope with a standard set of chemicals (5% KOH, Melzer's reagent, 0.1% Cotton Blue). The studied specimens are kept in the Mycological Herbarium of the Komarov Botanical Institute RAS, Saint Petersburg (LE).

The nomenclature follows mostly Bernicchia and Gorjón (2010) and Ryvarden and Melo (2017) with some exceptions according to modern publications.

RESULTS AND DISCUSSION

In total, 46 species from 38 genera and 12 orders of aphyllorhizoid fungi (*Agaricomycetes*, *Basidiomycota*) were identified. All species are revealed for Kaluga Region for the first time.

The species list annotated with data on occupied woody substrates and collection numbers of specimens is presented below. All specimens were collected by the author. Short notes on distribution in Europe, Russia and the Central Russian Upland are provided for some

records. Genera and species are arranged alphabetically within each accepted order.

Annotated list of species

AGARICOMYCETES

Agaricales

Clavaria amoenoides Corner, K.S. Thind et Anand. — on soil under detached bark of *Ulmus laevis* (decay stage 2), 02.08.2020, LE F-334669. The second record of the species within the Central Russian Upland after the finding in the forest-steppe zone of Oryol Region (Shiryaev, Volobuev, 2013).

Mucronella calva (Alb. et Schwein.) Fr. — on *Fraxinus excelsior* (decay stage 2), 03.08.2020, LE F-334678; on *Picea abies* (decay stage 3), 03.08.2020, LE F-334679; on *Tilia cordata* (decay stage 4), 03.08.2020, LE F-334680. This remarkable fungus with tiny spike-like basidiomata is often overlooked but has a wide geographical range in European forests (Bernicchia, Gorjón, 2010).

M. flava Corner — on *Picea abies* (decay stage 4), 01.08.2020, LE F-334681. The species is less known than *M. calva*. It is distributed in the European part of Russia mainly in boreal and hemiboreal forests (Bolshakov et al., 2022).

Amylocorticiales

Amylocorticium subincarnatum (Peck) Pouzar — on *Picea abies* (decay stage 2), 02.08.2020, LE F-334660. This fungus prefers large decorticate coniferous trunks. In Europe, it mostly occurs in old forests with plenty of dead wood (Larsson, Ryvarden, 2021).

Atheliales

Amphinema byssoides (Pers.) J. Erikss. — on *Picea abies* (decay stage 3), 01.08.2020, LE F-334657. One of the most widely distributed mycorrhizal-forming species in boreal forests of Europe (Bernicchia, Gorjón, 2010).

Athelia cystidiolophora Parmasto — on *Betula pendula* (decay stage 2), 31.07.2020, LE F-334658, LE F-334663. The first records of the fungus in the Central Russian Upland. According to micromorphology study of scanty type material, the species has been synonymized with *A. decipiens* (Larsson, Ryvarden, 2021). However, we prefer to consider *A. cystidiolophora* as a distinct species due to its characteristic cystidia.

A. decipiens (Höhn. et Litsch.) J. Erikss. — on *Betula pendula* (decay stage 2), 31.07.2020, LE F-334664; on *Picea abies* (decay stage 3), 1.08.2020, LE F-334665; on *Tilia cordata* (decay stage 4), 3.08.2020, LE F-334667. This is a common and widespread species in the European part of Russia (Bolshakov et al., 2022) as well as in all European countries (Bernicchia, Gorjón, 2010).

Auriculariales

Aporpium macroporum Niemelä, Spirin et Miettinen — on *Populus tremula* (decay stage 2), 02.08.2020, LE F-334662. This recently described species (Miettinen et al., 2012) was previously known in the Central Russian Upland only from Oryol Region (Volobuev, 2013).

Boletales

Leucogyrophana sororia (Burt) Ginns — on *Picea abies* (decay stage 4), 03.08.2020, LE F-334676. The first finding of the fungus in the Central Russian Upland. Its closest finds in the European Russia are in two protected forest areas, namely from the Oksky Nature Reserve in Ryazan Region (Volosnova, 2007), and from the Central Forest Reserve in Tver Region (Kotkova, 2014a).

Cantharellales

Botryobasidium conspersum J. Erikss. — on *Tilia cordata* (decay stage 4), 03.08.2020, LE F-334668. The second record of the species within the Central Russian Upland after the finding in the linden-dominated forest in Oryol Region (Volobuev, 2015).

Sistotrema brinkmannii (Bres.) J. Erikss. — on *Acer platanoides* (decay stage 4), 03.08.2020, LE F-334693. One of the most widely distributed representatives of the genus in Russia (Bondartseva, Zmitrovich, 2020).

S. porulosum Hallenb. — on *Ulmus laevis* (decay stage 2), 02.08.2020, LE F-334694. The fourth location of the fungus in the European part of Russia.

This rare species is also known in Middle and Southern Europe based on few records in some countries (Bernicchia, Gorjón, 2010).

Thanatephorus ochraceus (Masse) P. Roberts — on *Acer platanoides* (decay stage 2), 02.08.2020, LE F-334697. The first record of the species in the European part of Russia. Previously, the species was reported from the North-Eastern Caucasus (Volobuev, Ivanushenko, 2020; Ivanushenko, Volobuev, 2022; Ismailov et al., 2023), the Urals (Shiryaev, Stavishenko, 2011), and Siberia (Burt, 1931; Roberts, 1998; Kotkova et al., 2022).

Gomphales

Phaeoclavulina flaccida (Fr.) Giachini — on *Betula pendula* (decay stage 3), 02.08.2020, LE F-334686.

Hymenochaetales

Hyphodontia alutaria (Burt) J. Erikss. — on *Picea abies* (decay stage 2), 03.08.2020, LE F-334672.

H. pallidula (Bres.) J. Erikss. — on *Picea abies* (decay stage 3), 01.08.2020, LE F-334673; on *Quercus robur* (decay stage 3), 03.08.2020, LE F-334674.

Kneiffiella abdita Riebeschl et Langer [= *Chaetoporellus latitans* (Bourdot et Galzin) Bondartsev et Singer] — on *Fraxinus excelsior* (decay stage 3), 03.08.2020, LE F-334675. The second record of the species within the Central Russian Upland after the finding in Oryol Region (Volobuev, 2015). This fungus is rare in Europe, where it is known from a few countries (Ryvarden, Melo, 2017).

Lyomyces erastii (Saaren. et Kotir.) Hjortstam et Ryvarden — on *Acer platanoides* (decay stage 2), 02.08.2020, LE F-334677.

Peniophorella clavigera (Bres.) K.H. Larss. — on *Populus tremula* (decay stage 3), 31.07.2020, LE F-334685. The second record of the species in the European part of Russia besides its finding in Arkhangelsk Region (Kotkova, 2014b). This fungus has a scattered distribution in Europe (Bernicchia, Gorjón, 2010).

Resinicium bicolor (Alb. et Schwein.) Parmasto — on *Picea abies* (decay stage 3), 03.08.2020, LE F-334689.

Sidera lenis (P. Karst.) Miettinen — on *Picea abies* (decay stage 4), 01.08.2020, LE F-334692.

Xylodon brevisetus (P. Karst.) Hjortstam et Ryvarden — on *Picea abies* (decay stage 4), 03.08.2020, LE F-334704.

Polyporales

Antrodia minuta Spirin — on *Populus tremula* (decay stage 4), 31.07.2020, LE F-334659.

A. sinuosa (Fr.) P. Karst. — on *Picea abies* (decay stage 4), 01.08.2020, LE F-334661.

Ceriporia viridans (Berk. et Broome) Donk — on *Tilia cordata* (decay stage 5), 03.08.2020, LE F-334654.

Hyphoderma incrustatum K.H. Larss. — on *Populus tremula* (decay stage 4), 31.07.2020, LE F-334655; on *Quercus robur* (decay stage 4), 03.08.2020, LE F-334656. The species has a sporadic distribution in Europe (Bernicchia, Gorjón, 2010); it was rarely registered in the European part of Russia. The nearest location of the species is known from Tula Region (Sveta-sheva, 2021).

Mycoacia fuscoatra (Fr.) Donk — on *Populus tremula* (decay stage 4), 31.07.2020, LE F-334682; on *Fraxinus excelsior* (decay stage 3), 03.08.2020, LE F-334683.

Osteina undosa (Peck) Zmitr. — on *Picea abies* (decay stage 3), 01.08.2020, LE F-334684.

Phlebia subulata J. Erikss. et Hjortstam — on *Picea abies* (decay stage 3), 01.08.2020, LE F-334687. The first finding of the fungus in the Central Russian Upland. Previously, the species has been known in the European part of Russia from five regions of the boreal forests zone (Bolshakov et al., 2022).

Physisporinus crocatus (Pat.) F. Wu, Jia J. Chen et Y.C. Dai — on *Betula pendula* (decay stage 2), 31.07.2020, LE F-334653.

Postia guttulata (Sacc.) Jülich — on *Picea abies* (decay stage 3), 01.08.2020, LE F-334688.

Rhodonía placenta (Fr.) Niemelä, K.H. Larss. et Schigel — on *Picea abies* (decay stage 3), 01.08.2020, LE F-334690. This fungus is included in the list of indicator species for old-growth Fennoscandian coniferous forests (Kotiranta, Niemelä, 1996). It is rare in Europe (Ryvarden, Melo, 2017) and prefers forests with a minimal anthropogenic impact. The species is red-listed in adjacent territory of Oryol Region (Red Data Book., 2021).

Riopa metamorphosa (Fuckel) Miettinen et Spirin (fig. 1, a) — on *Quercus robur* (decay stage 2), 31.07.2020, LE F-334651. The second record of the species within the Central Russian Upland besides the finding in oak-dominated forest in Lipetsk Region, and the fifth record for Russia (Volobuev et al., 2021). This rare species was registered only in a few European countries (Ryvarden, Melo, 2017).

Sarcoporia polyspora P. Karst. — on *Picea abies* (decay stage 3), 03.08.2020, LE F-334691.

Skeletocutis kuehneri A. David — on *Picea abies* (decay stage 4), 01.08.2020, LE F-334695. The first finding of the fungus in the Central Russian Upland.

Steccherinum pudorinum (Fr.) Spirin et Popa — on *Tilia cordata* (decay stage 3), 03.08.2020, LE F-334696. The first finding of the fungus in the

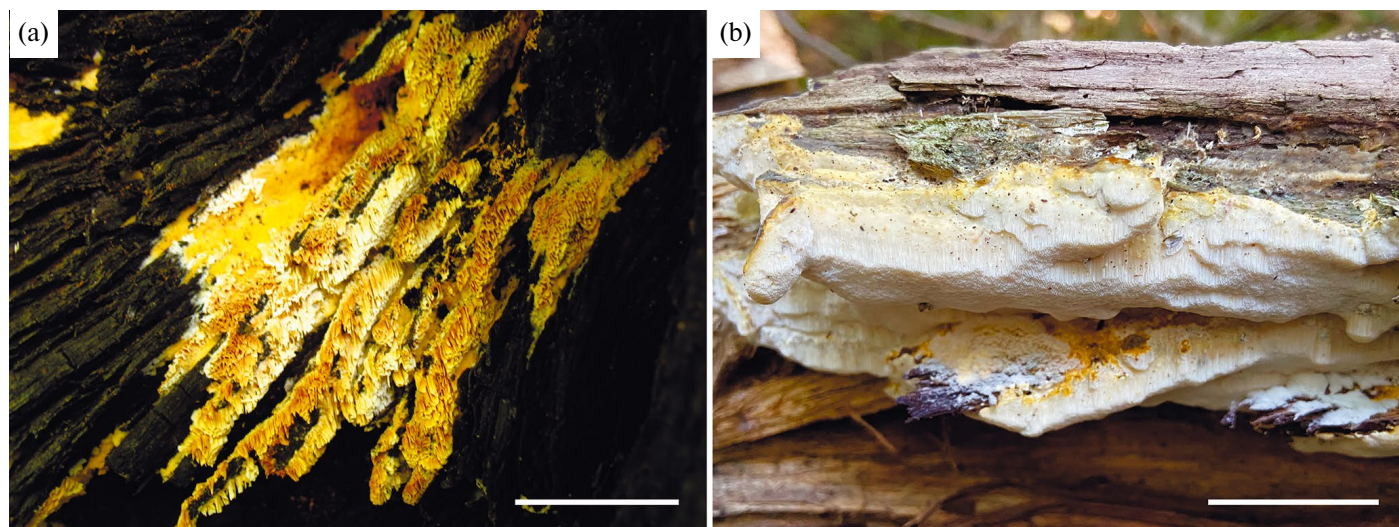


Fig. 1. Basidiomata of *Riopa metamorphosa* (a) and *Yuchengia narymica* (b), scale bar 1 cm.

Central Russian Upland. The present name of this species appeared after taxonomic revision (Popa et al., 2024) and synonymisation with *Steccherinum tenuispinum* Spirin, Zmitr. et Malysheva. This species is supposed to have a wide distribution, but is rare and restricted to old-growth forests.

Yuchengia narymica (Pilát) B.K. Cui, C.L. Zhao et K.T. Steffen (fig. 1, b) — on *Fraxinus excelsior* (decay stage 2), 02.08.2020, LE F-334701. According to Ryvarden and Melo (2017) this is a rare eastern and southern species in Europe. In the Central Russian Upland, it is quite common on deciduous wood (*Acer*, *Betula*, *Populus*, *Quercus*) in Oryol Region (Volobuev, 2013; Volobuev, 2015).

Russulales

Baltazaria galactina (Fr.) Leal-Dutra, Dentinger et G.W. Griff. — on *Populus tremula* (decay stage 5), 31.07.2020, LE F-334666.

Gloeocystidiellum convolvens (P. Karst.) Donk — on *Populus tremula* (decay stage 4), 31.07.2020, LE F-334670.

Heterobasidion parviporum Niemelä et Korhonen — on *Picea abies* (decay stage 3), 03.08.2020, LE F-334671.

Thelephorales

Tomentella lapida (Pers.) Stalpers — on *Populus tremula* (decay stage 5), 31.07.2020, LE F-334698. The first finding of the fungus in the Central Russian Upland.

Trechisporales

Subulicystidium longisporum (Pat.) Parmasto — on *Fraxinus excelsior* (decay stage 2), 31.07.2020, LE F-334649; on *Tilia cordata* (decay stage 3), 31.07.2020, LE F-334650. One of two *Subulicystidium* species registered in the Central Russian Upland (Volobuev, 2016). This is a common species in Europe with a wide host range (Bernicchia, Gorjón, 2010).

Trechispora cohaerens (Schwein.) Jülich et Stalpers — on *Betula pendula* (decay stage 4), 02.08.2020, LE F-334699.

T. confinis (Bourdot et Galzin) Liberta — on *Quercus robur* (decay stage 2), 31.07.2020, LE F-334652.

T. farinacea (Pers.) Liberta — on *Betula pendula* (decay stage 2), 31.07.2020, LE F-334700; on *Populus tremula* (decay stage 3), 31.07.2020, LE F-334702; on *Picea abies* (decay stage 4), 03.08.2020, LE F-334705.

T. hymenocystis (Berk. et Broome) K.H. Larss. — on *Picea abies* (decay stage 3), 03.08.2020, LE F-334703.

Among the 46 species revealed, *Thanatephorus ochraceus* is new to the European part of Russia. Another six species, *Athelia cystidiolophora*, *Leucogyrophana sororia*, *Phlebia subulata*, *Skeletocutis kuehneri*, *Steccherinum pudorinum*, and *Tomentella lapida*, are first registered for the Central Russian Upland. Most of these species also have a scattered distribution in Europe, being known from a few finds in a few countries (Bernicchia, Gorjón, 2010).

All recorded species are saprotrophs. Most of the species were observed on different angiosperm wood, but the maximum number of species new to Kaluga Region was collected on *Picea abies* (21 species). The distribution of fungal species among the other host tree species is as follows: nine species grew on *Populus tremula*, six — on *Betula pendula* and *Tilia cordata*, five — on *Fraxinus excelsior*, four — on *Quercus robur*, three — on *Acer platanoides*, and two species — on *Ulmus laevis*. At the same time, rare and little-collected in Europe species, such as *Aporpium macroporum*, *Kneiffiella abdita*, *Peniophorella clavigera*, *Riopa metamorphosa*, *Sistotrema porulosum*, and *Yuchengia narymica*, were registered on dead wood of deciduous trees. These species possess unique habitat

and substrate requirements and should be taken under a consideration for conservation practice purposes.

CONCLUSION

Protected areas, especially nature reserves, are undoubtedly the main tool for conserving biodiversity including fungi. Many habitat types are unique to the various protected areas around the world. Broad-leaved forests, together with their characteristic species of wood-inhabiting fungi, are one of the vulnerable ecosystem types in Eastern Europe. A timely inventory of the species composition of the mycobiota is particularly relevant in this context. As a result of short-term investigations carried out in the Kaluzhskie Zaseki State Nature Reserve's area, the level of species richness of aphylloroid fungi in Kaluga Region increased from 183 to 229 species. The specific features of substrate confinement of xylotrophic basidiomycetes were also clarified. At the same time, the need for further mycological investigations, which should be aimed at the study of fine substrate units of dead wood, located in the phytocoenotic environment of an old-growth broad-leaved forest, is beyond doubt.

This study was supported by the Russian Science Foundation, RSF project N22-24-01063; <https://rscf.ru/en/project/22-24-01063/>.

REFERENCES

- Bernicchia A., Gorjón S.P. *Corticaceae* s.l. Fungi Europaei. V. 12. Edizioni Candusso, Alassio, 2010.
- Bobrovskiy M.V. Kozel forest reserve (ecological and historical review). Izd-vo N. Bochkarevov, Kaluga, 2002. (In Russ.).
- Bobrovskiy M.V., Stamenov M.N. An impact of the year 2006 catastrophic windfall on structure and composition of forest vegetation in "Kaluzhskiy Zaseki" natural reserve. Russian Journal of Forest Science. 2020. N 6. P. 523–536. (In Russ.).
- 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. Aphylloroid fungi of the European part of Russia: a checklist / Eds S. Yu. Bolshakov, S.V. Volobuev. ETU Publishing house, SPb., 2022. (In Russ.).
- Bondartseva M.A., Zmitrovich I.V. The genus *Sistotrema* (*Cantharellales*, *Hydnaceae*) in Russia. Mikologiya i fitopatologiya. 2020. V. 54 (1). P. 3–15. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0026364820010043>
- Burt E.A. Hymenomycetous fungi of Siberia and Eastern Asia — mostly of wood-destroying species. Annals of the Missouri Botanical Garden. 1931. V. 18 (3). P. 469–487.
- Christensen M., Heilmann-Clausen J., Walley R. et al. Wood-inhabiting fungi as indicators of nature value in European beech forests. In: M. Marchetti (ed.). Monitoring and indicators of

- forest biodiversity in Europe – from ideas to operationality, EFI Proceedings, V. 51. European Forest Institute, Joensuu, 2004. P. 229–237.
- Halme P., Holec J., Heilmann-Clausen J. The history and future of fungi as biodiversity surrogates in forests. *Fungal Ecology*. 2017. V. 27 (B). P. 193–201. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2016.10.005>
- Heilmann-Clausen J., Adamčík S., Bässler C. et al. State of the art and future directions for mycological research in old-growth forests. *Fungal Ecology*. 2017. V. 27 (B). P. 141–144. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2016.12.005>
- Ismailov A.B., Volobuev S.V., Ivanushenko Yu. Yu. Alpha diversity of lichenized and aphyllorhizoid fungi in two 1 ha forest plots in the Samursky National Park (Republic of Dagestan, Russia). *South of Russia: ecology, development*. 2023. V. 18 (4). P. 51–63. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2023-4-51-63>
- Ivanushenko Yu. Yu., Volobuev S.V. New and noteworthy records of aphyllorhizoid fungi from the Gunib Plateau (Dagestan, Russia). *Mikologiya i fitopatologiya*. 2022. V. 56 (6). P. 411–418. <https://doi.org/10.31857/S0026364822060058>
- Khanina L.G., Bobrovsky M.V., Zhmaylov I.V. Vegetation diversity on the microsites caused by tree uprooting during a catastrophic windthrow in temperate broadleaved forests. *Russian J. Ecosystem Ecology*. 2019. Vol. 4 (3). <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2019-3-1>
- Kotiranta H., Niemelä T. Uhanalaiset käyvät Suomessa Toinen, uudistettu painos. Suomen Ympäristökeskus, Helsinki, 1996.
- Kotiranta H., Saarenoksa R., Kyttövuori I. Aphyllorhizoid fungi of Finland. A check-list with ecology, distribution, and threat categories. *Norrinia*. 2009. V. 19. P. 1–223.
- Kotkova V.M. Additions to the biota of aphyllorhizaceous fungi (*Basidiomycota*) of Central Forest Reserve (Tver Region). II. *Tver State University Bulletin. Series: Biology and Ecology*. 2014a. N 2. P. 145–156. (In Russ.).
- Kotkova V.M. Aphyllorhizaceous fungi (*Basidiomycota*) in forest ecosystems of Setra River Basin (Arkhangelsk Region). *Novosti sistematiki nizshikh rasteniy*. 2014b. V. 48. P. 130–145. (In Russ.). <https://doi.org/10.31111/nsnr/2014.48.130>
- Kotkova V.M., Afonina O.M., Androsova V.I. et al. New cryptogamic records. 10. *Novosti sistematiki nizshikh rasteniy*. 2022. V. 56(2). P. 477–517. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2022.56.2.477>
- Larsson K.H., Ryvarden L. *Corticoid fungi of Europe*. Vol. 1. Fungiflora, Oslo, 2021.
- Miettinen O., Spirin V., Niemelä T. Notes on the genus *Aporpium* (*Auriculariales*, *Basidiomycota*), with a new species from temperate Europe. *Annales Botanici Fennici*. 2012. V. 49 (5). P. 359–368. <https://doi.org/10.5735/085.049.0607>
- Popa F., Hertenstein A., Blumenstein K. et al. *Steccherinum pudorinum* comb. nov.: Taxonomie und Ökologie einer missdeuteten Art. *Zeitschr. Mykol*. 2024. V. 90 (1). P. 63–81.
- Red Data Book of Oryol Region. Papirus, Oryol, 2021. (In Russ.).
- Renvall P. Community structure and dynamics of wood-rotting *Basidiomycetes* on decomposing conifer trunks in Northern Finland. *Karstenia*. 1995. V. 35. P. 1–51. <https://doi.org/10.29203/ka.1995.309>
- Roberts P. *Thanatephorus ochraceus*: a saprotrophic and orchid endomycorrhizal species. *Sydowia*. 1998. V. 50. P. 252–256.
- Ryvarden L., Melo I. *Poroid fungi of Europe*. Second revised edition. *Synopsis Fungorum*. V. 37. Fungiflora, Oslo, 2017.
- Safronova I.N., Yurkovskaya T.K. Characterization of vegetation on the plains of European Russia. In: *Greller A., Fujiwara K., Pedrotti F.* (eds.). *Geographical changes in vegetation and plant functional types*. *Geobotany Studies (basics, methods and case studies)*. Springer, Cham, 2018. P. 141–167. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68738-4_7
- Shiryayev A.G., Stavishenko I.V. New and rare for Sverdlovsk region species of basidiomycetes. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2011. V. 45 (4). P. 345–349 (in Russ.).
- Shiryayev A.G., Volobuev S.V. The clavarioid fungi of the forest-steppe zone in Orel Region. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2013. V. 47 (3). P. 185–190 (in Russ.).
- Smirnova O.V., Bobrovsky M.V., Khanina L.G. et al. Nemoral forests. In: *Smirnova O., Bobrovsky M., Khanina L.* (eds.). *European Russian forests. Plant and vegetation*. V. 15. Springer, Dordrecht, 2017. P. 333–476. https://doi.org/10.1007/978-94-024-1172-0_5
- Stokland J.N., Siitonen J., Jonsson B.G. *Biodiversity in dead wood*. Cambridge University Press, N.Y., 2012.
- Svetasheva T. Yu. Macromycetes of the State Museum-Reserve “Kulikovo Field” vicinities. *Diversity of plant world*. 2021. N 4 (11). P. 61–79 (in Russ.). <https://doi.org/10.22281/2686-9713-2021-4-61-79>
- Volobuev S. *Subulicystidium perlongisporum* (*Trechisporales*, *Basidiomycota*) new to Russia, with notes on a molecular study of the species. *Nova Hedwigia*. 2016. V. 102(3–4). P. 531–537. https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2016/0329
- Volobuev S.V. Aphyllorhizaceous fungi of forest ecosystems in the south-east of the Orel Region. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2013. V. 47(4). P. 209–217. (In Russ.).
- Volobuev S.V. Aphyllorhizoid fungi of Oryol Region: taxonomical composition, distribution, ecology. *Lan*, Saint Petersburg, 2015. (In Russ.).
- Volobuev S.V. Polypore fungi species (*Agaricomycetes*, *Basidiomycota*), new to the Kaluga Region, Russia. *Diversity of plant world*. 2022. N 4 (15). P. 52–58. <https://doi.org/10.22281/2686-9713-2022-4-52-58>
- Volobuev S.V., Bolshakov S. Yu. Aphyllorhizoid fungi of the Middle Russian Upland. I. The history of study and some new data. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2016. V. 50 (5). P. 335–346. (In Russ.).
- Volobuev S.V., Bolshakov S. Yu., Khimich Yu.R. et al. New species for regional mycobiota of Russia. 6. Report 2021. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2021. V. 55 (6). P. 411–422. <https://doi.org/10.31857/S0026364821060131>
- Volobuev S.V., Ivanushenko Yu. Yu. Aphyllorhizoid fungi (*Basidiomycota*) on juniper on the Gunib Plateau, inner-mountain Dagestan. *Czech Mycology*. 2020. V. 72 (1). P. 83–93.

- <https://doi.org/10.33585/cmy.72106>
- Volosnova L.F.* Aphyllophoraceous fungi of Oksky Nature Reserve. *Novosti sistematiki nizshikh rasteniy*. 2007. V. 41. P. 101–115. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31111/nsnr/2007.41.101>
- Бобровский М.В.* (Bobrovskiy) Козельские засеки (эколого-исторический очерк). Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2002. 92 с.
- Бобровский М.В., Стаменов М.Н.* (Bobrovskiy, Stamenov) Влияние катастрофического ветровала 2006 года на структуру и состав лесной растительности заповедника “Калужские засеки” // *Лесоведение*. 2020. № 6. С. 523–536.
<https://doi.org/10.31857/S0024114820050022>
- 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.
- Бондарцева М.А., Змитрович И.В.* (Bondartseva, Zmitrovich) Род *Sistotrema* (Cantharellales, Hydnaceae) в России // *Микология и фитопатология*. 2020. Т. 54. № 1. С. 3–15.
- Волобуев С.В.* (Volobuev) Афиллофоровые грибы лесных экосистем юго-востока Орловской области // *Микология и фитопатология*. 2013. Т. 47. № 4. С. 209–217.
- Волобуев С.В.* (Volobuev) Афиллофороидные грибы Орловской области: таксономический состав, распространение, экология. СПб.: Издательство “Лань”, 2015. 304 с.
- Волобуев С.В., Большаков С.Ю.* (Volobuev, Bolshakov) Афиллофороидные грибы Среднерусской возвышенности. 1. История изучения и некоторые новые данные // *Микология и фитопатология*. 2016. Т. 50. № 6. С. 335–346.
- Волоснова Л.Ф.* (Volosnova) Афиллофоровые грибы Окского заповедника // *Новости систематики низших растений*. 2007. Т. 41. С. 101–115.
<https://doi.org/10.31111/nsnr/2007.41.101>
- Коткова В.М.* (Kotkova) Афиллофоровые грибы (Basidiomycota) в лесных экосистемах бассейна реки Сетра (Архангельская область). *Новости систематики низших растений*. 2014. Т. 48. С. 130–145.
<https://doi.org/10.31111/nsnr/2014.48.130>
- Коткова В.М.* (Kotkova) Дополнения к биоте афиллофоровых грибов (Basidiomycota) Центрально-Лесного заповедника (Тверская область). II // *Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология*. 2014. № 2. С. 145–156.
- Красная книга Орловской области. Грибы, растения, животные (Red Data Book). Орел: Папирус, 2021. 440 с.
- Светашева Т.Ю.* (Svetasheva) Макромицеты окрестностей государственного музея-заповедника “Куликово поле” // *Разнообразие растительного мира*. 2021. № 4 (11). С. 61–79.
<https://doi.org/10.22281/2686-9713-2021-4-61-79>
- Ширяев А.Г., Волобуев С.В.* (Shiryaev, Volobuev) Клавариоидные грибы лесостепной зоны Орловской области // *Микология и фитопатология*. 2013. Т. 47. № 3. С. 185–190.
- Ширяев А.Г., Ставищенко И.В.* (Shiryaev, Stavishenko) Новые и редкие для Свердловской области виды базидиальных грибов // *Микология и фитопатология*. 2011. Т. 45. № 4. С. 345–349.

Новые находки афиллофороидных грибов на территории государственного природного заповедника “Калужские засеки” (Калужская область, Россия)

С. В. Волобуев^{a, #}

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

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

Представлены новые данные о видовом богатстве и экологии ксилобионтных афиллофороидных грибов (*Agaricomycetes*, *Basidiomycota*), обитающих в старовозрастных широколиственных лесах на территории государственного природного заповедника “Калужские засеки” (Среднерусская возвышенность, европейская часть России). Приводится аннотированный список из 46 новых для Калужской области видов грибов с информацией о занимаемых древесных субстратах, коллекционных номерах гербарных образцов и краткими примечаниями по распространению. Среди них *Thanatephorus ochraceus* – новый для европейской части России вид, а также *Athelia cystidiolophora*, *Leucogyrophana sororia*, *Phlebia subulata*, *Skeletocutis kuehneri*, *Steccherinum pudorinum* и *Tomentella lapida* впервые зарегистрированы для Среднерусской возвышенности. Выявлены новые местонахождения редких и малоизвестных в Европе видов, таких как *Aporpium macroporum*, *Hyphoderma incrustatum*, *Kneiffiella abdita*, *Peniophorella clavigera*, *Riopa metamorphosa*, *Sistotrema porulosum* и *Yuchengia narymica*.

Ключевые слова: биогеография, видовое разнообразие, Восточная Европа, кортициоидные грибы, лиственные леса, редкие виды, трутовики

A SURVEY AND OUTLINE TAXONOMY OF THE *PHRAGMIDIUM MUCRONATUM* (PUCCINIALES) AND RELATED SPECIES INHABITING ROSES IN THE EUROPEAN PART OF RUSSIA

© 2024. V. F. Malysheva^{1,*}, V. A. Dudka^{1,**}, E. F. Malysheva^{1,***}, and A. I. Kapelyan^{1,****}

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

*e-mail: v_malysheva@binran.ru

**e-mail: vdudka@binran.ru

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

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

Received 01 July, 2024; revised 18 August, 2024; accepted 28 August, 2024

The article presents the results of a detailed survey of cultivated roses growing in the European territory of Russia for their infestation by fungi of the genus *Phragmidium* causing rose rust disease. The main study area was the rose garden of the Peter the Great Botanical Garden of BIN RAS (St. Petersburg). A total of five wild species and 43 varieties of roses from seven garden groups were studied. As a result of morphological analysis of affected plant parts, detailed microscopy (using light and scanning electron microscopes) of collected fungal specimens and analysis of DNA data, four species of the genus (*Phragmidium mucronatum*, *P. fusiforme*, *P. tuberculatum*, and *P. rosae-pimpinellifoliae*) were identified. Interestingly, all identified species appeared to belong to the group of morphologically similar species from the *P. mucronatum* complex. During the study, the nucleotide sequences of ITS for *P. fusiforme*, *P. mucronatum*, and *P. rosae-pimpinellifoliae* and LSU for *P. rosae-pimpinellifoliae*, previously missing from databases, were obtained for the first time. Refined morphological descriptions and illustrations of macro- and microstructures are provided for all *Phragmidium* species studied. To compare the studied species with other representatives of the genus and to determine their phylogenetic position, phylogenetic analysis based on ITS and LSU sequences was performed.

Keywords: Botanical Garden, molecular data, *Phragmidiaceae*, phylogeny, plant disease, rosarium

DOI: 10.31857/S0026364824050058, **EDN:** uoxwsj

INTRODUCTION

Phragmidium Link is the largest genus in the family *Phragmidiaceae* (*Pucciniales*, *Pucciniomycotina*, *Basidiomycota*). All species of *Phragmidium*, having an autoecious life-cycle, are single-host obligate parasites mainly on plants of the genera *Potentilla*, *Rosa*, *Rubus*, and *Sanguisorba* in Holarctic region, all from the family *Rosaceae*. About 70 species of *Phragmidium* are currently known worldwide, also predominantly in the Northern Hemisphere, and thirty of these have been reported to infect wild *Rosa* species and often cause serious rust diseases of ornamental roses in gardens and homestead plots (Cummins, Hiratsuka, 2003; Liu et al., 2020). About 12 species are known on *Rosa* spp. in Russia (Mokritskaya, 1974; Kuprevitch, Ulyanishchev, 1975; Azbukina, 2005).

Four morphologically similar species of *Phragmidium* [*P. mucronatum* (Pers.) Schltdl., *P. fusiforme* J. Schröt., *P. tuberculatum* Jul. Müll., and *P. rosae-pimpinellifoliae*

(Rabenh.) Dietel] are widespread in Europe including the European part of Russia. Among them, *P. mucronatum* and *P. tuberculatum* are the most common and well-known pathogens of ornamental roses worldwide. However, there are still some gaps in knowledge of their morphology, biology and distribution.

These species have similar and often overlapping morphological characters, so their taxonomic history has been rather confused (Dietel, 1905; Gäumann, 1959). The taxonomy of all rust fungi has traditionally been based on the classification of host plants and morphological characters observed in herbarium and fresh specimens, mainly the morphology of different stages (Kasai, 1910; Sydow, 1921; Wei, 1988). However, morphological characters of many species are often not a reliable criterion for identification (Wahyuno et al., 2001).

With the advent of DNA data analysis, it has become necessary to combine morphological and molecular characteristics to recognize and classify *Phragmidium*

species (Maier et al., 2003; Wingfield et al., 2004; Aime, 2006; Scholler, Aime, 2006; Yun et al., 2011; Ono, 2019; Zhao et al., 2021). The well-known fungal barcoding marker ITS as well as *LSU* are most often used to distinguish closely related species or species complexes in rust fungi (Alaei et al., 2009; Barilli et al., 2010; Aime et al., 2018; Sun et al., 2022).

In our study, we investigated which *Phragmidium* species occur on wild *Rosa* species and rose cultivars growing in the Peter the Great Botanical Garden collection. The modern collection of roses in the Botanical Garden began to be created in 1950 by Prof. S.G. Saakov (Tkachenko, Kapelian, 2022). Currently, the rose garden of the Peter the Great Botanical Garden of the Komarov Botanical Institute RAS (BIN RAS) is one of the large collection complexes. It is the primary center of rose introduction in North-West Russia. Here were first introduced into culture such species as *Rosa alberti* Regel, *R. amblyotis* C.A. Mey., *R. davurica* Pall., *R. fedtschenkoana* Regel, *R. platiacantha* Schrenk, *R. multiflora* Thunb., as well as *R. rugosa* Thunb., which is currently widely used in landscaping of St. Petersburg (Svyazeva, 2005). According to the latest inventory data (Adritskaya, Kapelyan, 2023), the rose collection of the Peter the Great Botanical Garden includes about 350 species, garden forms and varieties of roses.

The main goal of the present study was to obtain new data on the morphology and phylogeny of European species of the genus *Phragmidium* inhabiting roses. The specific objectives were as follows: 1) to survey the species diversity of fungi causing rust disease of roses in the rosarium of the BIN RAS, 2) to carry out their taxonomic identification using modern research methods, 3) to generate nucleotide sequences of two genetic markers of ribosomal DNA (ITS and *LSU*), 4) to obtain new data on the morphology of the identified *Phragmidium* species.

MATERIALS AND METHODS

Sample collection. Rust-infected plant parts (leaves, shoots, fruits) were collected from different wild *Rosa* species and varieties in the rose garden of the BIN RAS during August of 2023. We examined five species of wild roses and their hybrids and 43 varieties of roses belonging to garden groups: Hybrid Tea, Floribunda, Grandiflora, Miniature, Shrub, Climbing and Old Garden Roses.

A total of 48 specimens of rust fungi were collected, dried using standard methods and deposited in the Mycological Herbarium of BIN RAS (LE F). Macro photographs of the affected plant were taken during the collection process.

Morphological analyses. Microscope photographs of affected plant sections were taken using a Stereo Microscope with Motorized 20× Zoom SteREO Discovery.V20 (Carl Zeiss, Germany) to examine in detail the unique symptoms of each developmental stage (aecia, uredinia, and telia) of *Phragmidium*.

For light microscopy (LM) observation, spores and leaf sections were mounted in a drop of water. Microscopic structures were observed and photographed using an Axiolab 5 light microscope equipped with AxiCam MRc 5 camera (CarlZeiss, Germany). For each specimen, approximately 30 spores of each stage were randomly selected and measured. Spores dimensions are given following the form (a–)b–c(–d), with b–c containing at least 90% of all values and the extremes (a, d) enclosed in parentheses.

To prepare samples for surface structure examination using scanning electron microscopy (SEM), small plant parts with aeciospores, urediniospores and teliospores were adhered onto aluminium stubs covered with double-adhesive tape, coated with gold and then observed with a JEOL JSM-6390LA Analytical Scanning Electron Microscope (USA).

DNA extraction and sequencing. DNA was extracted from aeciospores, urediniospores or teliospores, depending on which stage predominated in the sample. In addition to our specimens from rose garden, we isolated DNA from three herbarium previously identified collections of *P. fusiforme* (LE F-341026), *P. rosae-pimpinellifoliae* (LE F-347568) and *P. mucronatum* (LE F-208775) to add data for comparison.

Rust spores were scraped from dried plant tissues using a sterile scalpel. The procedure of DNA extraction completely corresponded to the manufacturer's protocol of the Phytosorb Kit (ZAO Syntol, Russia). The following primers were used for amplification and sequencing: Rust2inv and ITS4rust (Aime, 2006; Beenken et al., 2012) for the 5.8S–ITS2 (nuclear ribosomal internal transcribed spacer – ITS) fragment; LROR and LR6 (Vilgalys, Hester, 1990) for D1–D3 domains of the large subunit (*LSU*) of the ribosomal RNA gene. PCR products were purified applying the CleanMag DNA PCR (Evrogen, Russia). Sequencing was performed with an ABI model 3500 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, CA, USA). Raw data were edited and assembled in MEGA 11 (Tamura et al., 2021). Sequences generated during this study were deposited at GenBank with corresponding accession numbers.

All microscopic and molecular studies of specimens were carried out at the Center for collective use of scientific equipment “Cellular and molecular technology of studying plants and fungi” (Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg).

Molecular phylogenetic analyses. For this study, 22 new ITS sequences and seven *LSU* sequences were generated (Table 1). In addition, 18 ITS sequences and 36 *LSU* sequences of taxa from the genus *Phragmidium* inhabiting on *Rosa* spp. and *Kuehneola uredinis* (as an outgroup), were retrieved from the GenBank database (www.ncbi.nlm.nih.gov/GenBank/) for molecular analyses. The taxonomic identities of these sequences and collection information for taxa are given in the phylogenetic tree (Fig. 1). The sequences of both genetic markers were aligned using MAFFT v. 7 (<https://mafft.cbrc.jp/alignment/server/index.html>; Katoh et al., 2019) with the FFT-NS-i option and manually adjusted where necessary using MEGA11.

Phylogenetic reconstructions were performed with Maximum Likelihood (ML) and Bayesian Inference (BI) analyses for combined ITS + *LSU* dataset. Before the analyses, the best-fit substitution model was estimated for alignment using FindModel web server (<http://www.hiv.lanl.gov/content/sequence/findmodel/findmodel.html>) under the Akaike information criterion.

The GTR + G model was chosen for concatenated ITS + *LSU* dataset.

Maximum likelihood analysis was run on IQ-Tree web server (<http://iqtree.cibiv.univie.ac.at/>; Trifinopoulos et al., 2016) with 1000 rapid bootstrap replicates. BI analysis was performed with MrBayes 3.2.7 software (Ronquist et al., 2012), for two independent runs, each with 5000 generations under described model and four chains with sampling every 100 generations. To check for convergence of MCMC analyses and to get estimates of the posterior distribution of parameter values, Tracer v. 1.7.1 was used (Rambaut et al., 2018). We accepted the result where the ESS (Effective Sample Size) was above 200 and the PSRF (Potential Scale Reduction Factor) was close to 1. Branches with bootstrap support (BS) and posterior probabilities (PP) values greater than or equal to 70% and 0.90, respectively, were considered significantly supported (Hillis, Bull, 1993; Alfaro et al., 2003). Tree topologies were then edited and visualized in iTOL (Letunic, Bork, 2019).

Table 1. Taxon sampling and sequences generated for this study used for phylogenetic analyses

Taxon	Specimen voucher	Plant host	GenBank accession no.	
			ITS	<i>LSU</i>
<i>Phragmidium fusiforme</i>	LE F-347559	<i>Rosa rugosa</i>	PP621923	PP621906
	LE F-347560	<i>R. majalis</i>	PP621921	PP621905
	LE F-341026		PP621922	
<i>P. mucronatum</i>	LE F-347567	<i>R. × alba</i> “Maiden’s Blush”	PP621929	PP621908
	LE F-208775	<i>R. canina</i>	PP621930	
<i>P. rosae-pimpinellifoliae</i>	LE F-347562	<i>R. pulverulenta</i>	PP621927	
	LE F-347561	<i>R. tomentosa</i>	PP621928	
	LE F-347563	<i>R. × hybr. hort. cv. “Reine des Violettes”</i>	PP621925	PP621904
	LE F-347564	old bushes <i>Rosa</i> sp.	PP621924	PP621903
<i>P. tuberculatum</i>	LE F-347568	<i>R. canina</i>	PP621926	PP621902
	LE F-347565	<i>R. × hybr. hort. cv. “Charles Aznavour”</i>	PP621919	
	LE F-347566	<i>R. × hybr. hort. cv. “De Ruiter’s Herald”</i>	PP621920	PP621907
	LE F-347569	<i>R. × hybr. hort. cv. “Illusion”</i>	PP621911	
	LE F-347570	<i>R. × hybr. hort. cv. “Lavaglut”</i>	PP621909	
	LE F-347572	<i>R. × hybr. hort. “Landora”</i>	PP621917	
	LE F-347573	<i>R. × hybr. hort. cv. “George Arends”</i>	PP621916	
	LE F-347574	<i>R. × hybr. hort. “Bluenette”</i>	PP621918	
	LE F-347576	<i>R. × hybr. hort. cv. “Mr. Lincoln”</i>	PP621910	
	LE F-347579	<i>R. × hybr. hort. cv. “Shalom”</i>	PP621914	
	LE F-347580	<i>R. × hybr. hort. “Lawinia”</i>	PP621913	
	LE F-347590	<i>R. × hybr. hort. cv. “Elfe”</i>	PP621912	
	LE F-347571	<i>R. × hybr. hort. cv. “Waikiki”</i>	PP621915	

RESULTS

Phylogeny

The combined dataset of ITS + *LSU* sequences for members of *Phragmidium* inhabiting on roses contained 1600 characters, including gaps (ITS: 1–573 and *LSU*: 574–1600). Both Bayesian and Maximum likelihood analyses produced the same topology. Therefore, we present only the ML tree with both BS and PP values (Fig. 1). The output ML tree resulting from the

phylogenetic analyses encompassed a total of 49 specimens belonging to *Phragmidium* with one specimen *Kuehneola uredinis* as an outgroup (BPI-879274).

All *Phragmidium* species included in the analyses formed three strongly supported subclades (Subclade I, Subclade II, and Subclade III), in agreement with the earlier studies (Liu et al., 2018; Sun et al., 2022).

According to the phylogenetic analyses, *P. tuberculatum* collected from *Rosa* × hybr. hort. cv. “De Ruiter’s Herald” and *Rosa* × hybr. hort. cv. “Charles Aznavour”

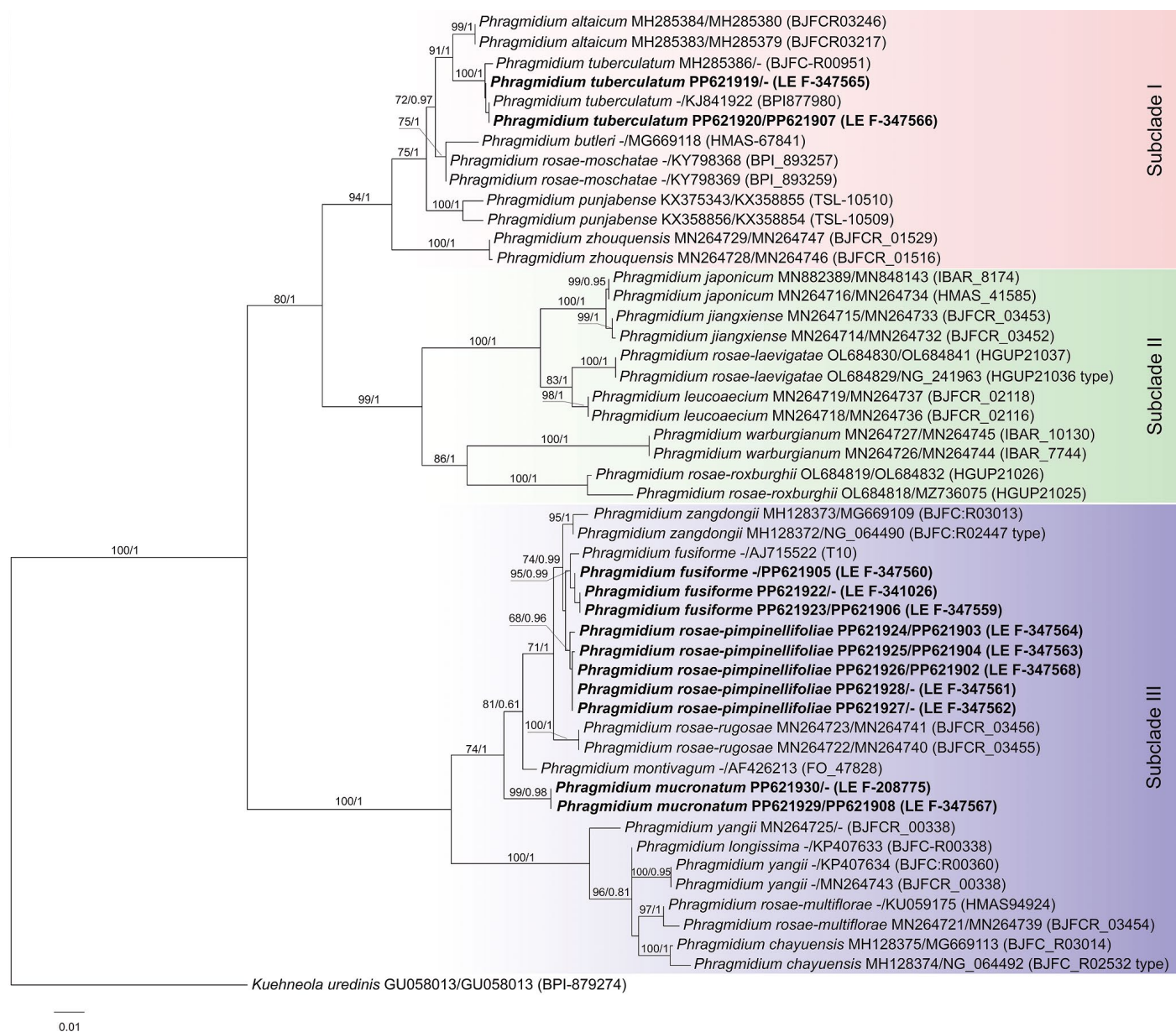


Fig. 1. Phylogenetic tree of *Phragmidium* species inhabiting roses derived from the ITS + *LSU* dataset using ML analysis. The ML bootstrap/Bayesian PP supports are shown above branches. For all taxa the GenBank accession numbers (ITS/*LSU*) and vouchers are presented. The specimens studied for this article are highlighted in bold. Scale bar indicates the mean number of nucleotide substitutions per site.

formed independent and highly supported (BS = 100% and PP = 1.00) monophyletic clade, which is sister to *P. altaicum* Y.M. Liang et Y. Liu, a recently described species from China and Uzbekistan (Liu et al., 2019). The other three species, *P. fusiforme*, *P. rosae-pimpinellifoliae* and *P. mucronatum*, were clustered within Subclade III and organized in distinct, high-supported monophyletic clades (Fig. 1). The ITS and LSU sequences of *P. rosae-pimpinellifoliae* generated for the first time in our study, were combined into a clade sister to *P. fusiforme*. The sequences of *P. mucronatum* collected from *Rosa*

“Maiden’s Blush” and *R. canina* L. formed their own branch with high support values (BS = 99%, PP = 0.98), which occupies a separate position from the other two species in Subclade III.

Taxonomy

Phragmidium fusiforme J. Schröt., Abh. Schles. Ges. Vaterl. Kult., Abth. Naturw. Med. 48: 24, 1870 [1869] (Fig. 2).

Description: *Spermogonia* and *aecia* not observed. *Uredinia* occur on the underside of leaves, but cause yellow-brown spots on the upper side of leaves, scattered or clustered in groups, very small, 0.1–0.2 mm in diam., pale or bright yellow to orange, surrounded by numerous curved clavate paraphyses

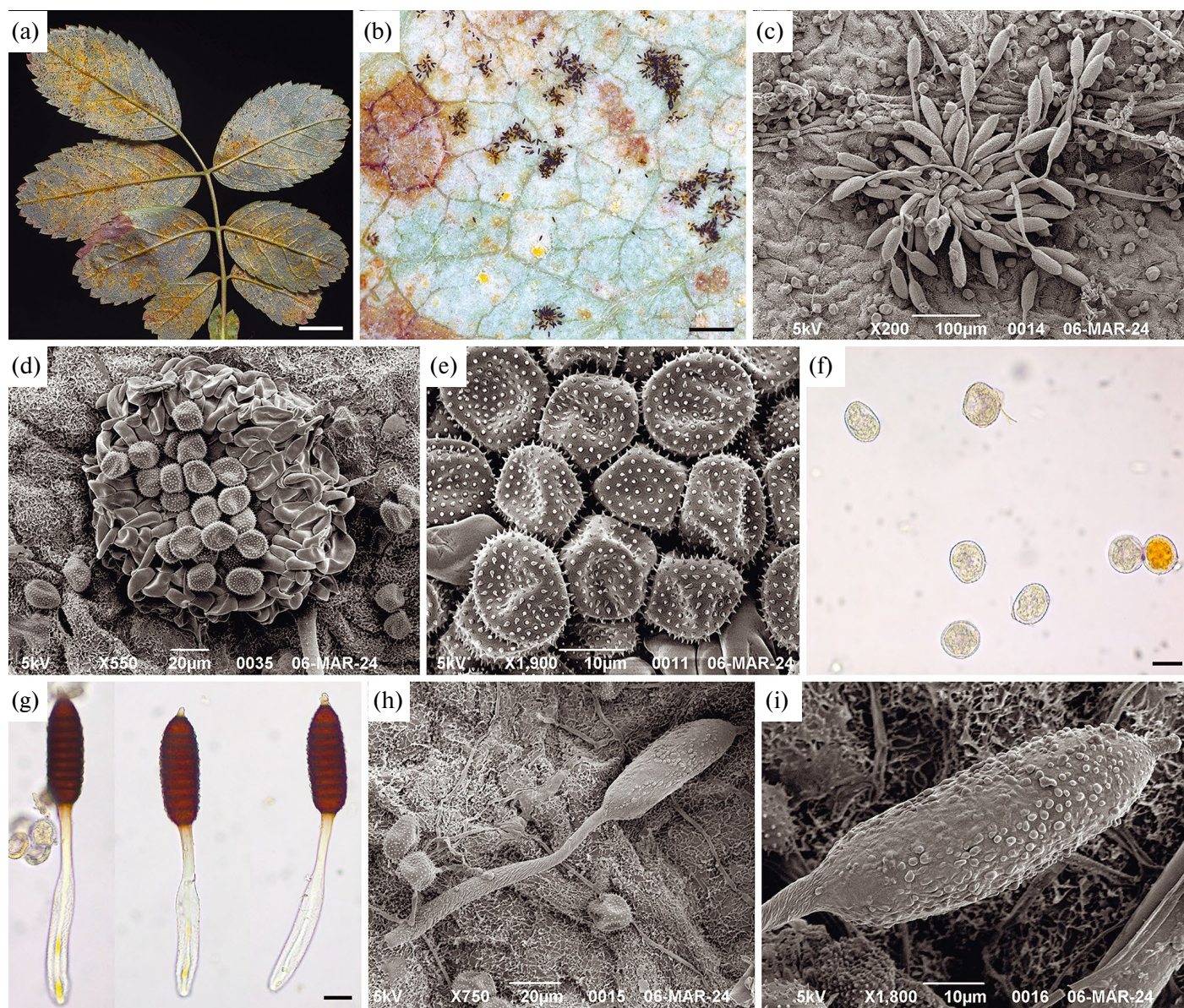


Fig. 2. Morphological structures of *Phragmidium fusiforme* (LE F-347559, LE F-347560): a – infected leaf (scale bar = 1 cm); b – telia and uredinia on leaf surface (scale bar = 500 μ m); c – telium under SEM; d – uredinia with paraphyses under SEM; e – urediniospores under SEM; f – urediniospores under LM (scale bar = 20 μ m); g – teliospores under LM (scale bar = 20 μ m); h, i – teliospore under SEM.

Table 2. A comparison of *Phragmidium* spp. found in the rose garden of the BIN RAS

Species	Urediniospores (μm)	Number of cells in teliospores	Teliospores head (μm)	Teliospores pedicel (μm)
<i>Phragmidium fusiforme</i>	19.5–22.6 × 16.6–18.3	(6)9- to 12(14) (mostly 9–10)	fusiform, copper-brown to mahogany brown, 68.2–86.5 × 23.5–27.7	122.6–161.9 × 7.1–9.2, base slightly swelling in water and enlarging to 20–22 μm in diam., elongate or sword-shaped, without tearing of the outer layer
<i>P. mucronatum</i>	22.3–28.9 × 16.0–20.0	(4)5- to 9 (mostly 7–8)	ellipsoid-cylindrical to broadly cylindrical, copper-brown, mahogany brown to black red, 75.5–87.3 × 26.9–31.4	92.8–108.9 × 7.6–9.8, base swelling in water and enlarging to 25–45 μm in diam. without tearing of the outer layer
<i>P. rosae-pimpinellifoliae</i>	20.0–23.7 × 17.0–21.6	(5)6- to 9 (mostly 7–8)	broadly cylindrical, orange-brown to copper-brown, 63.5–76.3 × 28.4–34.8	91.4–137.0 × 6.0–8.6, base swelling in water and enlarging to 20–36 μm in diam. without tearing of the outer layer
<i>P. tuberculatum</i>	23.0–30.0 × 16.4–19.3	4- to 6 (more rarely 7)	ellipsoid-cylindrical to broadly cylindrical, copper-brown to rust brown, 74.0–91.8 × 25.6–30.8	80.6–106.2 × 8.2–11.8, base swelling in water and enlarging to 25–27 μm in diam. with tearing of the outer layer

60–70 μm long and 10–18 μm wide. *Urediniospores* globose, subglobose, ellipsoid or ovoid, pear-shaped, tuberculate, pale yellow to colorless, 19.5–22.6 × (15.6–)16.6–18.3(–19.3) μm; wall approximately 1.5–2.0 μm thick, uniformly echinulate, colorless, with 5–8 scattered pores, slightly intruding inside when swelling in water. *Telia* are formed at the site of uredinia, scattered or clustered in small groups to 0.5 mm in diam., black. *Teliospores* cylindrical to fusiform-cylindrical, (6)9- to 12(14)-celled (mostly 9–10-celled), not constricted at the septa, the base rounded, the upper cell almost triangular, (63.8–)68.2–86.5 × 23.5–27.7 μm, copper-brown to mahogany brown, with a pale or hyaline apical papilla to 10 μm in length; the wall 3–5 μm thick and irregularly ornamented with robust verrucae, with 2–3 germ pores in each cell; pedicel hyaline, slightly colored on the top, length longer than the length of spores, (121.0–)122.6–161.9(–189.3) × (6.4–)7.1–9.2(–10.3) μm, base slightly swelling in water and enlarging to 20–22 μm in diam., elongate or sword-shaped, without tearing of the outer layer.

Known hosts in Europe: *Rosa acicularis* Lindley, *R. gallica* L., *R. glauca* Pourret, *R. glutinosa* Sibth. et Sm., *R. majalis* J. Hermann, *R. mollis* Sm., *R. pendulina* L., *R. villosa* L.

Known distribution: Northern Hemisphere.

Material examined: Russia, St Petersburg, rosarium of the St Petersburg Botanical Garden — on *Rosa rugosa*, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347559); on *R. majalis*, bush, planted in the 1960s, 30.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347560); Khanty-Mansi Autonomous Area — Yugra, Shapssha village, on *R. acicularis*, 09.08.2021, coll. V. Dudka (LE F-341026).

Notes: The species is characterized by (6–)9- to 12(–14)-celled, fusiform, dark brown teliospores and elongate or sword-shaped pedicel base (Table 2). *Phragmidium fusiforme* was observed previously on *Rosa majalis* (Gäumann, 1959). Our finding is the first record on *R. rugosa*.

Phragmidium mucronatum (Pers.) Schltdl., Fl. berol. (Berlin) 2: 156, 1824 (Fig. 3).

Description: *Spermogonia* not observed. *Aecia* occur on veins on the underside of leaves, petioles, young stems and fruits, scattered or coalescing into powdering groups, bright yellow to orange, eventually discoloring, surrounded by clavate paraphyses to 80 μm long and 8–12 μm wide. *Aeciospores* globose, subglobose, broadly ellipsoid or ovoid, tuberculate, yellow-orange, (20.6–)21.2–25.4(–26.5) × (14.5–)15.5–19.3(–20.4) μm; wall approximately 2–2.5 μm thick, uniformly echinulate, colorless, with 6–8 scattered pores. *Uredinia* occur on the underside of leaves, but cause

yellow spots on the upper side of leaves, scattered or clustered in groups, very small, pale or bright yellow to orange, surrounded by inwardly curved clavate paraphyses 60–70 μm long and 10–16 μm wide. *Urediniospores* globose, subglobose, ellipsoid or ovoid, pear-shaped, tuberculate, pale yellow to colorless, (20.5–)22.3–28.9(–31.0) × (14.7–)16.0–20.0 μm; wall approximately 1–1.5 μm thick, uniformly echinulate, colorless, with 6–10 scattered pores, slightly intruding inside when swollen in water. *Telia* are formed at the site of uredinia, scattered or clustered in groups and construct a continuous layer on the underside of the leaves, small, black. *Teliospores* ellipsoid-cylindrical to broadly cylindrical, slightly upwardly widening, (4–)5- to 9-celled (mostly 7–8-celled), not constricted at the septa, the base rounded, the upper cell almost triangular, (63.8–)75.5–87.3(–102) × (24.4–)26.9–31.4(–33.0) μm, copper-brown, mahogany brown to black red, with a pale or hyaline apical papilla to 20 μm in length; wall 6–7 μm thick, irregularly ornamented with robust verrucae, with 2–3 germ pores in each cell; pedicel hyaline, slightly colored on the top, length persistent, ± equals or slightly longer than the length of the spore, (77.0–)92.8–108.9 (–125.3) × (6.6–)7.6–9.8(–10.3) μm, base swelling in water and enlarging to 25–45 μm in diam. without tearing of the outer layer.

Known hosts in Europe: *Rosa agrestis* Savi, *R. arvensis* Hudson, *R. blanda* Aiton, *R. caesia* Sm., *R. canina*, *R. corymbifera* Borkh., *R. elliptica* Tausch, *R. foetida* J. Hermann, *R. gallica*, *R. glauca*, *R. jundzillii* Besser, *R. majalis*, *R. micrantha* Borrer ex Sm., *R. mollis*, *R. orientalis* Dup., *R. pimpinellifolia* L., *R. rubiginosa* L., *R. rugosa*, *R. sempervirens* L., *R. subcanina* D.H. Christ, *R. tomentosa* Sm., *R. villosa*, *R. virginiana* J. Hermann, *R. vosagiaca* Desportes.

Known distribution: Worldwide.

Material examined: Russia, St Petersburg, rosarium of the St Petersburg Botanical Garden, on *R. × alba* “Maiden’s Blush”, 30.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347567); Austria, Niederösterreich, Waldviertel, 6.5 km ESE of Krumau am Kamp, valley of the creek “Fronbach”, ENE of the region called Wilhalmwald, WSW of the hill called Lichtenbigl. 48°34' N, 15°32' E. Alt. 520 m. Shrubs at the edge of a forest, on leaves of *R. canina*, 21.09.1994, coll. H. Wittmann (LE F-208775).

Notes: The main distinguishing features of this species are 6–8-celled black-brown teliospores, pedicel slightly colored on the top, with base swelling in water without tearing of the outer layer (Table 2). *Phragmidium mucronatum* is capable to produce several generations of aeciospores during vegetation period. It can cause deformation of affected plant tissue and overwinter as mycelium in the stem and root neck of the plant. In the

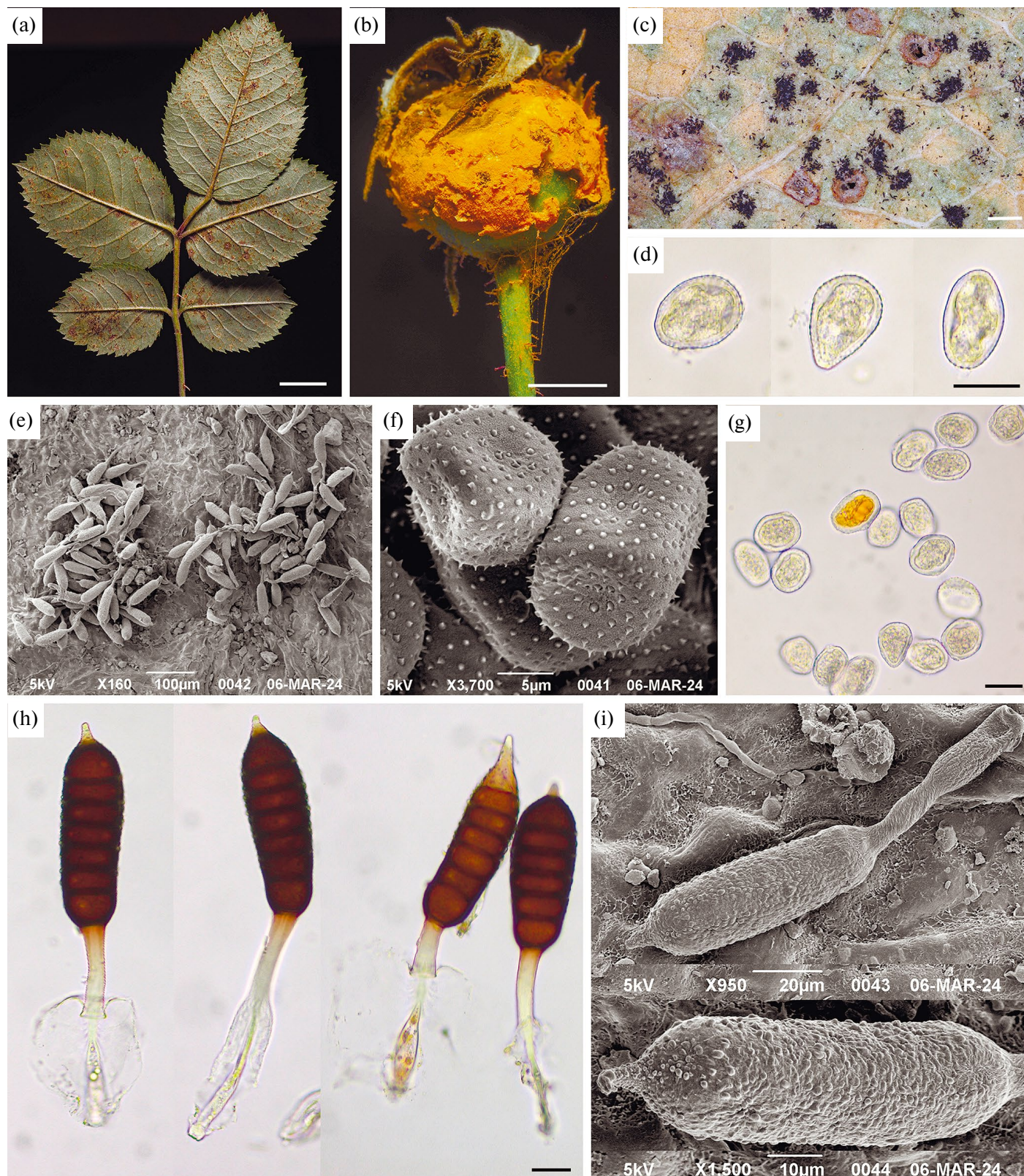


Fig. 3. Morphological structures of *Phragmidium mucronatum* (LE F-347567): a – infected leaf (scale bar = 1 cm); b – aecium on fruit (scale bar = 0.5 cm); c – telia and uredinia on leaf surface (scale bar = 500 µm); d – urediniospores under LM (scale bar = 20 µm); e – telia under SEM; f – aeciospores under SEM; g – aeciospores under LM (scale bar = 20 µm); h – teliospores under LM (scale bar = 20 µm); i – teliospore under SEM.

Botanical Garden we collected the studied specimen only on *Rosa* × *alba* “Maiden’s Blush”, on a bush planted in 1915. This bush has frosted several times, once to the ground (e.g., in the winter of 1986–87). This variety was known before 1400, and belongs to the Old Garden Roses (OGR), *Alba* group.

It is a very common species that causes rose rust, probably the most economically important rust of ornamental roses (Shattock, 1988). This fungus is a serious pest of ornamental roses in late summer and autumn. It was found out a long time ago that its teliospores are able to germinate only after exposure to cold (i.e. after wintering in the open air) (Williams, 1938). In addition, the mycelium overwinters on the branches of the host plant and in the spring forms large, often fused aecia, which often occupy large regions of the branch. It often causes distortion and deformation of infected organs (Wenzl, 1936) as well as some anatomical changes, in particular an increase in parenchyma cells. The generation of aeciospores can be repeated 4–6 times, after which uredo- and teliospores develop.

Phragmidium rosae-pimpinellifoliae (Rabenh.) Dietel, Hedwigia 44: 339, 1905 (Fig. 4).

Description: *Spermogonia* not observed. *Aecia* occur on the underside of leaves, on leaves veins, petioles, young stems and fruits, scattered or coalescing into powdering groups, bright yellow to reddish-orange, eventually discolored, paraphyses absent or very rare, to 50 µm long and 10–15 µm wide. *Aeciospores* globose, subglobose, broadly ellipsoid or ovoid, angular, yellow-orange, (20.3–)21.4–25.2(–28.0) × 14.0–20.0 µm; wall approximately 2–2.5 µm thick, sparsely echinulate, colorless, with 4–8 scattered pores. *Uredinia* occur on the underside of leaves, but cause yellow spots on the upper side of leaves, scattered or clustered in groups, very small, pale or bright yellow to orange, surrounded by inwardly curved clavate paraphyses 30–60 µm long and 5–10 µm wide. *Urediniospores* globose, subglobose, rare ellipsoid or ovoid, pale yellow-orange to colorless, 20.0–23.7(–26.6) × 17.0–21.6 µm; wall approximately 2–2.5 µm thick, uniformly echinulate, colorless, with 6–8 scattered pores. *Telia* are formed at the site of uredinia, scattered or clustered in groups and form a continuous powdering layer on the underside of the leaves, small, chestnut-brown. *Teliospores* broadly cylindrical, slightly upwardly widening, (5–)6- to 9-celled (mostly 7–8-celled), not constricted at the septa, the base rounded, the upper cell hemispherical, (59.4–)63.5–76.3(–87.1) × 28.4–34.8 µm, orange-brown to copper-brown, with a pale or hyaline, very often with an exudate cap, apical papilla to 11 µm in length; the wall 4–6 µm thick and irregularly ornamented with robust verrucae, with 2–3 germ pores in each cell; pedicel hyaline, slightly colored on the top, (84.0–)91.4–137.0(–139.6) × 6.0–8.6(–9.6) µm, base swelling in water and enlarging to 20–36 µm in diam. without tearing of the outer layer.

Known hosts in Europe: *Rosa canina*, *R. foetida*, *R. glauca*, *R. majalis*, *R. pimpinellifolia*, *R. rubiginosa*, *R. vosiagica*.

Known distribution: The entire Northern Hemisphere as well as Australia and New Zealand.

Material examined: Russia, St Petersburg, rosarium of the St Petersburg Botanical Garden — on *R. pulverulenta*, on a bush grown from seeds in 2013, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347562); on *R. tomentosa*, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347561); *Rosa* × hybr. hort. cv. “Reine des Violettes”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347563); old bushes, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347564); Samara Region, Zadelnoe village, on *R. canina*, 09.06.2023, coll. V. Malysheva, E. Malysheva (LE F-347568).

Notes: The light colored, orange-brown telia and teliospores, as well as the exudate cap on the top of the teliospore apical papilla, easily distinguish this species from the other closely related taxa (Table 2). *Phragmidium rosae-pimpinellifoliae* is capable to produce several generations of aeciospores during vegetation period. It can overwinter as mycelium in stem and root neck tissues of the plant.

Mainly found on roses of sect. *Pimpinellifolia*, but also reported on sections *Canina* and *Rubiginosa* (Gäumann, 1959; Brandenburger, 1963). Rust caused by this species can lead to sudden dieback, since it covers even very thick branches with its aecia.

Phragmidium tuberculatum Jul. Müll., Ber. dt. bot. Ges. 3: 391, 1885 (Fig. 5).

Description: *Spermogonia* and *aecia* not observed. *Uredinia* occur on the underside of leaves, but cause yellow spots on the upper side of leaves, scattered or clustered in groups, very small, pale to bright yellow,

surrounded by inwardly curved clavate paraphyses to 70 µm long and 6–18 µm wide. *Urediniospores* globose, subglobose, ellipsoid or ovoid, pear-shaped, tuberculate, dark yellow to orange, (19.6–)23.0–30.0(–33.8) × (15.0–)16.4–19.3(–20.0) µm; wall approximately 1–1.5 µm thick, uniformly echinulate, colorless, with 6–8 scattered pores, the inner membrane of urediniospores forms a star shape when swelling in water. *Telia* are formed at the site of uredinia, scattered or clustered in groups and form a continuous layer on the underside of the leaves, small, black. *Teliospores* ellipsoid-cylindrical to broadly cylindrical, predominantly 4- to 6-celled (more rarely 7-celled), not constricted at the septa, the base rounded, (69.3–)74.0–91.8(–100.3) × (24.6–)25.6–30.8(–32.4) µm, the upper cell longer than the others, copper-brown to rust brown, with a pale or hyaline apical papilla to 22 µm in length; the wall 6–7 µm thick and irregularly ornamented with robust verrucae, with 2–3 germ pores in each cell; pedicel hyaline, length persistent, ± equals the length of the spore, (70.8–)80.6–106.2(–117.0) × 8.2–11.8(–13.3) µm, base swelling in water and enlarging to 25–27 µm in diam. with tearing of the outer layer.

Known hosts in Europe: *Rosa acicularis*, *R. agrestis*, *R. arvensis*, *R. caesia*, *R. canina*, *R. chinensis* Jacq., *R. corymbifera*, *R. gallica*, *R. glauca*, *R. glutinosa*, *R. majalis*, *R. micrantha*, *R. multiflora*, *R. obtusifolia* Desv., *R. rubiginosa*, *R. rugosa*, *R. sicula* Tratt., *R. tomentosa*, *R. villosa*, *R. vosiagica*, etc.

Known distribution: Widespread in the Northern Hemisphere.

Material examined: Russia, St Petersburg, rosarium of the St Petersburg Botanical Garden — on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Charles Aznavour”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347565); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “De Ruiter’s Herald”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347566); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Illusion”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347569); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Lavaglut”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347570); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Landora”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347572); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “George Arends”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347573); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Bluenette”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347574); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Dame de Coeur”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347575); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Mr. Lincoln”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347576); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Peace” (Gloria Dei), 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347577); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Carina”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347578); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Shalom”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347579); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Lawinia”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347580); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Interview”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347581); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Kazakhstan jubilee”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347582); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “The Poet’s Wife”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347585); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Probuzeni”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347586); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Harlekin”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347587); on *Rosa* variety “Selena”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347588); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Hamburger Phoenix”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347589); on *Rosa* variety “Moth”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347592); on *Rosa* variety “Selena”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347593); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Ledi Rose”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347594); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “La France”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347595); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Mme Caroline Testout”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347596); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Mrs. Jhon Laing”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347597); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Bremer Stadtmusikanten”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347604); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Elveshorn”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347605); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Andalusien”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347598); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Bonica”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347599); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Independence”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347603); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Lafayette”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347600); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Rosi Mittermeier”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347601); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Hurra”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347602); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Ulmer

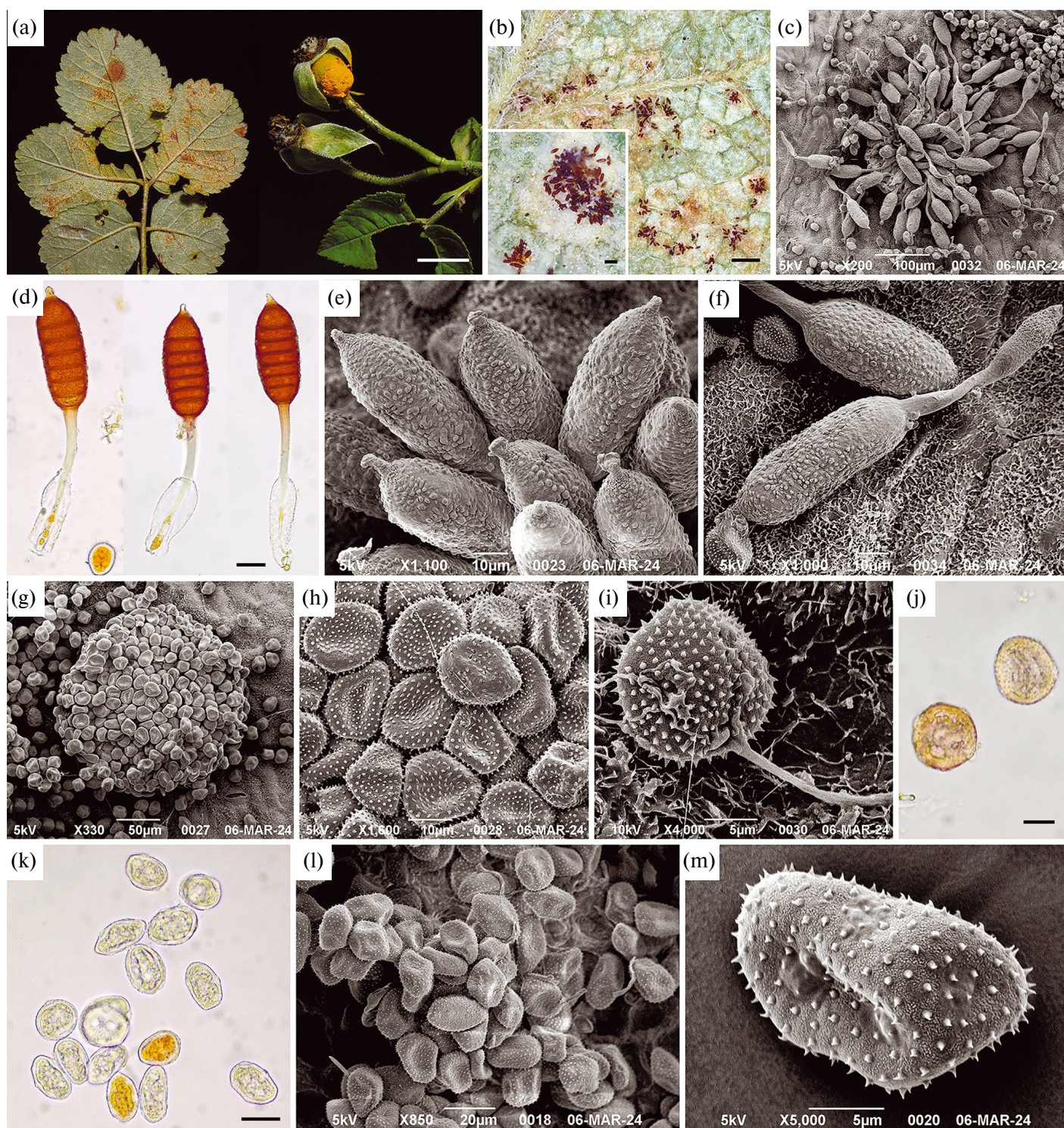


Fig. 4. Morphological structures of *Phragmidium rosae-pimpinellifoliae* (LE F-347564): a – infected leaf and aecium on fruit (scale bar = 1 cm); b – telia and uredinia on leaf surface (scale bar = 500 μ m and 100 μ m in sector); c – telium under SEM; d – teliospores under LM (scale bar = 20 μ m); e, f – teliospores under SEM; g – uredinia under SEM; h, i – urediniospores under SEM; j – urediniospores under LM (scale bar = 10 μ m); k – aeciospores under LM (scale bar = 20 μ m); l, m – aeciospores under SEM.

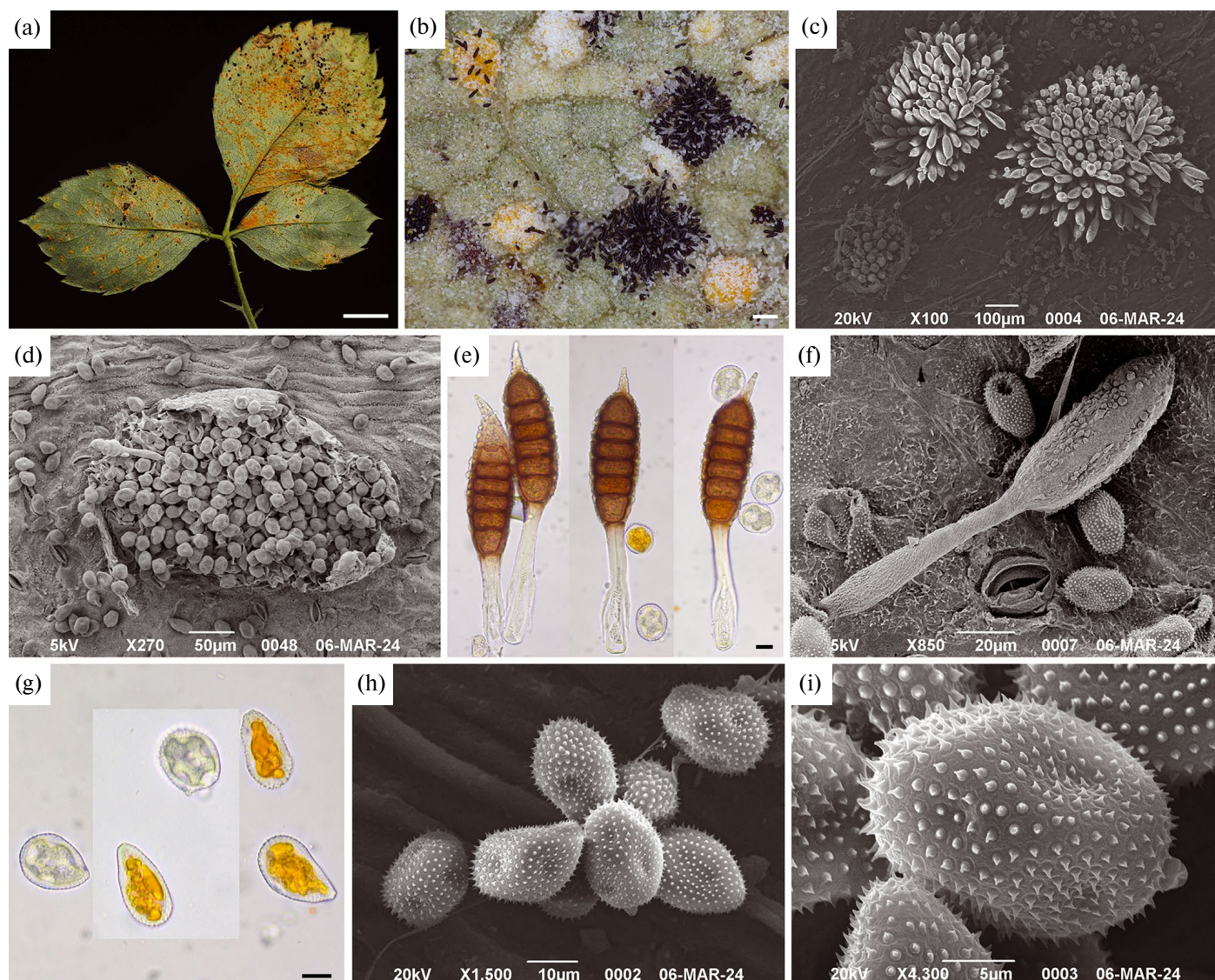


Fig. 5. Morphological structures of *Phragmidium tuberculatum* (LE F-347565): a – infected leaf (scale bar = 1 cm); b – telia and uredinia on leaf surface (scale bar = 200 µm); c – telia under SEM; d – uredinia under SEM; e – teliospores under LM (scale bar = 10 µm); f – teliospore under SEM; g – urediniospores under LM (scale bar = 10 µm); h, i – urediniospores under SEM.

Munster”, 28.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347606); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Beauty Star”, 30.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347584); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Elfe”, 30.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347590); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Meilland Decor Arlequin”, 30.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347591); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Yunkee Doodle”, 30.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347583); on *Rosa* × hybr. hort. cv. “Waikiki”, 30.08.2023, coll. V. Dudka, V. Malysheva (LE F-347571).

Notes: The main features that distinguish this species from other close taxa are predominantly 5–7 celled copper-brown to rust brown teliospores and that the inner membrane of urediniospores forms a star shape when swelling in water (Table 2).

Along with *Phragmidium mucronatum* affects numerous species of both wild roses and their cultivated varieties. However, the life cycle of this species is less studied than that of *P. mucronatum*, in particular it is not known whether it can produce several generations of aeciospores.

DISCUSSION

Four *Phragmidium* species identified in our study are widespread and infect most wild rose species and cultivars. Although they are not all closely related phylogenetically, they have very similar morphological characters. The species or variety of roses in this case is not significant for taxonomical identification of the parasite, especially under climate change, when rust fungi expand their geographical distribution and range of host plants and, in addition, are able to change the symptoms of disease.

Earlier it was noted that in the conditions of the Leningrad region wild *Rosa* species are affected by the stem form of rust, which usually undergoes a full life cycle and can overwinter in the form of mycelium, while in

cultivated varieties of roses symptoms of rust disease are registered only on leaves (Mokritskaya, 1958). In the present study on ornamental roses, we also observed lesions only on leaves. However, an increase in the number of hybrids among roses, as well as the success of introduction, can change the biology and ecology of rust fungi in the future.

Some previous studies of rose rust showed that *P. mucronatum* is generally more distributed than *P. tuberculatum*. It has been suggested that host hybridization may provide a bridge for parasites, allowing them to infect both ancestral lineages and hybrids (Floate, Whitham, 1993). Some authors (Ritz et al., 2005) assumed that *P. tuberculatum*, which evolved from the *Rubus*–*Sanguisorba* rust clade, may be less adapted to roses compared to *P. mucronatum*, which belongs to the *Rosa* rust clade and most likely has a longer adaptive or coevolutionary history with its rose hosts. In our study, on the contrary, we observed a wider distribution of *P. tuberculatum* in the rosarium area; it was found on 38 rose bushes from seven garden groups (predominantly on Hybrid Tea roses). However, *P. mucronatum* was recorded only sporadically on one old rose variety *Rosa* × *alba* “Maiden’s Blush”. The remaining two species (*P. rosae-pimpinellifoliae* and *P. fusiforme*) were also represented by sporadic specimens.

It is noteworthy that rose bushes from the “Miniature” garden group, growing in close proximity to infected roses from the other garden groups, showed almost no signs of rust disease (it was detected only on a single bush). In addition, on wild roses (rose hips), which grew in the rosarium along with varietal roses affected by *P. tuberculatum*, other *Phragmidium* species have been registered, namely *P. rosae-pimpinellifoliae* and *P. fusiforme*. In the plot with the main collection of wild *Rosa* species, located away from the main rose garden, the plants did not show any signs of rust disease at all.

A detailed study of the morphology of the identified *Phragmidium* species revealed consistent taxonomically significant differences in teliospore structure. However, for more accurate and rapid identification of rusts, it is important to accumulate molecular data, which is still lacking in publicly available databases. Our study provided new nucleotide sequence data for these widespread rust species that confirmed their morphological identification. The ITS nucleotide sequences for *P. fusiforme*, *P. mucronatum* and *P. rosae-pimpinellifoliae* and LSU for *P. rosae-pimpinellifoliae* were generated for the first time and filled the gap in the international databases.

We thank N.L. Zaporozhets (BIN RAS) for help in working on the SEM microscope. The field work and morphological study were supported by the project N124013100829-3 of the Komarov Botanical

Institute of the Russian Academy of Sciences and molecular study was carried out with the financial support of the Ministry of Education and Science (Agreement N075-15-2021-1056).

REFERENCES

- Adritskaya N.A., Kapelyan A.I. Assessment of modern garden rose cultivars in the rosarium of Peter the Great Botanical Garden. Contemporary horticulture. 2023. No. 4. P. 145–155. (In Russ.).
https://doi.org/10.52415/23126701_2023_0414
- Aime M.C. Toward resolving family-level relationships in rust fungi (*Uredinales*). Mycoscience. 2006. V. 47(3). P. 112–122.
<https://doi.org/10.1007/S10267-006-0281-0>
- Aime M.C., Bell C.D., Wilson A.W. Deconstructing the evolutionary complexity between rust fungi (*Pucciniales*) and their plant hosts. Studies in Mycology. 2018. V. 89. P. 143–152.
<https://doi.org/10.1016/j.simyco.2018.02.002>
- Alaei H., De Backer M., Nuytinx J. et al. Phylogenetic relationships of *Puccinia horiana* and other rust pathogens of *Chrysanthemum* × *morifolium* based on rDNA ITS sequence analysis. Mycol. Res. 2009. V. 113. P. 668–683.
<https://doi.org/10.1016/j.mycres.2009.02.003>
- Alfaro M.E., Zoller S., Lutzoni F. Bayes or bootstrap? A simulation study comparing the performance of Bayesian Markov chain Monte Carlo sampling and bootstrapping in assessing phylogenetic confidence. Mol. Biol. Evol. 2003. V. 20. P. 255–266.
<https://doi.org/10.1093/molbev/msg028>
- Azbukina Z.M. The rust fungi. (Lover plants, fungi and mosses of the Russian Far East. Fungi; V. 5). Vladivostok, Dalnauka, 2005. (In Russ.)
- Barilli E., Satovic Z., Sillero J.C. et al. Phylogenetic analysis of *Uromyces* species infecting grain and forage legumes by sequence analysis of nuclear ribosomal internal transcribed spacer region. J. Phytopathol. 2010. V. 159: 137–145.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2010.01736.x>
- Beenken L., Zoller S., Berndt R. Rust fungi on Annonaceae II: The genus *Dasyscypha* Berk. et M.A. Curtis. Mycologia. 2012. V. 104 (3). P. 659–681.
<https://doi.org/10.3852/11-068>
- Brandenburger W. Vademecum zum Sammeln parasitischer Pilze: mit besonderer Berücksichtigung der in Mitteleuropa vorkommenden Uredinales, Ustilaginales, Erysiphales, Taphrinales und Peronosporales. Stuttgart, Ulmer, 1963.
- Cummins G., Hiratsuka Y. Illustrated genera of rust fungi, 3rd edn. American Phytopathological Society Press, St. Paul, Minnesota, 2003.
- Dietel P. Über die Arten der Gattung *Phragmidium*. Hedwigia. 1905. V. 44. P. 330–346.

- Floate K.D., Whitham T.G. The hybrid bridge hypothesis – host shifting via plant hybrid swarms. *American Naturalist*. 1993. V. 141. P. 651–662.
- Gäumann E. Die Rostpilze Mitteleuropas mit besonderer Berücksichtigung der Schweiz. Böhler, Bern, 1959.
- Hillis D.M., Bull J.J. An empirical test of bootstrapping as a method for assessing confidence in phylogenetic analysis. *Syst. Biol.* 1993. V. 42. P. 182–192. <https://doi.org/10.1093/sysbio/42.2.182>
- Kasai M. On the Japanese species of *Phragmidium*. *Trans. Sapporo Nat. Hist. Soc.* 1910. V. 3. P. 25–51.
- Katoh K., Rozewicki J., Yamada K.D. MAFFT online service: multiple sequence alignment, interactive sequence choice and visualization. *Brief. Bioinformatics*. 2019. V. 20 (4). P. 1160–1166. <https://doi.org/10.1093/bib/bbx108>
- Kuprevitch V.F., Ulyanishchev V.I. Keybook to the rust fungi of the USSR. Minsk, Nauka i tekhnika, 1975. (In Russ.)
- Letunic I., Bork P. Interactive Tree Of Life (iTOL) v4: Recent updates and new developments. *Nucleic Acids Res.* 2019. V. 47. P. W256–W259. <https://doi.org/10.1093/nar/gkz239>
- Liu Y., Cao B., Tao S. et al. *Phragmidium* species parasitizing species of *Rosaceae* in Tibet, China, with descriptions of three new species. *Mycol. Progr.* 2018. V. 17. P. 967–988. <https://doi.org/10.1007/s11557-018-1406-5>
- Liu Y., Ono Y., Kakishima M. et al. Taxonomy and phylogenetic position of *Phragmidium altaicum*, a newly described rust fungus on *Rosa*, based on molecular and morphological data. *Phytotaxa*. 2019. V. 423 (3). P. 187–194. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.423.3.7>
- Liu Y., Liang Y.M., Ono Y. Taxonomic revision of species of *Kuehneola* and *Phragmidium* on *Rosa*, including two new species from China. *Mycologia*. 2020. V. 112 (4). P. 742–752. <https://doi.org/10.1080/00275514.2020.1753426>
- Maier W., Begerow D., Weiß M. et al. Phylogeny of the rust fungi: an approach using nuclear large subunit ribosomal DNA sequences. *Can. J. Botany*. 2003. V. 81 (1). P. 12–23. <https://doi.org/10.1139/b02-113>
- Mokritskaya M.S. Rose rust and its control measures in the conditions of the Leningrad region. *Proc. Inst. Appl. Zool. Phytopathol.* 1958. V. 5. P. 67–87. (In Russ.)
- Mokritskaya M.S. Methodical instruction on determination of rust species of the genus *Phragmidium* Link on *Rosa* L. 1974. Leningrad, VIR. (In Russ.)
- Ono Y. *Phragmidium satoanum*, a new rust pathogen of *Rosa hirtula* in Japan. *Mycoscience*. 2019. V. 60. P. 237–246. <https://doi.org/10.1016/j.myc.2019.05.001>
- Rambaut A., Drummond A.J., Xie D. et al. Posterior summarisation in Bayesian phylogenetics using Tracer 1.7. *Syst. Biol.* 2018. V. 67. P. 901–904. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syy032>
- Ritz Ch.M., Maier W.F.A., Oberwinkler F. et al. Different evolutionary histories of two *Phragmidium* species infecting the same dog rose hosts. *Mycol. Res.* 2005. V. 109 (5). P. 603–609. <https://doi.org/10.1017/S0953756205002844>
- Ronquist F., Teslenko M., van der Mark P. et al. MrBayes 3.2: Efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. *Syst. Biol.* 2012. V. 61. P. 539–542. <https://doi.org/10.1093/sysbio/sys029>
- Shattock R. *Phragmidium rubi-idaei* (DC.) P. Karsten. In: I.M. Smith, J. Dunez, R.A. Lelliot, D.H. Phillips, A.S. Archer (eds). *European Handbook of Plant Diseases*. New York, Wiley, 1988. P. 483.
- Scholler M., Aime M.C. On some rust fungi (*Uredinales*) collected in an *Acacia koa* – *Metrosideros polymorpha* woodland, Mauna Loa Road, Big Island, Hawaii. *Mycoscience*. 2006. V. 47 (3). P. 159–165. <https://doi.org/10.1007/s10267-006-0309-5>
- Svyazeva O.A. Trees, shrubs and vines in the Park of the Botanical Garden of the Botanical Institute V.L. Komarov (To the history of the introduction of the culture). St. Petersburg, Rostock, 2005. (In Russ.)
- Sun J.-E., Zhang Q., Luo W.-M. et al. Four new *Phragmidium* (*Phragmidiaceae*, *Pucciniomycetes*) species from *Rosaceae* plants in Guizhou Province of China. *Mycoskeys*. 2022. V. 93. P. 193–213. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.93.90861>
- Sydow H. Verwandtschaftsverhältnisse und des gegenwärtigen Entwicklungs- anges zur Umgrenzung der Gattungen bei den *Uredineen*. *Mycology*. 1921. V. 19. P. 161–175.
- Tamura K., Stecher G., Kumar S. MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 11. *Mol. Biol. and Evol.* 2021. V. 38. P. 3022–3027. <https://doi.org/10.1093/molbev/msab120>
- Tkachenko K., Kapelian A. The history of the introduction of species of the genus *Rosa* to St. Petersburg, Russia. In: A. Muratov, S. Ignateva (eds.). *Fundamental and applied scientific research in the development of agriculture in the Far East (AFE-2021)*. AFE2021. Lecture Notes in Networks and Systems (LNNS). Cham, Springer, 2022. Vol. 353. P. 581–588. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91402-8_65
- Trifinopoulos J., Nguyen L.-T., von Haeseler A. et al. W-IQ-TREE: a fast online phylogenetic tool for maximum likelihood analysis. *Nucleic Acids Res.* 2016. V. 44. P. W232–W235. <https://doi.org/10.1093/nar/gkw256>
- Vilgalys R., Hester M. Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species. *J. Bacteriology*. 1990. V. 172 (8). P. 4238–4246. <https://doi.org/10.1128/jb.172.8.4238-4246.1990>
- Wahyuno D., Kakishima M., Ono Y. Morphological analyses of urediniospores and teliospores in seven *Phragmidium* species parasitic on ornamental roses. *Mycoscience*. 2001. V. 42. P. 519–533. <https://doi.org/10.1007/BF02460950>
- Wei S.X. A taxonomic study of the genus *Phragmidium* of China. *Mycosystema*. 1988. V. 1. P. 179–210.

- Wenzl H. Knospengallen durch Rosenrost. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie) und Pflanzenschutz. 1936. V. 46 (3/4). P. 204–214.
- Williams P.H. Investigations on the rust of roses, *Phragmidium mucronatum* Fr. Ann. App. Biol. 1938. V. 25. P. 730–741.
- Wingfield B.D., Ericson L., Szaro T. et al. Phylogenetic patterns in the *Uredinales*. Australasian Plant Pathol. 2004. V. 33 (3). P. 327–335.
<https://doi.org/10.1071/AP04020>
- Yun H.Y., Minnis A.M., Kim Y.H. et al. The rust genus *Frommeëlla* revisited: a later synonym of *Phragmidium* after all. Mycologia. 2011. V. 103 (6). P. 1451–1463.
<https://doi.org/10.3852/11-120>
- Zhao P., Zhang Z.F., Hu D.M. et al. Contribution to rust flora in China I, tremendous diversity from natural reserves and parks. Fungal Diversity. 2021. V. 5 (1). P. 1–58.
<https://doi.org/10.1007/s13225-021-00482-w>
- Адрицкая Н.А., Капелян А.И. (Adritskaya, Kapelyan) Оценка современных сортов садовых роз в розарии Ботанического сада Петра Великого // Современное садоводство. 2023. № 4. С. 145–155.
https://doi.org/10.52415/23126701_2023_0414
- Азбукина З.М. (Azbukina) Ржавчинные грибы. (Низшие растения, грибы и мохообразные Дальнего Востока России. Грибы; Т. 5). Владивосток: Дальнаука, 2005. 616 с.
- Купревич В.Ф., Ульянищев В.И. (Kuprevitch, Ulyanishchev) Определитель ржавчинных грибов СССР. Минск: Наука и техника, 1975. 336 с.
- Мокрицкая М.С. (Mokritskaya) Ржавчина роз и меры борьбы с ней в условиях Ленинградской области // Сб. работ ин-та прикладной зоологии и фитопатологии. 1958. Вып. 5. С. 67–87.
- Мокрицкая М.С. (Mokritskaya) Методическое указание по определению видов ржавчины из рода *Phragmidium* Link на *Rosa* L. Ленинград, ВИР, 1974. 69 с.
- Связева О.А. (Svyazeva) Деревья, кустарники и лианы парка Ботанического сада Ботанического института им. В.Л. Комарова (К истории введения в культуру). СПб., Росток, 2005. 384 с.

Обзор и таксономия *Phragmidium mucronatum* (Pucciniales) и родственных видов, обитающих на розах в европейской части России

В. Ф. Малышева^{а, #}, В. А. Дудка^{а, ##}, Е. Ф. Малышева^{а, ###}, А. И. Капелян^{а, ####}

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

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

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

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

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

В статье представлены результаты детального обследования культурных роз, произрастающих на европейской территории России, на зараженность грибами рода *Phragmidium*, вызывающими ржавчинную болезнь роз. Основным объектом исследования был розарий Ботанического сада Петра Великого БИН РАН (Санкт-Петербург). Всего было изучено пять дикорастущих видов и 43 сорта роз из семи садовых групп. В результате морфологического анализа пораженных частей растений, детальной микроскопии (с использованием светового и сканирующего электронного микроскопа) собранных образцов грибов, а также анализа данных ДНК, было идентифицировано четыре вида *Phragmidium* (*P. mucronatum*, *P. fusiforme*, *P. tuberculatum* и *P. rosae-pimpinellifoliae*). Интересно, что все выявленные виды оказались принадлежащими к группе морфологически сходных видов из комплекса *P. mucronatum*. В ходе исследования впервые были получены нуклеотидные последовательности ITS для *P. fusiforme*, *P. mucronatum* и *P. rosae-pimpinellifoliae* и LSU для *P. rosae-pimpinellifoliae*, ранее отсутствовавшие в базах данных. Для всех изученных видов *Phragmidium* приведены уточненные морфологические описания и иллюстрации макро- и микроструктур. Для сравнения изученных видов с другими представителями рода и определения их филогенетического положения был проведен филогенетический анализ на основе двух генетических маркеров (ITS и LSU).

Ключевые слова: болезни растений, Ботанический сад, молекулярные данные, розарий, филогения, *Phragmidiaceae*

NEW SPECIES OF MACROMYCETES FOR REGIONS OF THE RUSSIAN FAR EAST. 5

© 2024. Yu. A. Rebriev^{1,*}, A. G. Shiryayev^{2,**}, N. A. Kochunova^{3,***}, N. A. Sazanova^{4,****}, E. A. Erofeeva^{5,*****}, N. V. Bukharova^{6,*****}, V. I. Kapitonov^{7,*****}, A. V. Bogacheva^{6,*****}, I. V. Bochkareva^{6,*****}, E. A. Zvyagina^{8,9,*****}, and E. F. Malysheva^{10,*****}

¹ Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, 344006 Rostov-on-Don, Russia

² Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 620144 Ekaterinburg, Russia

³ Amur Branch of Botanical Garden-Institute of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, 675000 Blagoveshensk, Russia

⁴ Institute of Biological Problems of the North of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, 685000 Magadan, Russia

⁵ Institute for Complex Analysis of Regional Problems of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, 679016 Bilibidzh, Russia

⁶ Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, 690022 Vladivostok, Russia

⁷ Tobolsk Complex Scientific Station of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 626152 Tobolsk, Russia

⁸ Lomonosov Moscow State University, 119991 Moscow, Russia

⁹ Yugra State University, 628011 Khanty-Mansiysk, Russia

¹⁰ Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, 197022 St. Petersburg, Russia

*e-mail: rebriev@yandex.ru

**e-mail: anton.g.shiryayev@gmail.com

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

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

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

*****e-mail: nadya808080@mail.ru

*****e-mail: kapitonovvi@tobscience.ru

*****e-mail: anya.bogachewa@yandex.ru

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

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

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

Received March 10, 2024; revised April 14, 2024; accepted June 07, 2024

Information is given on 53 species of macromycetes (*Ascomycota*, *Basidiomycota*), first documented in the Russian Far East (11 species) or in its administrative regions (Amur, Jewish Autonomous, Magadan, and Sakhalin Oblast, Khabarovsk and Primorskiy Krai). For some poorly known species, notes on the peculiarities of their distribution and ecology are given. The identification of *Pluteus hibbettii* and *Rhizopogon laricin* was confirmed by molecular genetic methods. The cited material is stored in mycological herbaria of ABGI (Blagoveshchensk), LE (St. Petersburg), MAG (Magadan), SVER (Ekaterinburg), TOB (Tobolsk), and VLA (Vladivostok).

Keywords: ascomycetes, basidiomycetes, biodiversity, fungal distribution, morphological and molecular genetic identification, rare species, Russia

DOI: 10.31857/S0026364824050063, **EDN:** uopcss

INTRODUCTION

The paper is a fifth in the series of publications devoted to the new finds of macrofungi in the regions of the Russian Far East (Rebriev et al., 2020, 2021, 2022, 2023). The data contained in these publications are deposited on the GBIF resource (Rebriev et al., 2024).

Annotations about localities, habitats, substrates, specimen herbarium numbers, collectors and determiners

as well as notes on rarity and peculiar features of some species are provided.

MATERIALS AND METHODS

The material was collected and identified by Anna V. Bogacheva (abbreviated as AB), Nadezhda V. Bukharova (NB), Elena A. Erofeeva (EE), Vladimir I. Kapitonov (VK), Natalia A. Kochunova (NK), Ekaterina F. Malysheva (EM),

Yury A. Rebriev (YuR), Nina A. Sazanova (NS), Anton G. Shiryayev (AS), Elena A. Zvyagina (EZ) and others, as indicated in the text. If the specimen was collected and determined by the same specialist, such notes as “coll. and det.” are omitted in the text. The taxa names are actualized in accordance with the Index Fungorum database (2024).

The specimens examined are deposited in ABGI (Blagoveshchensk), LE-F (Saint Petersburg), MAG (Magadan), SVER (Ekaterinburg), TOB (Tobolsk) and VLA (Vladivostok) herbaria.

The novelty of the listed species for the Russian Far East was checked against existing literature, including the checklists of Bolshakov et al. (2021, 2022) and the electronic resource of the Global Biodiversity Information Facility (GBIF).

The identification was carried out mainly by morphological methods. The identification of *Pluteus hibbettii* and *Rhizopogon laricinus* was confirmed by molecular genetic methods.

Preparation for molecular analyses of the strains was performed by sampling a small piece of mycelium from the advancing zone of the colonies using Thermo Scientific Phire Plant Direct PCR Kit. For DNA extraction from voucher, small fragments of dried basidiomata were used. The procedure of DNA extraction completely corresponded to the manufacturer's protocol of the Phytosorb Kit (ZAO Syntol, Russia). The procedures of amplification and sequencing of ITS fragment were performed with a standard pair of primers ITS1f-ITS4b (White et al., 1990; Gardes, Bruns, 1993). Sanger sequencing was carried out at the Center for collective use of scientific equipment “Cellular and molecular technology of studying plants and fungi” (Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg) and the Youth Molecular Genetic Laboratory of Yugra State University.

RESULTS

Ascomycota

Neolectales

Neolecta irregularis (Peck) Korf et J.K. Rogers — new for Jewish Autonomous Oblast.

Specimen examined: *Jewish Autonomous Oblast:* Bastak Nature Reserve, 49.0743°N, 133.0703°E, deciduous forest, on litter, 12.09.2022, coll. E.S. Lonkina, det. AB (VLA D-4606).

Pezizales

Helvella pezizoides Afzel. — new for Primorsky Krai.

Specimens examined: *Primorsky Krai:* Vladivostok city, territory of the Botanical Garden-Institute, artificial plantings, 43.1327°N, 131.5936°E, deciduous forest, on soil, 27.07.1990, coll. E.M. Bulakh, det. AB (VLA D-4462); *ibid.*, on dead wood, 28.04.2023, coll. Yu.V. Dochevoy, det. AB (VLA D-4637).

Pachyella violaceonigra (Rehm) Pfister — new for the Russian Far East.

Specimen examined: *Primorsky Krai:* Partizanskiy District, railway station “94 km”, Tigrovaya river, 43.1116°N, 132.5343°E, deciduous forest, on dead wood, 04.11.2023, coll. Yu.V. Dochevoy, det. AB (VLA D-4676).

Peziza ostracoderma Korf — new for the Russian Far East.

Specimen examined: *Primorsky Krai:* Khasanskiy District, vicinity of Kravtsovka village, 43.3648°N, 131.6418°E, coniferous-deciduous forest, on soil in fireplace, 17.08.2018, AB (VLA D-4420).

Basidiomycota

Agaricales

Armillaria cepistipes Velen. — new for Khabarovsk Krai.

Specimens examined: *Khabarovsk Krai:* Khabarovskiy District, Khekhtsirskiy Zakaznik, Elka river basin, 48.2868°N, 135.3389°E, mixed forest, on stumps and fallen trees, 14.08.2017, EE (VLA M-26229); Nanayskiy District, Anyuyskiy National Park, middle part of the Anyui river, 49.3750°N, 137.7117°E, riverside, clearing near the house, on litter, solitary, in a small group, 25.08.2010, EE (VLA M-23376; fig. 1a); Verkhneburenskiy District, vicinity of Sofiysk village, lower reaches of the Samyr river, 52.2618°N, 134.1493°E, clearing in a mixed forest, on *Betula* sp. logs and on litter nearby, caespitose, 04.09.2013, EE (VLA M-24301).

Notes: The specimen VLA M-23376 was pointed in Erofeeva, Bulakh, 2015 as *A. mellea* (Vahl) P. Kumm.

Cheimonophyllum haedinum (Berk. et M.A. Curtis) Valade et P.-A. Moreau — new for Sakhalin Oblast.

Specimen examined: *Sakhalin Oblast:* Sakhalin Island, Crillon Peninsula, Aniva Bay, left bank of the Riflyanka river, 46.1024°N, 142.2012°E, *Abies-Picea*-dominated forest with *Betula* sp., *Alnus* sp. and *Sorbus* sp., on the bark of trunk of *Abies* sp., 06.08.2023, NK (ABGI 2332/170107).

Chlorophyllum olivieri (Barla) Vellinga — new for Khabarovsk Krai.

Specimen examined: *Khabarovsk Krai:* Khabarovskiy District, Khekhtsirskiy Zakaznik, valley of the Malye Chirki river, 48.2497°N, 135.0092°E, mixed forest, on soil, near the anthill, 16.09.2017, EE (VLA M-26233).

Clitopilopsis hirneola (Fr.) Kühner — new for Magadan Oblast.

Specimens examined: *Magadan Oblast:* Olskiy District, Zavyalov Island, right bank of the Rassvet river, 59.0780°N, 150.6275°E, old-burnt hill with *Pinus pumila*, on soil among *Polytrichum* mosses, 27.07.2021, coll. E.V. Zheludeva, det. NS (MAG 5917); cape Nyklya, 1-st observation deck, seaside slope, 59.5801°N, 151.1857°E, side of the road, sparse thickets of *P. pumila* with spots of *Salix sphenophylla*, on sandy soil, 31.08.2023, NS (MAG 6049; Fig. 1, b).

Cortinarius clarobrunneus (H. Lindstr. et Melot) Niskanen, Kytöv. et Liimat. — new for the Russian Far East.

Specimen examined: *Magadan Oblast:* vicinity of Magadan city, 17th km of the federal road Kolyma, 59.6783°N, 150.9128°E, planting of *Pinus sylvestris*, on soil, 30.08.2022, NS (MAG 6045).

C. evernius (Fr.) Fr. — new for Magadan Oblast.

Specimen examined: *Magadan Oblast:* Khasynskiy District, federal road Kolyma, Yablonovy pass, 60.6139°N, 151.5852°E, moist saddle along the edge of *Larix cajanderi* forest, among mosses, 22.08.2016, NS (MAG 5423).

C. gossypinus H. Lindstr. — new for the Russian Far East.

Specimen examined: *Magadan Oblast:* Tenkinskiy District, upper part of the Kolyma river, Orotuk station, tract “Ryabinovy Island” in the floodplain of the Kolyma river, 62.0582°N, 148.6044°E, dead *Salix schwerinii* forest, on soil, 28.08.2015, coll. N.V. Sinelnikova, det. NS (MAG 4346).

Notes: The species is associated with *Salix* and bears an external resemblance to *C. hemitrichus*, which is associated with *Betula*.

C. rubellus Cooke — new for the Russian Far East.

Specimen examined: *Sakhalin Oblast:* Sakhalin Island, Crillon Peninsula, Aniva Bay, right bank of the Moguchi river, 46.0929°N, 142.1901°E, *Abies-Picea*-dominated forest with *Betula* sp., on soil, 10.08.2023, NK (ABGI 2336/170111).

C. tabularis (Fr.) Fr. — new for Magadan Oblast.



Fig. 1. Fruiting bodies of some rare species of macromycetes: a – *Armillaria cepistipes* VLA M-23376 (photo by E. Erofeeva); b – *Clitopilopsis hirneola* MAG 6049 (photo by N. Sazanova); c – *Inocybe alpigenes* MAG 5952 (photo by N. Sazanova); d – *Laccaria amethysteo-occidentalis* MAG 5764 (photo by N. Sazanova); e – *Mycena meliigena* VLA M-28063 (photo by E. Erofeeva); f – *Pluteus hibbettii* LE F-347543 (photo by O. Morozova).

Specimen examined: *Magadan Oblast*: Susumanskiy District, Magadan Nature Reserve, Momontai Lake area, 63.7330°N, 148.1204°E, *Larix cajanderi* forest with *Betula exilis* shrubs and lichens, on soil, 06.08.2018, coll. E.A. Andriyanova, det. NS (MAG 5363).

Entoloma formosum (Fr.) Noordel. — new for Magadan Oblast.

Specimen examined: *Magadan Oblast*: vicinity of Magadan city, coast of the Okhotsk Sea, hiking trail to Mount Stone Crown, 59.5105°N, 150.7054°E, wet habitat near a stream, *Larix cajanderi* forest, on soil among mosses, 18.08.2012, NS (MAG 5953).

Infundibulicybe squamulosa (Pers.) Harmaja — new for Sakhalin Oblast.

Specimen examined: *Sakhalin Oblast*: Sakhalin Island, Crillon Peninsula, Aniva Bay, right bank of the Moguchi river, 46.0887°N, 142.1933°E, *Abies-Picea*-dominated forest with *Betula* sp., *Alnus* sp. and *Sorbus* sp., on litter, 07.08.2023, NK (ABGI 2330/170110).

Inocybe alpigenes (E. Horak) Bon — new for the Russian Far East.

Specimen examined: *Magadan Oblast*: Olskiy District, Zavyalov Island, left bank of the Rassvet Bay, 59.0835°N, 150.6223°E, spotted shrub tundra with *Salix sphenophylla* and *Dryas ajanensis*, on soil, 25.07.2021, NS (MAG 5952; Fig. 1, c).

Notes: This is a holarctic subalpine and subarctic species, known in the Russian Federation from Buryatia (Bolshakov et al., 2021). It differs from similar species in its fibrous-silky cap and microscopic characteristics.

Laccaria amethysteo-occidentalis G.M. Muell. — new for the Russian Far East.

Specimens examined: *Magadan Oblast*: Khasynskiy District, 152nd km of the federal road Kolyma, 60.5952°N, 151.5619°E, southern gravelly slope of a hill with steppe formation, next to *Larix cajanderi*, 12.08.2015, NS (MAG 4381, MAG 4382); Olskiy District, coast of the Okhotsk Sea, Yansky Estuary, 59.7389°N, 149.4054°E, sparse thickets of *Pinus pumila* on the border with a seaside meadow, on sandy soil, together with *Sabuloglossum arenarium*, 05.08.2017, NS (MAG 5764; fig. 1d); *ibid.*, 05.09.2023, NS (MAG 6102).

Notes: This Asian-North American species, associated with conifers, has a richer color and more oval spores than *L. amethystina*. It is known in the Russian Federation from Altai (Gorbunova, Chubarova, 2008).

Lepiota brunneoincarnata Chodat et C. Martín — new for Khabarovsk Krai.

Specimen examined: *Khabarovsk Krai*: Khabarovskiy District, Khokhtsirskiy Zakaznik, valley of the Malye Chirki river, 48.2497°N, 135.0092°E, mixed forest, on litter, near roadside, 14.09.2018, EE (VLA M-26580).

Notes: The fruiting body emits the odour of chocolate candies.

Mycena meliigena (Berk. et Cooke) Sacc. — new for Jewish Autonomous Oblast.

Specimen examined: *Jewish Autonomous Oblast*: Birobidzhan city, bank of the Bira river, 48.7925°N, 132.8940°E, arborescent *Salix* sp. thickets, on the bark of a damaged *Salix* sp. trunk, among moss and lichens, after heavy continuous rain, 03.07.2021, EE (VLA M-28063; fig. 1e).

M. rubromarginata (Fr.) P. Kumm. — new for Sakhalin Oblast.

Specimen examined: *Sakhalin Oblast*: Sakhalin Island, Crillon Peninsula, Aniva Bay, right bank of the Moguchi river, 46.0887°N, 142.1933°E, *Abies-Picea*-dominated forest with *Betula* sp., on litter, 09.08.2023, NK (ABGI 2295/170109).

Pluteus hibbettii Justo, E.F. Malysheva et Bulyonkova — new for the Russian Far East.

Specimen examined: *Primorskiy Krai*: Ussuriyskiy Urban Okrug, vicinity of Gorno-Tayozhnoye village, Arboretum of the Gornotayozhnaya Research Station, 43.6936°N, 132.1528°E, mixed forest, on well-decayed wood of a coniferous tree, 28.08.2021, coll. O. Morozova, det. EM (LE F-347543; ITS GenBank PP575008; Fig. 1, f).

Notes: The species was described recently based on specimens from the USA, Japan and central Siberia (Novosibirsk district) (Justo et al., 2014). The studied collection is the second record in the Russian Federation.

Simocybe haustellaris (Fr.) Watling — new for Magadan Oblast.

Specimen examined: *Magadan Oblast*: Tenkinskiy District, upper part of the Kolyma river, Orotuk station, 62.0206°N, 148.6282°E, floodplain of the Kolyma river, on a pile of deciduous trees, 31.07.2011, NS (MAG 5544).

Tricholoma frondosae Kalamees et Shchukin — new for Khabarovsk Krai.

Specimens examined: *Khabarovsk Krai*: Nanayskiy District, Anyuyskiy National Park, lower reaches of the Anyui river, 49.2987°N, 136.5148°E, *Quercus mongolica* forest with *Populus tremula*, on soil, 21.09.2012, EE (VLA M-24454); Verkhnebureinskiy District, Chegdomyn town, park, 51.1314°N, 133.0444°E, sparse forest of *Betula platyphylla* with *P. tremula*, on soil among the grass, 04.10.2009, EE (VLA M-22335; Fig. 2, a).

Notes: The specimen VLA M-24454 was reported in Erofeeva, Bulakh (2015) as *T. equestre* (L.) P. Kumm.

Tubaria furfuracea (Pers.) Gillet — new for Magadan Oblast.

Specimen examined: *Magadan Oblast*: Olskiy District, Zavyalov Island, Rassvet Bay, 59.0761°N, 150.6488°E, forest of *Betula lanata* along Malaya Rechka stream, on rotten wood debris on soil, 22.07.2021, NS (MAG 5919).

Amylocorticiales

Amylocorticium subincarnatum (Peck) Pouzar — new for Amur Oblast.

Specimen examined: *Amur Oblast*: Svobodnenskiy District, vicinity of Yukhta-3 village, 51.4825°N, 128.1612°E, young *Betula* sp. forest with single trees of *Pinus*, on fallen decorticated trunk of *P. sylvestris*, 04.08.2022, VK (TOB1820135; Fig. 2, b).

Amyloxeasma lloydii (Liberta) Hjortstam et Ryvarden — new for Magadan Oblast.

Specimen examined: *Magadan Oblast*: Tenkinskiy District, upper part of Kolyma river, Malyy Chubukalah brook valley, 62.0488°N, 148.7709°E, *Larix* sp. dominated forest with *Pinus pumila* and *Betula middendorffii*, on fallen wood of *P. pumila*, 01.09.2005, AS (SVER(F) 24083).

Anomoporia kamtschatica (Parnasto) Bondartseva — new for Magadan Oblast.

Specimen examined: *Magadan Oblast*: Srednekanskiy District, 18 km east of Balygchan village, 63.9052°N, 154.4263°E, *Pinus pumila* bushes, on dead fallen branch of *P. pumila*, 07.08.2008, coll. O.S. Nikitin, det. AS (SVER(F) 24099).

Atheliales

Athelia epiphylla Pers. — new for Amur Oblast.

Specimen examined: *Amur Oblast*: Selezmdzhinskiy District, Nora Nature Reserve, left bank of the valley of the Burunda river, 52.5436°N, 130.0367°E, forest of *Pinus sylvestris* with *Betula* sp. and *Populus tremula*, on dead trunk of *P. tremula*, 27.06.2022, NK (ABGI 2059/170106).

Auriculariales

Endoperplexa enodulosa (Hauerslev) P. Roberts — new for Magadan Oblast.

Specimen examined: *Magadan Oblast*: Olskiy District, Magadan Nature Reserve, Kava-Chelomdzinskiy section, cordon Moldot, 60.0184°N, 148.0366°E, mixed forest, on fallen dead trunk of *Pinus pumila*, 03.08.2008, coll. O.S. Nikitin, det. AS (SVER(F) 24090).

Boletales

Rhizopogon laricinus Y. Miyamoto et T.C. Maximov — new for the Russian Far East.

Specimen examined: *Magadan Oblast*: Olskiy District, Kavinskaya Valley Nature Protected Area, interfluvium of the Olochan and Burgali rivers, 59.5833°N, 147.5000°E, in soil, 19.08.2017, coll. NS, det. EZ (MAG 5057, LE F-350980; ITS GenBank PP501190).

Notes: This species was described from Sakha Republic (Miyamoto et al., 2019). There are several indications of findings of cf. *Rhizopogon laricinus* in the GBIF (Vasar et al., 2022; PlutoF. Global soil...), but none of them are confirmed by basidiomata finds. It is the only *Rhizopogon* species in the world that is obligately associated with *Larix*.

Cantharellales

Sistotrema resinicystidium Hallenb. — new for Magadan Oblast.

Specimen examined: *Magadan Oblast*: Olskiy District, Magadan Nature Reserve, Kava-Chelomdzinskiy section, cordon Moldot, 60.0183°N,



Fig. 2. Fruiting bodies of some rare species of macromycetes: a – *Tricholoma frondosae* VLA M-22335 (photo by E. Erofeeva); b – *Amylocorticium subincarnatum* TOB1820135 (photo by V. Kapitonov); c – *Phallus sibiricus* VLA M-24264 (photo by E. Erofeeva); d – *Steccherinum robustius* ABGI 2112/170103 (photo by N. Kochunova); e – *Heterobasidion orientale* VLA M-28273 (photo by N. Bukharova); f – *Lentinellus flabelliformis* ABGI 2301/170108 (photo by N. Kochunova).

148.0362°E, *Larix* sp. dominated forest, on a dead fruiting body of *Fomitopsis* sp. growing on a fallen mossy trunk of *Larix cajanderi*, 23.08.2008, coll. O.S. Nikitin, det. AS (SVER(F) 24077).

Tulasnella pallida Bres. — new for Magadan Oblast.

Specimen examined: *Magadan Oblast:* Olskiy District, Magadan Nature Reserve, Olskiy section, Cape Alevina, 58.8391°N, 151.3492°E, bushes with *Salix arctica*, *S. sphenophylla*, *Betula exilis*, *Duschekia fruticosa*, on fallen branch of *D. fruticosa*, 26.08.2008, coll. O.S. Nikitin, det. AS (SVER(F) 24081).

Corticiales

Corticium confine Bourdot et Galzin — new for Amur Oblast.

Specimen examined: *Amur Oblast:* Blagoveshchenskiy District, Blagoveshchensk city, Komsomolskiy park, 50.2597°N, 127.4949°E, hardwood plantations, on a dead branch of *Betula davurica*, 09.09.2022, coll. E. Vorobyova, det. NK (ABGI 2216/170105).

Filobasidiales

Syzygospora mycophaga (M.P. Christ.) Hauerslev — new for Magadan Oblast.

Specimen examined: *Magadan Oblast:* Tenkinskiy District, upper part of Kolyma river, Malyy Chubukalah brook valley, 62.0483°N, 148.7710°E, *Larix* sp. dominated forest with *Pinus pumila*, on fruiting bodies of *Amylocorticium molle* grows on a dead branch of *P. pumila*, 01.09.2005, AS (SVER(F) 24095).

Hymenochaetales

Subulicium lautum (H.S. Jacks.) Hjortstam et Ryvarden — new for Magadan Oblast.

Specimen examined: *Magadan Oblast:* Khasynskiy District, Olskoe plateau, Yablonovyy pass, 60.6159°N, 151.5868°E, dryad tundra with *Pinus pumila*, on dead branch of *P. pumila*, 09.09.2005, AS (SVER(F) 24079).

Tubulicrinis chaetophorus (Höhn.) Donk — new for the Russian Far East.

Specimen examined: *Khabarovsk Krai:* Komsomolskiy District, Komsomolsk Nature Reserve, vicinity of the Kamennaya pad' cordon, 50.7434°N, 137.3805°E, *Abies-Larix* forest, on a dead conifer trunk, 21.07.2022, NK (ABGI 2171/170102).

T. medius (Bourdot et Galzin) Oberw. — new for Magadan Oblast.

Specimen examined: *Magadan Oblast:* Srednekanskiy District, 18 km east of Balygchan village, 63.9052°N, 154.4263°E, *Pinus pumila* bushes, on dead fallen branch of *P. pumila*, 07.08.2008, coll. O.S. Nikitin, det. AS (SVER(F) 24084).

Jaapiales

Jaapia argillacea Bres. — new for Magadan Oblast.

Specimen examined: *Magadan Oblast:* Tenkinskiy District, Orotuk station, upper Kolyma river, 62.0509°N, 148.6443°E, forest with *Larix cajanderi*, *Pinus pumila* and *Betula middendorffii*, on dead branch of *P. pumila*, 05.09.2005, AS (SVER(F) 24080).

Phallales

Phallus sibiricus (Lavrov) Rebriv [= *P. ultraduplicatus* X-D Yu, Wei Lv, Shu-Xia Lv, Xu-Hui Chen, Qin Wang] — new for Amur Oblast, Jewish Autonomous Oblast, Khabarovsk Krai, and Sakhalin Oblast.

Specimens examined: *Amur Oblast:* Blagoveshchenskiy District, Blagoveshchensk city, 2nd km of Ignatievskoe highway, 50.3197°N, 127.4808°E, *Quercus mongolica* and *Betula davurica* plantations, on soil, 18.09.2017, NK (ABGI 691/170104); vicinity of Gryaznushka village, 50.6612°N, 127.4772°E, *Q. mongolica* forest, on soil, 25.08.2003, coll. NK, det. YuR (VLA M-18306); forest tract "Mukhinka", 50.5561°N, 127.6468°E, forest of *Q. mongolica* and *Alnus* sp. with *Ulmus* sp., on soil, near the streamlet, 05.09.2003, coll. NK, det. YuR (VLA M-18307); Zeyskiy District, vicinity of Zeya town, south-eastern slope towards the Zeya river valley, 53.7640°N, 127.2979°E, forest of *Larix* sp. and *Betula* sp., on soil, 09.08.1958, coll. L.N. Vasilyeva, det. YuR (VLA M-18137); *ibid.*, on the slope, 53.7618°N, 127.2926°E, forest of *Betula* sp. with *Q. mongolica*, on soil, 11.08.1958, coll. L.N. Vasilyeva, det. YuR (VLA M-18142); *Jewish Autonomous Oblast:* Birobidzhanskiy District, 16th km of Birshosse road, 48.7020°N, 132.8139°E, deciduous

forest (*Q. mongolica*, *Betula* spp., *Populus tremula*), on soil, 11.09.2013, coll. EE, det. YuR and EE (VLA M-24264; fig. 2c); *Khabarovsk Krai:* Khabarovskiy District, Bolshekhkhtsirsky Nature Reserve, Bykova river valley, 48.2716°N, 134.8305°E, broad-leaved forest, on soil, 01.09.1983, coll. E.M. Bulakh, det. YuR (VLA M-21122); vicinity of Voronezh village, 48.6026°N, 135.0493°E, deciduous forest, on soil, 01.09.2018, coll. S.P. Prokopyev, det. YuR and EE (VLA M-26748); *ibid.*, 48.6026°N, 135.0493°E, deciduous forest, on litter with numerous woody remains, 11.08.2017, coll. S.P. Prokopyev, det. YuR and EE (VLA M-26512); Komsomolskiy District, Komsomolsk Nature Reserve, Namek (Oxyan) brook basin, 50.7570°N, 137.6539°E, *Q. mongolica* forest, on soil, 20.08.1985, coll. E.M. Bulakh, det. YuR (VLA M-18147); Nanayskiy District, Anyuyskiy National Park, lower reaches of the Anyui river, 49.2879°N, 136.5343°E, *Alnus* sp. forest, on soil, 05.08.2010, coll. EE, det. YuR and EE (VLA M-22780); *Sakhalin Oblast:* Sakhalin Island, Dolinskiy District, vicinity of Dolinsk town, 47.3244°N, 142.8283°E, *Picea* sp.-*Abies* sp. forest, on soil, 09.09.1990, coll. E.M. Bulakh, det. YuR (VLA M-18139).

Notes: Some of these specimens have previously been included in regional checklists (Nazarova, Vasilyeva, 1974; Azbukina et al., 1986; Azbukina et al., 1989; Azbukina et al., 1998; Bulakh, Bukharova, 2018; Kochunova, 2019) as *Dictyophora duplicata* (Bosc) E. Fisch. (VLA M-18137 (with incorrect annotation), VLA M-18142, VLA M-18147 (with incorrect geographic location), VLA M-18307, VLA M-21122, VLA M-22780 (with erroneous specimen number and incorrect annotation), VLA M-24264 (with incorrect annotation)) and as *Phallus impudicus* f. *togatus* (Kalchbr.) Qué. (ABGI 691/170104).

Polyporales

Cystidiopostia pileata (Parnasto) B.K. Cui, L.L. Shen et Y.C. Dai — new for Sakhalin Oblast.

Specimen examined: *Sakhalin Oblast:* Sakhalin Island, Crillon Peninsula, Aniva Bay, slope of the left bank of the Riflyanka river, 46.1051°N, 142.2003°E, floodplain forest, on dead wood of *Alnus* sp., 06.08.2023, NB (VLA M-28258).

Notes: This is the third report of this species in the Russian Federation, which was previously known here from the Primorskiy Krai and Jewish Autonomous Oblast (Parnasto, 1980; Erofeeva et al., 2021).

Phanerochaete velutina (DC.) P. Karst. — new for Amur Oblast.

Specimen examined: *Amur Oblast:* Blagoveshchenskiy District, 3.2 km southwest of Novinka village, 50.6225°N, 127.6202°E, *Betula davurica*-dominated forest with *Quercus mongolica*, on fallen trunk of *Q. mongolica*, 04.08.2023, VK (TOB2000467).

Phlebia acerina Peck — new for Sakhalin Oblast.

Specimen examined: *Sakhalin Oblast:* Kunashir Island, Kurils Nature Reserve, vicinities of Dubovoye village, 43.7963°N, 145.5042°E, *Quercus*-dominated forest, on dead wood of *Alnus* sp., 25.08.2016, coll. E.M. Bulakh, det. NB (VLA M-25204).

Neoantrodia leucaena (Y.C. Dai et Niemelä) Audet — new for Amur Oblast.

Specimen examined: *Amur Oblast:* Svobodnenskiy District, 6.8 km north-east of Yukhta village, 51.5585°N, 128.2133°E, *Betula dauurica*-dominated forest with *Quercus mongolica* and *Populus tremula*, on fallen decorticated trunk of *P. tremula*, 02.06.2023, VK (TOB1920436).

Steccherinum aurantilaetum (Corner) Bernicchia et Gorjón — new for Sakhalin Oblast.

Specimen examined: *Sakhalin Oblast:* Sakhalin Island, Crillon Peninsula, Aniva Bay, near the coast, 46.0736°N, 142.1892°E, *Salix* sp. forest, on dead trunk of *Salix* sp., 04.08.2023, NB (VLA M-28226).

Notes: This is a rare East-Asian species that is easily recognized by its bright orange effused-reflexed basidiomata. It was previously known in the Russian Federation only from the Primorskiy Krai, Khabarovsk Krai and Jewish Autonomous Oblast (Bukharova, 2021).

S. robustius (J. Erikss. et S. Lundell) J. Erikss. — new for Khabarovsk Krai.

Specimen examined: *Khabarovsk Krai:* Komsomolskiy District, Komsomolsk-on-Amur city, Silinskiy les Natural Monument, vicinity of the visitor center of the Komsomolsk Nature Reserve, 50.5680°N, 137.0476°E,

mixed forest, on dead trunks of *Prunus padus*, 18.07.2022, NK (ABGI 2112/170103; Fig. 2, d).

Russulales

Aleurocystidiellum subcruentatum (Berk. et M.A. Curtis) P.A. Lemke — new for Sakhalin Oblast.

Specimen examined: *Sakhalin Oblast*: Sakhalin Island, Crillon Peninsula, Aniva Bay, mouth of the Moguchi river, 46.0928°N, 142.1999°E, *Abies-Picea* forest, on trunk of *Picea* sp., 09.08.2023, NB (VLA M-28318).

Heterobasidion orientale Tokuda, T. Hatt. et Y.C. Dai — new for Sakhalin Oblast.

Specimens examined: *Sakhalin Oblast*: Kunashir Island, Kurils Nature Reserve, ecological trail “Stolbovskaya”, 44.0085°N, 145.7021°E, *Abies-Picea* forest, on stump of *Abies* sp., 24.08.2016, coll. E.M. Bulakh, det. NB (VLA M-25100, 27040); Sakhalin Island, Crillon Peninsula, Aniva Bay, right bank of the Moguchi river, 46.0929°N, 142.1901°E, *Abies-Picea* forest with *Sasa curulensis*, on a broken trunk of *Abies* sp., 05.08.2023, NB (VLA M-28248); *ibid.*, *Abies-Picea* forest, on dead wood of *Abies* sp., 10.08.2023, NB (VLA M-28326, 28327); *ibid.*, 46.0928°N, 142.1999°E, *Abies-Picea* forest with *Sasa curulensis*, on dead trunk of *Picea* sp., 09.08.2023, NB (VLA M-28308, 28319); *ibid.*, 46.0936°N, 142.1882°E, *Abies-Picea* forest with *S. curulensis*, on dead trunk of *Abies* sp., 07.08.2023, NB (VLA M-28286, 28273; fig. 2e); *ibid.*, 46.0977°N, 142.1658°E, *Abies-Picea* forest, on dead wood of *Abies* sp., 08.08.2023, NB (VLA M-28304); Shikotan Island, Zakaznik “Malye Kurily”, southwestern slope of Mount Shikotan, 43.7978°N, 146.7429°E, *Abies-Picea* forest, on dead wood of *Abies* sp., 25.08.2019, coll. E.M. Bulakh, det. NB (VLA M-27130, 27357).

Notes: This is an East-Asian species that is characterized by sessile to effused-reflexed basidiomata covered by a thin crust, reddish brown pileus with a marginal white zone and regular to labyrinthiform pores (Tokuda et al., 2009). This species is considered within the *Heterobasidion insulare*-complex. In the Russian Federation it is widely distributed in the south of the Far East and known from the Primorskiy Krai, Khabarovsk Krai and Jewish Autonomous Oblast (Bukharova, Zmitrovich, 2014; Erofeeva, Bukharova, 2018; Bukharova et al., 2021).

Lentinellus flabelliformis (Bolton) S. Ito — new for the Russian Far East.

Specimen examined: *Sakhalin Oblast*: Sakhalin Island, Crillon Peninsula, Aniva Bay, right bank of the Moguchi river, 46.0887°N, 142.1933°E, *Abies-Picea* forest with *Betula* sp., on the bark of *Abies* sp. trunk, 09.08.2023, NK (ABGI 2301/170108; Fig. 2, f).

Thelephorales

Tomentella lilacinogrisea Wakef. (= *Tomentella neobourdotii* M.J. Larsen) — new for Amur Oblast.

Specimen examined: *Amur Oblast*: Svobodnenskiy District, vicinity of Yukhta-3 village, 51.4790°N, 128.1577°E, *Pinus sylvestris*-dominated forest with *Populus tremula* and *Betula davurica*, on fallen trunk of *Populus tremula*, 03.08.2023, VK (TOB2000226).

Trechisporales

Litschauerella clematidis (Bourdot et Galzin) J. Erikss. et Ryvarden — new for Magadan Oblast.

Specimen examined: *Magadan Oblast*: Tenkinskiy District, Orotuk station, upper Kolyma river, 62.0509°N, 148.6443°E, forest with *Larix cajanderi*, *Pinus pumila* and *Betula middendorffii*, on dead branch of *P. pumila*, 05.09.2005, AS (SVER(F) 24088).

Sertulicium niveocreum (Höhn. et Litsch.) Spirin et K.H. Larss. — new for Amur Oblast.

Specimen examined: *Amur Oblast*: Svobodnenskiy District, 9 km northwest of Zheltoyarovo village, 51.5739°N, 128.3244°E, *Betula davurica*-dominated forest with *Quercus mongolica*, on fallen trunk of *Q. mongolica*, 01.06.2023, VK (TOB1920207).

Subulicystidium perlongisporum Boidin et Gilles — new for Magadan Oblast.

Specimen examined: *Magadan Oblast*: vicinity of Magadan city, Nagayevskaya hill, 59.5681°N, 150.7523°E, forest with *Betula lanata*, on fallen dead trunk of *B. lanata*, 10.09.2007, coll. O.S. Nikitin, det AS (SVER(F) 24075).

Trechispora byssinella (Bourdot) Liberta — new for Magadan Oblast.

Specimen examined: *Magadan Oblast*: vicinity of Magadan city, Nagayevskaya hill, 59.5698°N, 150.7622°E, forest with *Betula lanata* and *Pinus pumila*, on dead branch of *P. pumila*, 11.09.2005, AS (SVER(F) 24096).

DISCUSSION

A total of 77 records of 53 species of macromycetes are reported as new for administrative units of the Russian Far East or the whole region. Four species belong to the *Ascomycota* (*Neolectales* and *Pezizales*), and 49 — to the *Basidiomycota* (*Agaricales*, *Amylocorticiales*, *Atheliales*, *Auriculariales*, *Boletales*, *Cantharellales*, *Corticiales*, *Filobasidiales*, *Hymenochaetales*, *Jaapiiales*, *Phallales*, *Polyporales*, *Russulales*, *Thelephorales* and *Trechisporales*). Eleven species (*Cortinarius clarobrunneus*, *C. gossypinus*, *C. rubellus*, *Inocybe alpigenes*, *Laccaria amethysteo-occidentalis*, *Lentinellus flabelliformis*, *Pachyella violaceonigra*, *Peziza ostracoderma*, *Pluteus hibbettii*, *Rhizopogon laricinus*, *Tubulicrinis chaetophorus*) are reported for the first time for the Russian Far East.

The distribution of new records of macromycetes within the regions is as follows:

- 1 — Primorskiy Krai;
- 3 — Jewish Autonomous Oblast;
- 6 — Khabarovsk Krai;
- 8 — Amur Oblast;
- 9 — Sakhalin Oblast;
- 11 — Russian Far East;
- 18 — Magadan Oblast.

The studies on fungal diversity in the Far Eastern regions of Russia to be continued.

The study was performed within the framework of the following state assignments of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation: project N122020100332-8 of the Southern Scientific Centre RAS (Yu.A. Rebriev); project N122040800085-4 of the Amur Branch Botanical Garden-Institute FEB RAS (N.A. Kochunova); project N123032000015-3 of the Institute of Biological Problems of the North FEB RAS (N.A. Sazanova); project N124012400285-7 of the Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS (A.V. Bogacheva, N.V. Bukharova and I.V. Bochkareva). The collection of material in the Crillon Peninsula was supported by the Grant of Non-Profit Charitable Foundation “Support for Biological Research” No. 1/2023-gr and 4/2023-gr to N.V. Bukharova and N.A. Kochunova, the work of E.F. Malysheva has been carried out within the project of the Komarov Botanical Institute RAS N124020100148-3, the work of E.A. Erofeeva has been

carried out within the state assignment for Institute for Complex Analysis of Regional Problems of the FEB RAS, and the work of E.A. Zvyagina has been supported by a grant from the federal budget for the implementation of the state assignment “Molecular-genetic methods in the study and assessment of biodiversity in the Northern regions (FENG-2024-0003)” No. 1023041300017-6-1.6.4 dated 13.03.2024.

REFERENCES

- Azbukina Z.M., Bogacheva A.V., Bulakh E.M. et al. Fungi. In: Flora and vegetation of the Khingan Nature Reserve (Amur Oblast). Vladivostok: Dalnauka, 1998. P. 33–64. (In Russ.).
- Azbukina Z.M., Bulakh E.M., Parmasto E.H. et al. Fungi. In: Flora and vegetation of the Bolshekhkhtsirsky Nature Reserve (Khabarovsk Territory). Vladivostok: DVNTS of the USSR Academy of Sciences, 1986. P. 30–70. (In Russ.).
- Azbukina Z.M., Bulakh E.M., Vasilyeva L.N. et al. Fungi. In: Fungi, lichens, algae and bryophytes of the Komsomolsky Nature Reserve (Khabarovsk Territory). Vladivostok: DVO of the USSR Academy of Sciences, 1989. P. 14–48. (In Russ.).
- 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>
- 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.).
- Bukharova N.V. *Steccherinum aurantilaetum* (Corner) Bernicchia et Gorjón (Basidiomycota) in the Far East of Russia. Komarovskie chteniya. 2021. V. 69. P. 124–129. <https://doi.org/10.25221/kl.69.8>. (In Russ.).
- Bukharova N.V., Zmitrovich I.V. Aphyllophoroid fungi of the “Bastak” Reserve. Mikologiya i fitopatologiya. 2014. V. 48 (6). P. 343–354. (In Russ.).
- Bukharova N.V., Zmitrovich I.V., Psurtseva N.V. et al. Aphyllophoroid fungi (Basidiomycota) of the Ussuriysky Nature Reserve (Primorye Territory, Russian Far East). Biota i sreda prirodnikh territoriy. 2021. № 3. P. 35–55. https://doi.org/10.37102/2782-1978_2021_3_3 (In Russ.).
- Bulakh E.M., Bukharova N.V. Macromycetes: Basidiomycota. In: Mycobiota of the Far Eastern Oak Forests. Vladivostok, 2018. P. 89–126. (In Russ.).
- Erofeeva E.A., Bukharova N.V. First data on aphyllophoroid fungi of the Anyuiskiy National Park (Khabarovsk Territory). Mikologiya i fitopatologiya. 2018. V. 52 (3). P. 167–173. (In Russ.).
- Erofeeva E.A., Bukharova N.V., Bulakh E.M. New Data on Basidiomycetes of the Jewish Autonomous Region (Russia). Mikologiya i fitopatologiya. 2021. V. 55 (6). P. 423–430. <https://doi.org/10.31857/S0026364821060088> (In Russ.).
- Erofeeva E.A., Bulakh E.M. First data on the agaricoid basidiomycetes of the Anyuiskiy National Park (Khabarovsk Territory). Mikologiya i fitopatologiya. 2015. V. 49 (2). P. 80–90. (In Russ.).
- Gardes M., Bruns T.D. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes application to the identification of mycorrhizae and rusts. Mol. Ecol. 1993. V. 2. P. 132–118. [doi:10.1111/j.1365-294x.1993.tb00005.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-294x.1993.tb00005.x)
- GBIF.org. GBIF Home Page, 2024. <https://www.gbif.org>. Accessed 31.03.2024.
- Gorburnova I.A., Chubarova Yu.A. Macromycetes of Tigirec Reserve (Altay Territory). Mikologiya i fitopatologiya. 2008. V. 42 (2). P. 119–127. (In Russ.).
- Index Fungorum. CABI Bioscience, 2024. <http://www.index-fungorum.org>. Accessed 31.03.2024.
- Justo A., Malysheva E., Bulyonkova T. et al. Molecular phylogeny and phylogeography of Holarctic species of *Pluteus* section *Pluteus* (Agaricales: Pluteaceae), with description of twelve new species. Phytotaxa, 2014. V. 180. P. 1–85. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.180.1.1>
- Kochunova N.A. Annotated list of basidiomycetous macrofungi (*Basidiomycota*) of territory of Amur Branch of Botanical Garden-Institute (Amur Province, Russian Far East). Bulletin of the BGI FEB RAS. 2019. V. 21. P. 9–27. (In Russ.). <https://doi.org/10.17581/bbgi2102>
- Miyamoto Y., Maximov T.C., Sugimoto A. et al. Discovery of *Rhizopogon* associated with *Larix* from northeastern Siberia: Insights into host shift of ectomycorrhizal fungi. Mycoscience, 2019. V. 60 (5). P. 274–280. <https://doi.org/10.1016/j.myc.2019.03.003>
- Nazarova M.M., Vasilyeva L.N. To the flora of agaric fungi and gasteromycetes of the Amur Region. In: Spore plants of the Soviet Far East. Vladivostok: DVNTS of the USSR Academy of Sciences, 1974. V. 22 (125). P. 56–71. (In Russ.).
- Parmasto E. On *Auriporia* (Aphyllophorales: Polyporaceae). Mycotaxon. 1980. V. 11. P. 173–176.
- PlutoF. Global soil organisms. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/fdpeaw> accessed via GBIF.org on 2024-04-11.
- Rebriev Yu.A., Bulakh E.M., Sazanova N.A. et al. New species of macromycetes for regions of Russian Far East. 1. Mikologiya i fitopatologiya. 2020. V. 54 (4). P. 278–288. <https://doi.org/10.31857/S0026364820040091>
- Rebriev Yu.A., Bogacheva A.V., Beker H.J. et al. New species of macromycetes for regions of the Russian Far East. 2. Mikologiya i fitopatologiya. 2021. V. 55 (5). P. 318–330. <https://doi.org/10.31857/S002636482105007X>
- Rebriev Yu.A., Bogacheva A.V., Bulakh E.M. et al. New species of macromycetes for regions of the Russian Far East. 3. Mikologiya i fitopatologiya. 2022. V. 56 (4). P. 254–263. <https://doi.org/10.31857/S0026364822040080>
- Rebriev Yu.A., Bogacheva A.V., Bukharova N.V. et al. New species of macromycetes for regions of the Russian Far East.

4. Mikologiya i fitopatologiya. 2023. V. 57 (4). P. 281–290. <https://doi.org/10.31857/S0026364823040104>
- Rebriev Y., Bogacheva A., Bochkareva I. et al. New species of macromycetes for regions of the Russian Far East – 2024. Federal Research Centre The Southern Scientific Centre of The Russian Academy of Sciences. Occurrence dataset. 2024. <https://doi.org/10.15468/jesqdt> accessed via GBIF.org on 2024-11-11
- Tokuda S., Hattori T., Dai Y.C., et al. Three species of *Heterobasidion* (Basidiomycota, Hericiales), *H. parviporum*, *H. orientale* sp. nov. and *H. ecrustosum* sp. nov. from East Asia. Mycoscience. 2009. V. 50. P. 190–202. <https://doi.org/10.1007/s10267-008-0476-7>
- Vasar M., Davison J., Sepp S., et al. Global soil microbiomes: A new frontline of biome-ecology research. PlutoF, 2022. Occurrence dataset <https://doi.org/10.1111/geb.13487> accessed via GBIF.org on 2024-04-11
- White T.J., Bruns T., Lee S. et al. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: M.A. Innis, D.H. Gelfand, J.J. Sninsky, T.J. White (eds.). PCR Protocols: a guide to methods and applications. Academic Press, N. Y., 1990. P. 315–322.
- Азбукина З.М., Богачева А.В., Булах Е.М. и др. (Azbukina et al.) Грибы // Флора и растительность Хинганского заповедника (Амурская область). Владивосток: Дальнаука, 1998. С. 33–64.
- Азбукина З.М., Булах Е.М., Васильева Лар.Н. и др. (Azbukina et al.) Грибы // Грибы, лишайники, водоросли и мохообразные Комсомольского заповедника (Хабаровский край). Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. С. 14–48.
- Азбукина З.М., Булах Е.М., Пармasto Э.Х. и др. (Azbukina et al.) Грибы // Флора и растительность Большехецирского заповедника (Хабаровский край). Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. С. 30–70.
- 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.
- Булах Е.М., Бухарова Н.В. (Bulakh, Bukharova) Макромицеты: Basidiomycota // Микобиота дальневосточных дубняков. Владивосток, 2018. С. 89–126.
- Бухарова Н.В. (Bukharova) *Steccherinum aurantilaetum* (Corner) Bernicchia et Gorjón (Basidiomycota) на Дальнем Востоке России // Комаровские чтения. 2021. Вып. 69. С. 124–129. <https://www.doi.org/10.25221/kl.69.8>
- Бухарова Н.В., Змитрович И.В. (Bukharova, Zmitrovich) Афиллофороидные грибы заповедника “Бастак” // Микология и фитопатология. 2014. Т. 48. № 6. С. 343–354.
- Бухарова Н.В., Змитрович И.В., Псурцева Н.В. и др. (Bukharova et al.) Афиллофоровые грибы (Basidiomycota) Уссурийского заповедника (Приморский край, Дальний Восток России) // Биота и среда природных территорий. 2021. № 3. С. 35–55.
- Горбунова И.А., Чубарова Ю.А. (Gorbunova, Chubarova) Макромицеты Тигирекского заповедника (Алтайский край) // Микология и фитопатология. 2008. Т. 42. № 2. С. 119–127.
- Ерофеева Е.А., Булах Е.М. (Erofeeva, Bulakh) Первые сведения об агарикоидных базидиомицетах Анюйского национального парка (Хабаровский край) // Микология и фитопатология. 2015. Т. 49. № 2. С. 80–90.
- Ерофеева Е.А., Бухарова Н.В. (Erofeeva, Bukharova) Первые сведения об афиллофороидных грибах национального парка “Аньюйский” (Хабаровский край) // Микология и фитопатология. 2018. Т. 52. № 3. С. 167–173.
- Ерофеева Е.А., Бухарова Н.В., Булах Е.М. (Erofeeva et al.) Новые сведения о базидиальных макромицетах Еврейской автономной области // Микология и фитопатология. 2021. Т. 55. Вып. 6. С. 423–430.
- Кочунова Н.А. (Kochunova) Аннотированный список базидиальных макромицетов (Basidiomycota) территории Амурского филиала Ботанического сада-института ДВО РАН (Амурская область, Российский Дальний Восток) // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. 2019. № 21. С. 9–27.
- Назарова М.М., Васильева Л.Н. (Nazarova, Vasilyeva) К флоре агариковых грибов и гастеромицетов Амурской области // Споры растений советского Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1974. Т. 22 (125). С. 56–71.

Новые для регионов Российского Дальнего Востока виды макромицетов. 5

Ю. А. Ребриев^{a, #}, А. Г. Ширяев^{b, ##}, Н. А. Кочунова^{c, ###}, Н. А. Сазанова^{d, ####},
Е. А. Ерофеева^{e, #####}, Н. В. Бухарова^{f, #####}, В. И. Капитонов^{g, #####}, А. В. Богачева^{f, #####},
Ю. В. Бочкарева^{f, #####}, Е. А. Звягина^{h, i, #####}, Е. Ф. Малышева^{j, #####}

^a Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, Россия

^b Институт экологии растений и животных Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

^c Амурский филиал Ботанического сада – института ДВО РАН, Благовещенск, Россия

^d Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, Магадан, Россия

^e Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, Биробиджан, Россия

^f ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, Россия

^g Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, Тобольск, Россия

^h Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Россия

ⁱ Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

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

[#]e-mail: rebriev@yandex.ru

^{##}e-mail: anton.g.shiryaev@gmail.com

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

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

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

^{#####}e-mail: nadya808080@mail.ru

^{#####}e-mail: kapitnovvi@tobscience.ru

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

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

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

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

Приведены сведения о 53 видах базидиальных и сумчатых макромицетов, впервые отмеченных на Дальнем Востоке России (11 видов) или в его регионах (Амурской, Еврейской автономной, Магаданской и Сахалинской областях, Приморском и Хабаровском краях). Для некоторых малоизвестных видов даны примечания об особенностях их распространения и экологии. Идентификация двух видов (*Pluteus hibbettii*, *Rhizopogon laricinus*) подтверждена молекулярно-генетическими данными. Цитируемый материал хранится в микологических гербариях ABGI (Благовещенск), LE (Санкт-Петербург), MAG (Магадан), SVER (Екатеринбург), TOB (Тобольск), VLA (Владивосток).

Ключевые слова: аскомицеты, биоразнообразие, базидиомицеты, морфологические и молекулярно-генетические методы идентификации, распространение грибов, редкие виды, Россия

PLEUROTUS ABIETICOLA* (AGARICALES, BASIDIOMYCOTA) AS A PIONEER XYLOSAPROTROPH ASSOCIATED WITH SPRUCE SITES DIEBACK CAUSED BY *IPS TYPOGRAPHUS

© 2024. D. A. Shabunin^{1,*} and I. V. Zmitrovich^{2,**}

¹ St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, St. Petersburg, Russia

² Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

*e-mail: ds1512@mail.ru

**e-mail: iv_zmitrovich@mail.ru

Received 15 July, 2024; revised 22 August, 2024; accepted 28 August, 2024

The xylosaprotrophic agaricomycete *Pleurotus abieticola*, described in 1997, is still poorly studied in ecological terms. The objective of this paper is to study the ecological characteristics of *P. abieticola* using the material from two large dry spruce sites (causal agent *Ips typographus*) in the Gladyshevsky and Shchuchye Lake protected areas (Saint Petersburg, Russia), where mass fructification of this species was found. The field species identification was confirmed by the results of ITS rDNA sequencing. A detailed study of drying stands revealed new fine features of the ecology and morphology of *P. abieticola*. A saprotrophic pioneer complex which includes *P. abieticola* has been identified (*Fomitopsis pinicola*, *Trichaptum abietinum*, *Gloeophyllum sepiarium*, *Armillaria ostoyae*, *Amaropostia stiptica*, *Exidia nigricans*, *E. saccharina*, *Dacrymyces stillatus*, *Heterobasidion parviporum*, *Phlebiopsis gigantea*, *Stereum sanguinolentum*). The causes of the mass distribution of *Pleurotus abieticola* in spruce stands affected by *Ips typographus* are discussed.

Keywords: dead wood, drying out of spruce forests, Gladyshevsky protected area, oyster mushroom, Shchuchye Lake protected area, xylosaprotrophs

DOI: 10.31857/S0026364824050075, **EDN:** uoleck

INTRODUCTION

Pleurotus abieticola was described as an independent species in 1997 (Petersen, Hughes, 1997). Until that, the oyster mushroom specimens associated with conifers, particularly with *Picea abies*, were classified as *Pleurotus ostreatus* (Hilber, 1997). Such substrates as *Abies sibirica*, *Picea obovata* (Petersen, Hughes, 1997; Palamarchuk et al., 2023), *Picea* sp., *Alnus* sp., or *Salix* sp. (Albertó et al., 2002) were indicated for *Pleurotus abieticola*. An analysis of the distribution of this species in Russia showed that *P. abieticola* prefers mountain and foothill forests and is less common on the plain (Palamarchuk et al., 2023). In the Leningrad region (North-West of Russia) only one record is known in the Nizhnesvirsky Nature Reserve (Albertó et al., 2002).

Beginning with 2021, an outbreak of mass reproduction of *Ips typographus* (Curculionidae, Coleoptera) in the Leningrad region has been observed (Selikhovkin et al., 2022). The centers of drying have approached the protected forests in the Kurortny District of St. Petersburg (Gladyshevsky and Shchuchye Lake protected areas) and it was there, on fresh 2–3-year-old standing deadwood of *Picea abies*, where we discovered mass fruiting

of *Pleurotus abieticola*. In some affected sites, the occurrence of this species exceeded that of the basic pioneer of spruce drying, *Fomitopsis pinicola*. Aim of the present report was to develop new data on the ecology and coenology (i.e. identification of the associated complex of fungal saprotrophs on fresh spruce deadwood) of *Pleurotus abieticola* based on the material of two large drying areas in the Gladyshevsky and Shchuchye Lake protected areas (St. Petersburg, Russia).

MATERIALS AND METHODS

The observations were carried out in July – August 2024. The survey covered the areas of drying out of the European spruce (*Picea abies*) in the state nature reserves of Shchuchye Lake and Gladyshevsky in the Kurortny District of St. Petersburg, which were attacked by *Ips typographus* in 2020 and mostly died out by 2021.

Both protected areas are situated on a terraced plain of glacial-lake origin with kame hills and basins, with absolute heights ranging from 25 to 70 m above sea level. Peatlands with a thickness of more than 2 m (Losinovka swamp, etc.) are located in the basin.

Table 1. Basic parameters of tree stands studied in affected sites

Tree stand parameters	Shchuchye Lake protected area	Gladyshevsky protected area
Affected sites coordinates*	60.20890 N, 29.79299 E; 60.20689 N, 29.79715 E; 60.21516 N, 29.79339 E	60.21695 N, 29.56137 E; 60.21778 N, 29.55857 E
Tree species	<i>Picea abies</i> (<i>Pinus sylvestris</i> sporadic)	<i>Picea abies</i> (<i>Pinus sylvestris</i> sporadic)
Soil cover dominants	<i>Vaccinium myrtillus</i>	<i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Sphagnum</i> spp.
Number of trees counted	100	100
Mean age	110 years	120 years
Mean diameter**	25 cm	30 cm
Year of dying	2021	2021

Note. *The coordinates of the center of affected sites are indicated. **Visual assessment.

The vegetation of the Shchuchye Lake protected area is represented by green-mosses, fern, sphagnum spruce (*Picea abies*) forests, bilberry-green moss, bilberry, lichen-shrub-green moss spruce-pine (*Pinus sylvestris*) forests, bilberry-green moss, sphagnum, pike birch (*Betula pubescens*) forests, wet-grass birch-black alder (*Alnus glutinosa*) forests, oligotrophic bogs with pine, meso-oligotrophic bogs on the banks of reservoirs and rafts and eutrophic bogs with birch, willow and *Calla palustris*. Some spruce and pine trees reach 100–150 years (Volkova et al., 2017).

The area of the Gladyshevsky Nature Reserve is covered with middle-aged coniferous and deciduous forests considerably disturbed by the Second World War and secondary forest management. The vegetation is also represented by bilberry-green moss or sphagnum pine, spruce, spruce-pine, birch, and aspen (*Populus tremula*) forests. There are gray alder (*Alnus incana*) forests on the steep banks of rivers, and black alder forests grow near the terrace depression of the Gulf of Finland (Khrantsov et al., 2016).

The characteristics of the surveyed tree stands of the Shchuchye Lake and Gladyshevsky protected areas are presented in Table 1.

The observation was carried out along a route without milestones, crossing the center of tree declining focus. Fallen trunks and 100 dead standing trees in each affected site were examined. The presence of fungal fruiting bodies was noted on each tree. As the accounting unit was considered one trunk bearing basidiomata. The percentage of affected trees in a set of 100 examined trunks was taken as the occurrence of the fungal species. Collected specimens were taken for laboratory studies.

The morphological study of collected specimens was carried out using an AxioImager A1 light microscope based in the center for collective use of equipment of the Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences. Micro-preparations were made using

a 5% KOH solution and Meltzer’s reagent. Microstructure measurements were made in distilled water. The fungi were identified using a number of identification manuals (Ryvarden, Melo, 2017; Jülich, Stalpers, 1980). The material was herbarized at St. Petersburg State Forest Engineering University named after S.M. Kirov (duplicates are stored at the Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences – LE-F). The current species names of the fungi are brought into line with the Index Fungorum database (2024).

Total DNA was isolated from pieces of basidiomata which were freeze-dried at –84°C for 2 days with FreeZone 2.5 Plus (Labconco, USA) freeze dryer. Then in 2-mL tubes together with glass beads the pieces were homogenized for 2 min at 5000 rpm using a Fast prep shaker (Precellys 24, Bertin Technologies, Rockville). Then, 800 µL of CTAB extraction buffer (3% cetyltrimethylammonium bromide, 2 mM EDTA, 150 mM Tris–HCl, 2.6 M NaCl, pH 8) was added to each tube, followed by incubation at 65°C for 1 h. After centrifugation, the supernatant was transferred to new 1.5-mL centrifugation tubes and then mixed with 1 volume of chloroform by gentle vortexing. After centrifugation for 8 min at 14000 rpm, the supernatant was precipitated with 2 volumes of cold isopropanol, washed with 70% ethanol and dissolved in 50 µL TE buffer.

Polymerase chain reaction (PCR) was performed on 15 µl of a mixture containing 3 µl of Screen Mix (Eurogen, Russia), 0.2 µl of each primer (10 µM), 10.5 µl of ddH₂O and 1 µl of DNA template (100 ng). The ITS region of nDNA was amplified using primers ITS1-F and ITS4 (White et al., 1990; Gardes, Bruns, 1993). Amplification of the ITS fragments included preliminary denaturation for 5 min at 95°C and then 33 cycles including: denaturation for 30 s at 95°C, primer annealing for 30 s at 56°C and elongation for 30 s at 72°C, with a final elongation for 5 min at 72°C. The amplification reaction products were visualised by electrophoresis in 1.0%

agarose gel in $1 \times$ TAE (tris acetate) buffer solution with ethidium bromide, using a ChemiDoc MP transilluminator (BioRad, USA). The concentration of DNA and PCR products was measured with a SpectroStar Nano (BMG Labtech, Germany) spectrometer. Sequencing was carried out at the Synthol company (Russia).

The obtained sequences were compared with the reference ones using the BLASTn algorithm.

RESULTS

Tree stand declining pattern

Ips typographus attack on the tree stands in the surveyed areas occurred in 2020–2021, and their complete dying off occurred over the course of two growing seasons. In the third to fourth year after the attack, the trees

have completely lost their needles and the process of bark shedding began (Fig. 1).

The majority of dead trees retained their bark at the time of the survey, but some of them had completely lost their bark. Bark loss began unevenly in different zones of the trunk, most often above the butt zone. *Ips typographus*, together with the associated cambivorous complex of microfungi, completely destroyed the cambium, and decay products rich in lignocellulose composites were formed under the bark. These composites were quickly colonized by a number of pioneer saprotrophic species of basidiomycetes, among which we were surprised to find a mass development of oyster mushroom species identified in the field as *Pleurotus abieticola* (Fig. 2, a).

To confirm the species identity of this taxon, which had not previously been reported as a mass developing pioneer saprotroph, molecular and morphological studies of the collected samples were carried out.



Fig. 1. The drying European spruce site as a result of the impact of *Ips typographus* (Shchuchye Lake protected area).

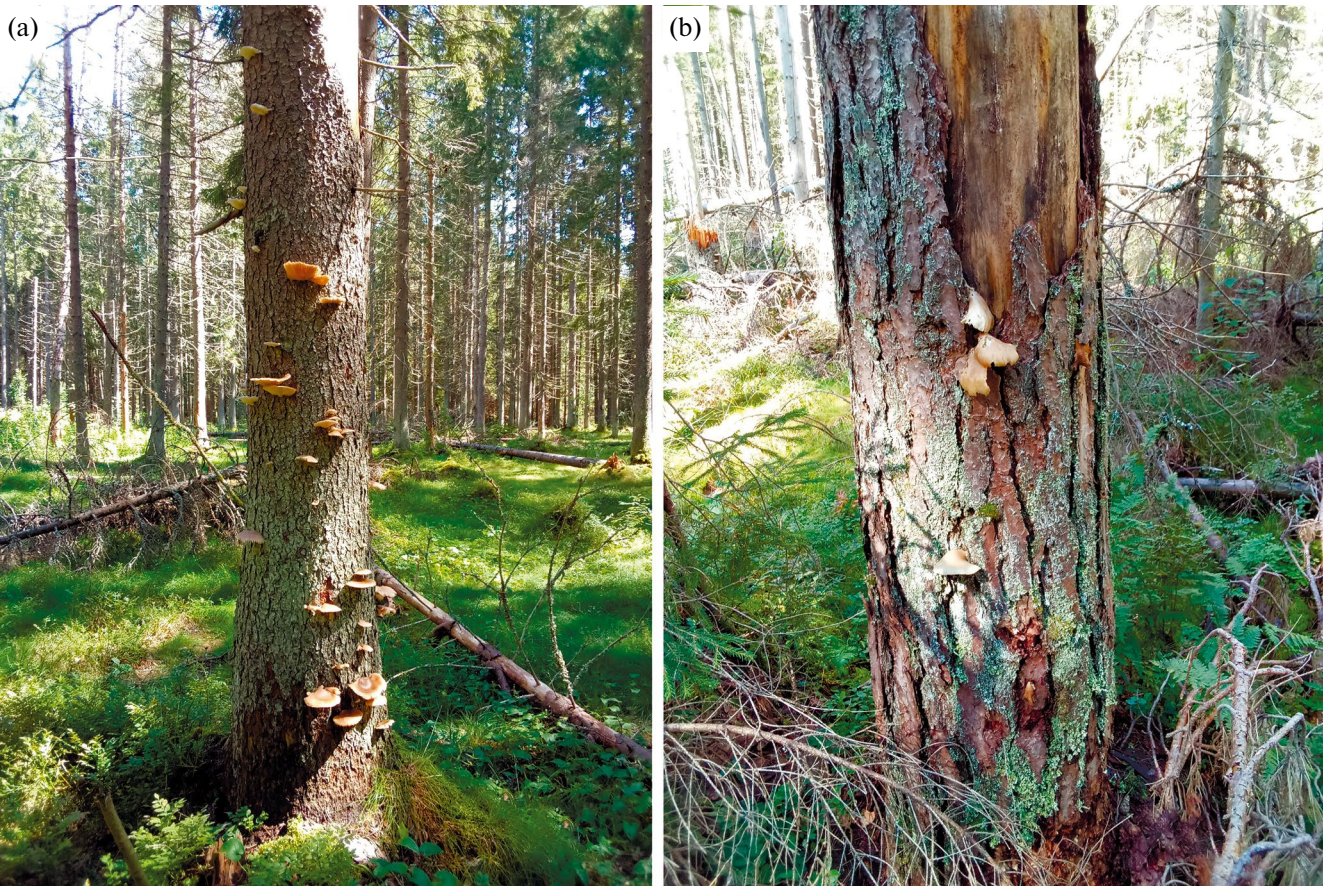


Fig. 2. *Pleurotus abieticola* basidiomata: a – on a dead trunk of *Picea abies* in stand attacked by *Ips typographus* (Shchuchye Lake protected area); b – on a dead trunk of *Pinus sylvestris* affected by *Tomicus piniperda* (Gladyshevsky protected area).

Molecular evidence

For the five studied specimens, sequences containing 580, 637, 621, 552 and 634 nucleotide pairs were obtained and submitted to GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>). The sequences were provided with GenBank accession numbers PQ273839, PQ273840, PQ273841, PQ273842, PQ273843, respectively (Table 2).

All these specimens showed 100% identity to reference sequences of *P. abieticola* from GenBank database.

Thus, we confirmed the species identification of the taxon we have identified. Interestingly, one of the samples was associated with dead wood of *Pinus sylvestris* (Fig. 2, b). This substrate is indicated for *Pleurotus abieticola* for the first time.

Table 2. Results of comparison of the obtained ITS sequences of *Pleurotus abieticola* samples with the most similar sequences deposited in the GenBank database

GenBank Sample, accession number	Region of origin (reference)	Coverage/Identity, %				
		PQ273839 580 bp	PQ273840 637 bp	PQ273841 621 bp	PQ273842 552 bp	PQ273843 634 bp
<i>P. abieticola</i> , OP821377.1	Russia, Republic of Komi (Palamarchuk et al., 2023)	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100
<i>P. abieticola</i> , OP821378.1	Russia, Republic of Komi (Palamarchuk et al., 2023)	100/100	99/100	100/100	100/100	100/100
<i>P. abieticola</i> , AY450348.1	Russia, Primorsky Territory (Petersen, Hughes, 1997)	100/100	97/100	100/100	100/100	100/100
<i>P. abieticola</i> , KX836361.1	China (Li et al., 2017)	100/100	96/100	98/100	100/100	96/100

Morphological description

Pleurotus abieticola R.H. Petersen et K.W. Hughes, Mycologia 89 (1): 175, 1997 (Fig. 3).

Basidiomata annual, of pleurotoid morphotype, gymnocarpic, with a well-developed or reduced eccentric stipe, growing solitary or in small clusters. Pileus semicircular, kidney-shaped or ear-shaped, 4–17 × 3–8 cm, often lobed, initially convex with an inrolling margin, then plane, usually concave at the attachment point. The upperside is ingrown fibrous, smooth or felted at the base, hygrophanous, sometimes slightly radially striped along the edge, gray, bluish-gray, grayish-brown, when dry – dirty beige (sometimes with an olive or cherry tint), matt. The context is fleshy-elastic, flexible, initially hygrophanous, then dry and easily crumbling, whitish. Hymenophore gilled or on the descending part of the stem with a favoloid pattern due to strongly developed anastomoses, gills descending onto the stipe, of three levels, white. Stipe eccentric or lateral, short, sometimes almost reduced, 0.7–1 cm long, 0.5–1 cm thick, ribbed white to grey-brown, usually finely tomentose. Spore print white.

Hyphal system monomitic. Generative hyphae 3.5–12 µm in diam., with clamp connections, thin-walled in the gill trama and rather thick-walled in the context. Trama irregular. Pileipellis a cutis. Pleurocystidia not differentiated. Cheilocystidia fusiform, clavate, cylindrical, often septate, (15)20–60(70) × 4.5–15 µm. Basidia narrowly clavate, 25–35 × 5.0–7.5 µm, 4-spored. Basidiospores 7.0–12.5 × 3.5–5.5 µm.

Material examined: Russia, St. Petersburg, Kurortny District, Shchuchye Lake protected area, 60.215788 N, 29.793347 E, on bark penetration of dry standing *Picea abies*, leg. D.A. Shabunin, 13.07.2024 (LE 287757, PQ273839). – *ibid.*, 60.210145 N, 29.795031 E, on bark penetration of dry standing *P. abies*, leg. D.A. Shabunin, 13.07.2024 (LE 287758, PQ273840). – *ibid.*, 60.210112 N, 29.795002 E, on bark penetration of dry standing *P. abies*, leg. D.A. Shabunin, 13.07.2024 (LE 287759, PQ273841).

New data on ecology

In the observed sites, *P. abieticola* demonstrated an unusually high occurrence (Table 3), reaching the parameters of occurrence up to 53.0% in the Shchuchye Lake protected area. Fruiting bodies usually appear on bark-covered areas. Fruiting bodies have not been observed on decorticated areas of the trunk. The first basidiomata were registered on 12.06.2024 and sporulation continued until the end of August 2024. During this time, several generations of basidiomata appeared, and the June basidiomata did not collapse, but monotonously increased in size and underwent age-related changes (hardening of the context, disappearance of hygrophanity and fading of the cap surface). The oyster mushroom *P. abieticola* was recorded only on dead standing trunks; fruiting bodies were usually noted from the base of the trunk to a height of 3 m.

In addition, fruiting of *P. abieticola* was recorded on a dead trunk of Scots pine, dried out as a result of an attack by *Tomicus piniperda* in the center of died spruce tree stand in the Gladyshevsky protected area.

Together with *Pleurotus abieticola*, the following pioneer xylosaprotrophs were noted in the sites affected by *Ips typographus*: *Fomitopsis pinicola*, *Trichaptum abietinum* (two dominants of the pioneer saprotrophic

Table 3. Occurrence of pioneer saprotrophic fungi developing in observed *Picea abies* affected sites

Fungal species	Tree state	Species occurrence in different affected sites in different protected area, %				
		Shchuchye Lake			Gladyshevsky	
		1	2	3	4	5
<i>Amaropostia stiptica</i> (Pers.) B.K. Cui, L.L. Shen et Y.C. Dai	standing	—	—	2.0	1.0	—
*** <i>Armillaria ostoyae</i> (Romagn.) Herink	fallen*	5.3	—	—	1.0	1.0
*** <i>Botryobasidium laeve</i> (J. Erikss.) Parmasto	fallen	5.3	—	—	—	—
*** <i>Dacrymyces stillatus</i> Nees	standing	—	—	—	1.0	—
<i>Exidia nigricans</i> (With.) P. Roberts	fallen	1.0	—	—	1.0	1.0
« «	fallen	—	6.7	—	3.8	6.7
<i>E. saccharina</i> Fr.	standing	—	—	—	—	1.0
** <i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.) P. Karst.	standing	30.0	18.0	7.0	53.0	62.0
« «	fallen	21.0	20.0	41.2	50.1	26.7
<i>Gloeophyllum sepiarium</i> (Wulfen) P. Karst.	fallen	—	—	5.9	—	—
<i>Heterobasidion parvaporum</i> Niemelä et Korhonen	fallen	—	—	—	3.8	—
<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Fr.) Jülich	fallen	—	—	5.9	—	—
*** <i>Pleurotus abieticola</i> R.H. Petersen et K.W. Hughes	standing	7.0	25.0	53.0	30.0	21.0
<i>Stereum sanguinolentum</i> (Alb. et Schwein.) Fr.	fallen	—	—	—	—	6.7
<i>Trichaptum abietinum</i> (Pers. ex G.F. Gmelin) Ryvarden	standing	3.0	5.0	2.0	1.0	—
« «	fallen	57.9	60.0	29.4	11.5	6.7

Note. *Only fallen logs resulting from windfall of trees killed by *Ips typographus* are considered. **The species was noted on a trunk affected by *Pleurotus abieticola*. ***Species first noted for the Shchuchye Lake and Gladyshevsky protected areas.



Fig. 3. Basidiomata of *Pleurotus abieticola* (LE 287757, LE 287758) appeared on dead wood of *Picea abies* (Gladyshevsky protected area): a – upperside of young fruiting bodies; b – upperside of mature fruiting bodies; c – young fruiting bodies from the front; d – hymenophore of mature fruiting bodies (the favoid pattern is visible on the part of descending onto the stipe). Scale bar – 5 cm.

complex), *Gloeophyllum sepiarium*, *Armillaria ostoyae*, *Amaropostia stiptica*, *Exidia nigricans* (an ecotype previously considered as *E. pithya*), *E. saccharina*, *Dacrymyces stillatus*, *Heterobasidion parviporum*, *Phlebiopsis gigantea*, *Stereum sanguinolentum* (Table 3). *Fomitopsis pinicola* was most frequently encountered in the surveyed foci of spruce drying out earlier. Its fruiting was recorded on dead trunks at a height from the base to 2–3 m, as well as on stumps and windfallen trunks. It is interesting to note that the honey fungus (*Armillaria ostoyae*) was either not found in the dried-up plantations, or its prevalence did not exceed 1%.

Within aforementioned species, only one fungus developed in a strong association with *Pleurotus abieticola* on one trunk, *Fomitopsis pinicola*.

DISCUSSION

It is known that *Ips typographus* is a carrier of a pool of cambivorous fungal species (Linnakoski et al., 2012). Therefore, the attack of this insect on tree stands leads to detrimental consequences for trees in the shortest possible time, i.e. the transition of the entire stand to a state of dead wood, which begins to be colonized by fungal xylosaprotrophs.

The species composition of wood-destroying fungi in the first stages after the drying of spruce stands as a result of the impact of *Ips typographus* is still poor. Probably, this should be explained by the rapidity of the drying process. The most fungal species that infests the wood of the trunks of the European spruce in the affected sites after the impact of the bark-beetle is *Fomitopsis pinicola*. The development of this fungus leads to the break of dead trunks and their transition to the category of fallen trees.

An unexpected fact is the occurrence of the fungus *Pleurotus abieticola*, previously not noted in either St. Petersburg or the Leningrad Region. This is a saprotrophic species causing white rot. There is a finding on living *Picea abies* (Fig. 4), but the fruiting bodies developed at the site of necrosis that occurred as a result of pruning, so the saprotrophic status of the species is not disputed in this case either. This species was considered rare (Palamarchuk, 2023), but our studies revealed an outbreak of its mass development, exceeding that of *Fomitopsis pinicola* in one of the affected sites. Probably, outside the development of forest epiphytoses, this species has a competitive limitation, since its niche is occupied by its ecological analogue, the white rot fungus *Trichaptum abietinum*.

The reason for such a wide local spread of *P. abieticola* may be the appearance of numerous dead spruce tree trunks in the declining forests after the development of *Ips typographus*. However, the lack of records of this



Fig. 4. Basidiomata of *Pleurotus abieticola* grown on a necrotic area of a living *Picea abies* tree (Leningrad Region, Vaskelovo settlement, 12.09.2014, leg. I.V. Zmitrovich).

species from well-studied surrounding forests raises the question of the propagule fund sufficient to affect the sharply declining forest stand. In this sense, the hypothesis that the carriers of the propagules of this fungus are outbreaks forming bark-beetles is also of interest. In the future, this hypothesis will be of interest for testing.

CONCLUSION

Pleurotus abieticola is a recently described and, therefore, still poorly studied species, which is revealing new facets of its ecology. In 2014, we discovered it on the Karelian Isthmus on a living *Picea abies* on a dead shoot, and in 2024, in another place on the Karelian Isthmus, as a pioneer saprotroph that widely colonized dead spruce stands.

A detailed study of these stands allowed us to identify new subtle features of the ecology and morphology of this species. In particular, eutrophic basidiomata of this species with large caps up to 17 cm wide were identified, which allowed us to expand the morphological diagnosis of this species. The phenological features of this species were also clarified, and it was shown that fruiting bodies that appeared in June can exist until the end of summer, slowly increasing in size and bearing spores. During the observations in the surveyed areas, a new substrate of *P. abieticola* was also identified, namely *Pinus sylvestris*, affected by *Tomicus piniperda*.

A saprotrophic pioneer complex was identified, where the *Pleurotus abieticola* has entered, including such species as *Fomitopsis pinicola*, *Trichaptum abietinum* (two dominants of the pioneer xylosaprotrophic complex), *Gloeophyllum sepiarium*, *Armillaria ostoyae*, *Amaropostia*

stiptica, *Exidia nigricans*, *E. saccharina*, *Dacrymyces stil-latus*, *Heterobasidion parviporum*, *Phlebiopsis gigantea*, *Stereum sanguinolentum*. Such species as *Armillaria os-toyae*, *Botryobasidium laeve*, *Pleurotus abieticola* were first noted in the Shchuchye Lake and Gladyshevsky protected areas, although all species, except the latter, are quite common in the coniferous forests of the region.

The discovery of a free niche in the form of sharply dead *Picea abies* stands seems to be a significant but insufficient explanation for the sharp increase in the number of *Pleurotus abieticola* in the surveyed area, since the fund of propagules of this rare species in these areas is by definition poorer than that of the dominant pioneers *Fomitopsis pinicola* and *Trichaptum abietinum*. In this regard, it is of interest to test the hypothesis about the transfer of *Pleurotus abieticola* propagules by bark-beetles forming outbreaks.

The research was supported by the Russian Science Foundation, project N24-16-00092.

REFERENCES

- Albertó E.O., Petersen R.H., Hughes K.W. et al. Miscellaneous notes on *Pleurotus*. Persoonia. 2002. V. 18. P. 55–69.
- Gardes M., Bruns T.D. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes application to the identification of mycorrhizae and rusts. Mol. Ecol. 1993. V. 2. P. 132–118. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.1993.tb00005.x>
- Hilber O. The genus *Pleurotus* (Fr.) Kumm. (2). Erschienen im Seblstverlag, 1997.
- Index Fungorum. CABI Bioscience, 2024. <https://www.indexfungorum.org/>. Accessed 01.07.2024.
- Jülich W., Stalpers J.A. The resupinate non-poroid *Aphyllophorales* of the temperate Northern hemisphere. North-Holland Publ. Co., Amsterdam etc., 1980.
- Khramtsov V.N., Kovaleva T.V., Natsvaladze N. Yu. (eds). Atlas of specially protected nature areas of St. Petersburg. Directorate of Specially Protected Nature Territories of St. Petersburg, SPb., 2016. (In Russ.).
- Li J., He X., Liu X.B. et al. Species clarification of oyster mushrooms in China and their DNA barcoding // Mycol. Progress. 2017. V. 16 (3). P. 191–203. <https://doi.org/10.1007/s11557-016-1266-9>
- Linnakoski R., de Beer Z.W., Niemelä P. et al. Associations of conifer-infesting bark beetles and fungi in Fennoscandia. Insects. 2012. V. 3. P. 200–227. <https://doi.org/10.3390/insects3010200>
- Palamarchuk M.A., Kirillov D.V., Shadrin D.M. New data on the distribution of *Pleurotus abieticola* (Agaricales, Basidiomycota) in Russia // Mikologiya i fitopatologiya. 2023. V. 57 (6). P. 409–416. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0026364823060065>
- Petersen R.H., Hughes K.W. A new species of *Pleurotus* // Mycologia. 1997. V. 89 (1). P. 173–180. <https://doi.org/10.1080/00275514.1997.12026768>
- Ryvarden L., Melo I. Poroid fungi of Europe. Synopsis Fungorum. 2014. V. 31. P. 1–455.
- Selikhovkin A.V., Mamaev N.A., Martirowa M.B. et al. A new outbreak of mass reproduction of the bark beetle *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Curculionidae) in the Lenin-grad region and its peculiarities // Entomologicheskoe obozrenie. 2022. V. 101 (2). P. 239–251. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0367144522020034>
- Volkova E.A., Isachenko G.A., Khramtsov V.N. (eds). Nature of the Shchuchye Lake Reserve. Directorate of Specially Protected Nature Territories of St. Petersburg, SPb., 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 etc. (eds). PCR protocols: a guide to methods and applications. Academic Press, New York, 1990. P. 315–322.
- Волкова Е.А., Исаченко Г.А., Храмов В.Н. (ред.) (Volkova et al.) Природа заказника “Озеро Щучье”. СПб.: Дирекция особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга, 2017. 188 с.
- Паламарчук М.А., Кириллов Д.В., Шадрин Д.М. (Palamarchuk et al.) Новые данные о распространении *Pleurotus abieticola* (Agaricales, Basidiomycota) на территории России // Микология и фитопатология. 2023. Т. 57. № 6. С. 409–416.
- Селиховкин А.В., Мамаев Н.А., Мартирова М.Б. и др. (Selikhovkin et al.) Новая вспышка массового размножения короеда-типографа *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Curculionidae) в Ленинградской области и ее особенности // Энтомологическое обозрение. 2022. Т. 101. № 2. С. 239–251.
- Храмов В.Н., Ковалева Т.В., Нацваладзе Н.Ю. (ред.) (Khramtsov et al.) Атлас особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга. СПб.: Дирекция особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга, 2016. 176 с.

***Pleurotus abieticola* (Agaricales, Basidiomycota) как пионерный ксилосапротроф, ассоциированный с очагами усыхания ельников, вызванного короедом-типографом**

Д. А. Шабунин^{а,##}, И. В. Змитрович^{б, #}

^а Россия Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

^б Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург,

[#]e-mail: ds1512@mail.ru

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

Ксилосапротрофный агарикомицет *Pleurotus abieticola*, описанный в 1997 г., еще плохо изучен в экологическом отношении. Цель данного сообщения — изучение экологических особенностей *P. abieticola* на материале двух обширных очагов усыхания ели в заказниках “Гладышевский” и “Озеро Щучье” (Санкт-Петербург, Россия), в которых обнаружили массовое плодоношение этого вида. Идентификация этого вида в полевых условиях была подтверждена результатами секвенирования участка ITS рДНК. Подробное исследование древостоев позволило выявить новые тонкие особенности экологии и морфологии этого вида. Выявлен сапротрофный пионерный комплекс, в состав которого внедрился *P. abieticola* (*Fomitopsis pinicola*, *Trichaptum abietinum*, *Gloeophyllum sepiarium*, *Armillaria ostoyae*, *Amaropostia stiptica*, *Exidia nigricans*, *E. saccharina*, *Dacrymyces stillatus*, *Heterobasidion parviporum*, *Phlebiopsis gigantea*, *Stereum sanguinolentum*). Обсуждаются причины массового развития *Pleurotus abieticola* в еловых древостоях, пораженных короедом-типографом.

Ключевые слова: вешенка, заказник “Гладышевский”, заказник “Озеро Щучье”, короеды, ксилосапротрофы, лубоеды, ООПТ, сухостой, усыхание ельников

УГЛЕРОДНО-КИСЛОРОДНЫЙ ГАЗООБМЕН ГРИБОВ БУРОЙ И БЕЛОЙ ГНИЛИ – ДЕСТРУКТОРОВ ХВОЙНОГО ДЕБРИСА

© 2024 г. Д. К. Диярова^{1,*}, Е. В. Жуйкова^{1,**}, В. А. Мухин^{1,***}

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

*e-mail: dasha_d@ipae.uran.ru

**e-mail: e.zhuykova@list.ru

***e-mail: victor.mukhin@ipae.uran.ru

Поступила в редакцию 15.10.2023 г.

После доработки 16.05.2024 г.

Принята к публикации 06.06.2024 г.

Представлены данные сравнительного анализа углеродно-кислородного газообмена базидиокарпов грибов бурой и белой гнили и разрушаемой ими хвойной древесины камерным методом при 20°C. Были оценены дыхательный коэффициент (характеризует эффективность окислительной конверсии органического углерода в CO₂) и CO₂ эмиссионная активность (характеризует интенсивность окислительной конверсии органического углерода в CO₂). Показано, что газообмен хвойного дебриса с бурой и белой гнилью аэробный, а его углеродно-кислородный баланс идентичен газообмену базидиокарпов соответствующих эколого-физиологических групп ксилотрофных грибов и характеризует их как равно эффективных минерализаторов: 70–80% органического углерода конвертируется в CO₂. CO₂-эмиссионная активность древесных остатков с белой гнилью на 30–60% выше, чем с бурой. Базидиокарпы грибов бурой гнили отличаются более высокой, чем у грибов белой гнили, интенсивностью дыхания, но в обоих случаях она многократно (грибы белой гнили – в 5–8 раз, грибы бурой гнили – в 11–90 раз) превышает CO₂ эмиссионную активность разрушаемых ими древесных остатков.

Ключевые слова: белая гниль, бурая гниль, ксилотрофные грибы, эмиссионная активность, *Basidiomycota*

DOI: 10.31857/S0026364824050083, **EDN:** uokwwr

ВВЕДЕНИЕ

Ксилотрофные грибы – это единственные в современной биосфере организмы, способные к разложению лигноцеллюлозного комплекса древесного дебриса, основная экологическая функция которых заключается в окислительной конверсии органического углерода древесного пула лесных экосистем в неорганический CO₂. Учитывая, что леса – это крупнейшие наземные резервуары углерода и глобально значимые регуляторы газового состава атмосферы и климата, ксилотрофные грибы также следует рассматривать как соответствующего масштаба регуляторы CO₂ (Mukhin et al., 2021). Это объясняет большое внимание, которое в настоящее время уделяется изучению различных аспектов их углерод конверсионной активности.

В составе ксилотрофных базидиомицетов представлены две эколого-физиологические группы грибов: а) разрушающие лигнин и целлюлозу и б) разрушающие целлюлозу (грибы белой и бурой

гнили соответственно). Грибы бурой гнили произошли в результате утраты грибами белой гнили лигнолитической части ферментного аппарата и обладают уникальной способностью селективно разрушать углеводную часть лигноцеллюлозного комплекса древесины, минимально затрагивая лигнин (Cowling, 1961; Gilbertson, 1980; Floudas et al., 2012; Krah et al., 2018; Zhang et al., 2022). Это относительно небольшая по таксономическому разнообразию группа, в Сев. Америке они составляют около 7% от числа известных ксилотрофных базидиомицетов, а в Европе – 10% (Gilbertson, 1980; Gilbertson, Ryvarden, 1986; Bondartseva, Parmasto, 1986; Ryvarden, Gilbertson, 1993; Bondartseva, 1998).

Большинство грибов бурой гнили участвует в разложении хвойного дебриса (Bondartseva, Parmasto, 1986; Gilbertson, Ryvarden, 1986; Ryvarden, Gilbertson, 1993; Bondartseva, 1998; Zhang et al., 2022). В хвойных лесах они отличаются не только высоким видовым богатством, но и обилием. Так, например, в еловых лесах Западной Сибири они участвуют

в разложении 30% (лесотундра) — 60% (южная тайга) крупных остатков хвойной древесины, а такие виды, как *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst., *Rhodofomes roseus* (Alb. et Schwein.) Kotl. et Pouzar, *Gloeophyllum sepiarium* (Wulfen) P. Karst. являются ее основными деструкторами (Mukhin, 1993). Все это придает большое своеобразие процессам разложения древесного дебриса в хвойных лесах (Gilbertson, 1980; Zavarzin, Zavarzina, 2009; Fukusawa, 2021). Грибы белой гнили также широко представлены в хвойных лесах, и их видовое богатство здесь как минимум не меньше чем грибов бурой гнили (Mukhin, 1993).

Важным, но в то же время крайне слабо изученным аспектом, характеризующим углерод конверсионную деятельность ксилотрофных грибов, является их углеродно-кислородный газообмен. Для России, 2/3 территории которой занимают хвойные леса, этот вопрос особенно актуален (Kudeyarov et al., 2007; Isaev, Korovin, 2006; Zamolodchikov et al., 2014). Собственно, это и определило цель настоящей работы: сравнительный анализ углеродно-кислородного газообмена грибов белой и бурой гнили — деструкторов хвойного дебриса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для анализа были выбраны 12 широко распространенных видов трутовых грибов, двух эколого-физиологических групп. 1. Грибы бурой гнили — *Amylocystis lapponica* (Romell) Bondartsev et Singer, *Cyanosporus caesius* (Schrader) McGinty, *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst., *Fuscopostia leucomallella* (Murrill) B.K. Cui, L.L. Shen et Y.C. Dai, *Gloeophyllum sepiarium* (Wulfen) P. Karst., *Neoantrodia serialis* (Fr.) Audet, *Rhodofomes roseus* (Alb. et Schwein.) Kotl. et Pouzar, *Rhodonina placenta* (Fr.) Niemelä, K.H. Larss. et Schigel. 2. Грибы белой гнили — *Diplomitoporus flavescens* (Bres.) Domanski, *Phellinus viticola* (Schwein.) Donk, *Trichaptum abietinum* (Pers. ex J.F. Gmel.) Ryvarden, *T. fuscoviolaceum* (Ehrenb.) Ryvarden. Анализ газообмена выполнен на образцах древесины, разрушаемой ими в природных условиях, а также на отделенных от субстратов базидиокарпах.

На Среднем Урале образцы разрушаемой грибами древесины (до 10 см в длину, до 5 см в диаметре) с базидиокарпами анализируемых грибов были взяты в предлесостепных сосново-березовых (56°36'5" с.ш., 61°3'24" в.д.) и в елово-пихтовых (57°24'25" с.ш. 59°33'55" в.д.) лесах. В южнотаежных ельниках национального парка "Валдайский" (57°57'45.6" с.ш., 33°20'20.4" в.д.) образцы отбирали с помощью дрели с корончатым сверлом: базидиокарп анализируемого гриба убирала с субстрата

и в месте его прикрепления высверливали образец древесины, соответствующий размеру сверла — диаметр 55 мм, толщина 25 мм (рис. 1). Преимущество этого способа заключается в том, что он позволяет проанализировать газообмен грибов, развивающихся на крупномерных древесных остатках.

В обоих случаях образцы очищали от посторонних растительных остатков, измеряли их размер и влажную массу, по морфологическим признакам базидиокарпов проводили видовую диагностику грибов-деструкторов (Bondartseva, 1998; Ryvarden, Gilbertson, 1993). Названия таксонов сверены с базой данных Index Fungorum (2023). Отделенные от субстрата базидиокарпы использовали и в качестве образцов с целью анализа особенностей их газообмена. Присутствие на образцах древесины базидиокарпов трутовых позволяет определить не только вид грибов-деструкторов, но и является показателем стадии ее разложения — II стадия (Chastukhin, 1945).

Образцы древесины и базидиокарпов помещали в стеклянные экспозиционные камеры, объем которых в зависимости от размера образцов варьировал от 0.3 до 1.5 л. Камеры в открытом виде на 60 минут помещали в термостат с температурой 20°C, по истечении этого времени камеры герметично закрывали, измеряли в них исходную концентрацию CO₂ и O₂, помещали в термостат с температурой 20°C на 120 мин. По завершении экспозиции вновь измеряли содержание CO₂ и O₂ в камерах с использованием газоанализатора CO₂/O₂ (ООО "Микросенсорная техника", Россия), погрешность измерений ± 0.2 об. %. По разнице концентрации газов в начале и в конце экспозиции и определяли количество поглощенного O₂, образовавшегося CO₂ и рассчитывали показатели газообмена: соотношение объемов CO₂ и O₂, CO₂-эмиссионную активность.

Соотношение CO₂ : O₂ рассчитывали по формуле (1): CO₂ : O₂ = V₁ / V₂, где CO₂ : O₂ — дыхательный коэффициент (RQ), V₁ — объем выделенного CO₂ (%), V₂ — объем поглощенного O₂ (%).

CO₂-эмиссионную активность (мг CO₂/г/ч) рассчитывали с учетом объема экспозиционных камер и находившихся в них образцов, а также длительности экспозиции по формуле (2): E_{CO₂} = ΔCO₂ × (V₁ - V₂) / V_m × M / m × 273 / T, где E_{CO₂} — эмиссионная активность, ΔCO₂ — количество CO₂, выделенное мицелием за час (ppm/ч), V₁ — объем камеры (л), V₂ — объем образца (л), V_m — молярный объем (22.4 л/моль), M — молярная масса CO₂ (44 г/моль), m — абсолютно сухая масса образца (г), T — температура (К).

По завершении экспериментальных работ определяли абсолютно сухую массу образцов, высушивая



Рис. 1. Образцы древесины *Pinus sylvestris* с базидиокарпами *Fomitopsis pinicola* (А) и *Trichaptum fuscoviolaceum* (Б); образцы древесины *Picea obovata* (В), подготовленные с помощью корончатого сверла, слева – разрушаемые *Fomitopsis pinicola*, справа – *Gloeophyllum sepiarium*.

их при температуре 105°C в течение 72 ч, а также рассчитывали относительную влажность по формуле (3): $H_o = (m_1 - m_2) / (m_1 \times 100\%)$, где H_o – относительная влажность (%), m_1 – влажная масса образца (г), m_2 – абсолютно сухая масса образца (г).

Степень деструкции древесных остатков оценивали по соотношению плотности разрушаемых грибами образцов древесины и здоровой, не пораженной грибами древесины близкого диаметра по формуле (4): $D = P_1 / P_2 \times 100\%$, где D – степень деструкции (%), где P_1 – плотность пораженной грибами древесины (г/см³), P_2 – плотность здоровой древесины (г/см³).

Статистическая обработка данных выполнена в программе Statistica 8.0 (StatSoft Inc., США). Средние арифметические значения (m) приведены со стандартными ошибками (SE), в таблицах 1–3 представлено

разброс значений (lim). Для характеристики связей между переменными использован коэффициент корреляции Пирсона (r). Для парных сравнений использовали критерий Стьюдента (t -test). При описании результатов статистического оценивания приведены значения соответствующего критерия и уровни его значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Углеродно-кислородный газообмен образцов древесины *Picea obovata* и *Pinus sylvestris* с бурой гнилью без базидиокарпов грибов-деструкторов характеризуют данные табл. 1. Можно видеть, что соотношение объемов эмитируемого CO₂ и потребляемого O₂ колеблется в пределах от 0.4 до 1.0. Его средние значения у образцов, разрушаемых

разными видами грибов бурой гнили, идентичны (0.7–0.8), а в целом $\text{CO}_2 : \text{O}_2$ равно 0.8 ± 0.02 .

CO_2 -эмиссионная активность образцов древесины варьирует от 0.02 до 0.25 мг $\text{CO}_2/\text{г/ч}$, но на уровне ее средних значений различия между образцами, разрушаемыми разными грибами, менее выражены и колеблются в пределах 0.05–0.08 мг $\text{CO}_2/\text{г/ч}$ (табл. 1). В среднем, по результатам анализа газообмена 28 образцов древесины с бурой гнилью их CO_2 -эмиссионная активность составляет 0.08 ± 0.01 мг $\text{CO}_2/\text{г/ч}$.

В табл. 2 представлены аналогичные данные, но характеризующие газообмен хвойной древесины, разрушаемой альтернативной по отношению к грибам бурой гнили группой грибов – белой гнилью. Они показывают, что соотношение объемов CO_2 и O_2 в газообмене древесины с белой гнилью находится в диапазоне 0.5–1.0. Его средние значения слабо отличаются у образцов, разрушаемых разными видами грибов (0.6–0.8), а в целом для анализируемой группы образцов древесины с белой гнилью (32 шт.) $\text{CO}_2 : \text{O}_2$ полностью совпадает с таковым древесины с бурой гнилью: 0.8 ± 0.02 .

CO_2 -эмиссионная активность образцов древесины с белой гнилью, как и в случае с бурой, – сильно варьирующая (0.02–0.25 мг $\text{CO}_2/\text{г/ч}$) характеристика (табл. 2). Ее средние значения для образцов, разрушаемых разными видами грибов, колеблются

от 0.09 до 0.12 мг $\text{CO}_2/\text{г/ч}$, а средний уровень для 32 образцов древесины с белой гнилью составляет 0.11 ± 0.01 мг $\text{CO}_2/\text{г/ч}$, что значимо ($p = 0.03$) превышает аналогичный показатель для древесины с бурой гнилью – 0.08 ± 0.01 мг $\text{CO}_2/\text{г/ч}$.

Вариабельность соотношения объемов CO_2 и O_2 , CO_2 эмиссионной активности может быть связана с разной влажностью и степенью деструкции анализируемых древесных остатков. В случае образцов древесины с бурой гнилью их относительная влажность колеблется от 30 до 50%, а степень деструкции – от 30 до 43% (табл. 1). Аналогичные показатели для образцов с белой гнилью: 31–57% и 30–56% соответственно (табл. 2). Однако, как в случае бурой, так и белой гнили, соотношение объемов CO_2 и O_2 , а также CO_2 эмиссионная активность не обнаруживают связи ($p > 0.05$) ни с влажностью, ни со степенью деструкции древесины:

Характеристика	Соотношение $\text{CO}_2 : \text{O}_2$ бурая/белая гниль	CO_2 активность, бурая/белая гниль
Влажность, r	–0.15/0.26	0.16/–0.11
Степень деструкции, r	0.19/0.03	0.13/–0.02

Данные табл. 3 характеризуют углеродно-кислородный газообмен образцов древесины *Picea obovata* в еловых лесах Валдая. Они показывают, что соотношение $\text{CO}_2 : \text{O}_2$ у образцов с белой и с бурой гнилью варьирует от 0.5 до 0.9, а также отсутствие

Таблица 1. Углеродно-кислородный газообмен образцов древесины *Picea obovata* и *Pinus sylvestris* с бурой гнилью без базидиокарпов грибов-деструкторов, $m \pm SE/lim$

Гриб-деструктор (субстрат, количество образцов)	Влажность древесины, %	Деструкция древесины, %	Соотношение $\text{CO}_2 : \text{O}_2$	CO_2 активность, мг/г/ч
<i>Cyanosporus caesi</i> (<i>Pinus</i> , 4)	34.41 $\pm$ 1.29 31.03–37.02	38.76 $\pm$ 1.71 34.17–42.43	0.8 $\pm$ 0.08 0.7–1.0	0.06 $\pm$ 0.02 0.02–0.10
<i>Fomitopsis pinicola</i> (<i>Picea</i> , <i>Pinus</i> , 16)	40.85 $\pm$ 1.05 31.39–46.20	34.25 $\pm$ 0.78 30.05–41.06	0.8 $\pm$ 0.05 0.4–1.0	0.08 $\pm$ 0.02 0.03–0.25
<i>Fuscopostia leucomallella</i> (<i>Pinus</i> , 3)	41.57 $\pm$ 3.26 35.12–45.66	38.47 $\pm$ 2.66 33.50–42.61	0.7 $\pm$ 0.09 0.5–0.8	0.05 $\pm$ 0.01 0.04–0.07
<i>Gloeophyllum sepiarium</i> (<i>Picea</i> , <i>Pinus</i> , 5)	40.85 $\pm$ 2.60 35.22–49.66	37.81 $\pm$ 1.64 31.86–41.35	0.7 $\pm$ 0.06 0.6–0.9	0.08 $\pm$ 0.01 0.05–0.13

Таблица 2. Углеродно-кислородный газообмен образцов древесины *Picea obovata*, *Pinus sylvestris* с белой гнилью без базидиокарпов грибов-деструкторов, $m \pm SE/lim$

Гриб-деструктор (субстрат, количество образцов)	Влажность древесины, %	Деструкция древесины, %	Соотношение $\text{CO}_2 : \text{O}_2$	CO_2 активность, мг/г/ч
<i>Diplomitoporus flavescens</i> (<i>Pinus</i> , 8)	47.05 $\pm$ 2.21 38.91–55.60	43.79 $\pm$ 2.05 34.98–50.28	0.8 $\pm$ 0.05 0.6–1.0	0.12 $\pm$ 0.03 0.02–0.22
<i>Phellinus viticola</i> (<i>Pinus</i> , 5)	41.04 $\pm$ 3.21 30.78–48.78	34.98–50.28 35.26–55.02	0.6 $\pm$ 0.07 0.5–0.8	0.09 $\pm$ 0.01 0.05–0.11
<i>Trichaptum fuscoviolaceum</i> (<i>Picea</i> , <i>Pinus</i> , 19)	45.28 $\pm$ 1.76 31.32–55.63	47.16 $\pm$ 1.98 30.84–56.95	0.8 $\pm$ 0.03 0.6–1.0	0.12 $\pm$ 0.02 0.03–0.25

Таблица 3. Углеродно-кислородный газообмен образцов древесины *Picea obovata* с бурой и белой гнилью без базидиокарпов грибов-деструкторов в лесах Валдая, $m \pm SE/lim$

Гриб-деструктор (тип гнили, количество образцов)	Влажность древесины, %	Деструкция древесины, %	Соотношение CO ₂ : O ₂	CO ₂ активность, мг/г/ч
<i>Amylocystis lapponica</i> , BR (3)	50.3 ± 0.47 49.32–50.74	33.60 ± 3.81 26.57–39.67	0.8 ± 0.03 0.7–0.8	0.09 ± 0.03 0.05–0.16
<i>Fomitopsis pinicola</i> , BR (5)	46.49 ± 3.93 37.29–58.61	32.93 ± 1.25 29.93–36.27	0.7 ± 0.03 0.6–0.7	0.08 ± 0.01 0.04–0.12
<i>Gloeophyllum sepiarium</i> , BR (3)	38.51 ± 5.80 30.18–49.67	36.34 ± 1.74 33.38–39.42	0.6 ± 0.02 0.5–0.6	0.05 ± 0.01 0.04–0.08
<i>Rhodofomes roseus</i> , BR (5)	49.41 ± 1.65 44.17–54.01	35.79 ± 2.98 30.21–47.25	0.7 ± 0.06 0.5–0.9	0.13 ± 0.02 0.08–0.17
<i>Trichaptum abietinum</i> , WR (6)	52.58 ± 1.23 50.48–58.60	38.54 ± 2.41 32.26–47.59	0.6 ± 0.03 0.5–0.7	0.17 ± 0.04 0.06–0.33

Примечание. WR – белая гниль, BR – бурая гниль.

Таблица 4. Углеродно-кислородный газообмен образцов древесины с бурой и белой гнилью и отделенных от них базидиокарпов грибов-деструкторов

Гриб-деструктор, тип гнили (количество образцов)	Соотношение CO ₂ : O ₂		CO ₂ активность, мг/г/ч	
	Субстрат	Базидиокарп	Субстрат	Базидиокарп
<i>Diplomitoporus flavescens</i> , WR (3)	0.9 ± 0.05	0.6 ± 0.04	0.13 ± 0.04	1.0 ± 0.39
<i>Cyanosporus caesius</i> , BR (5)	0.9 ± 0.06	1.0 ± 0.24	0.05 ± 0.01	4.5 ± 1.45
<i>Fuscopostia leucomallella</i> , BR (4)	0.8 ± 0.02	0.7 ± 0.16	0.09 ± 0.03	4.0 ± 1.20
<i>Gloeophyllum sepiarium</i> , BR (5)	0.7 ± 0.06	0.6 ± 0.06	0.07 ± 0.01	0.8 ± 0.15
<i>Neoantrodia serialis</i> , BR (4)	0.7 ± 0.06	0.8 ± 0.12	0.06 ± 0.02	2.8 ± 1.11
<i>Phellinus viticola</i> , WR (5)	0.6 ± 0.07	0.7 ± 0.07	0.08 ± 0.01	0.5 ± 0.12
<i>Trichaptum fuscoviolaceum</i> , WR (3)	0.7 ± 0.02	0.7 ± 0.16	0.20 ± 0.03	0.9 ± 0.06

Примечание. WR – белая гниль, BR – бурая гниль.

по этому показателю различий у образцов, разрушаемых разными видами грибов бурой гнили. Его средний уровень для 16 образцов древесины с бурой гнилью равен 0.7 ± 0.02 . В то же время средний уровень CO₂-эмиссионной активности образцов еловой древесины с бурой гнилью сильно варьирует в зависимости от вида гриба-деструктора – от 0.05 ± 0.01 до 0.13 ± 0.02 мг CO₂/г/ч (табл. 3). В целом для всей анализируемой группы образцов с бурой гнилью ее средний уровень равен 0.09 ± 0.01 мг CO₂/г/ч, т.е. такой же как и у уральских образцов древесины с бурой гнилью: 0.08 ± 0.01 мг CO₂/г/ч. Это заметно ниже CO₂ эмиссионной активности образцов древесины с белой гнилью, разрушаемой *T. abietinum*: 0.17 ± 0.04 мг CO₂/г/ч.

В табл. 4 представлены данные газообмена образцов древесины с бурой и белой гнилью и отделенных от них базидиокарпов соответствующих грибов-деструкторов. Они показывают, что средние значения соотношения объемов эмитируемого

CO₂ и потребляемого O₂ базидиокарпами грибов бурой и белой гнили колеблется в пределах 0.7–0.9, а его средние значения значимо ($p = 0.42$) не отличаются: 0.8 ± 0.08 (бурая гниль) и 0.7 ± 0.05 (белая гниль). Такие же средние значения по CO₂ : O₂ регистрируются и для газообмена древесины с бурой (0.8 ± 0.03) и с белой (0.7 ± 0.05) гнилью.

Существенные различия между грибами белой и бурой гнили выявляются при сравнительном анализе CO₂-эмиссионной активности их базидиокарпов. У базидиокарпов грибов бурой гнили она колеблется от 0.75 до 4.52 мг CO₂/г/ч, а у грибов белой гнили от 0.45 до 1.05 мг CO₂/г/ч (табл. 4) и в среднем у первой группы она значимо ($p = 0.009$) выше (3.02 ± 0.61 мг CO₂/г/ч), чем у второй (0.73 ± 0.13 мг CO₂/г/ч). В то же время образцы древесины с белой гнилью, с которых были удалены базидиокарпы, демонстрируют более высокую ($p = 0.005$) интенсивность эмиссии CO₂ (0.12 ± 0.02 мг CO₂/г/ч), чем образцы с бурой гнилью (0.07 ± 0.02 мг

CO₂/г/ч). Обращает на себя внимание и тот факт, что CO₂-эмиссионная активность базидиокарпов как грибов белой, так и бурой гнили существенно превышает таковую древесины, на которой они росли. В случае грибов белой гнили это превышение составляет 5–8 раз, а в случае бурой – 11–90 раз (табл. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ

Биологическое разложение древесного дебриса – это процесс, в ходе которого происходит окислительная конверсия органического углерода древесины в CO₂. Основными его показателями, на наш взгляд, являются: а) эффективность, оцениваемая по соотношению объемов эмитированного CO₂ и потребленного O₂ и б) интенсивность, оцениваемая по CO₂ эмиссионной активности древесных остатков. Соотношение объемов CO₂ и O₂, известное как дыхательный коэффициент (RQ), является также показателем аэробного/анаэробного газообмена (1.0 < RQ свидетельствует об аэробном газообмене, а > 1.0 – анаэробном) и химических соединений, используемых в качестве энергетических субстратов: 0.4–0.6 – жиры, 0.8 – белки, 1.0 – углеводы (Rubin, 1971; Soloviev, 1983).

Если с этих позиций взглянуть на результаты нашего анализа, то они показывают, что газообмен хвойных древесных остатков, разрушаемых грибами белой и бурой гнили, аэробный, а в качестве энергетических субстратов они используют различные соединения – RQ варьирует от 0.4 до 1.0. Такое же соотношение объемов CO₂ и O₂ (0.7–0.8), а также его варьирование (0.6–1.0) и в газообмене базидиокарпов грибов как бурой, так и белой гнили. Это, как мы считаем, скорее всего, показывает, что: а) газообмен хвойного дебриса соответствует таковому грибов-деструкторов и б) отсутствует значимое влияние на газообмен других групп ксилобионтов, сопутствующих ксилотрофным грибам (Kamzolkina et al., 2012; Tláskal et al., 2021; Naq et al., 2022; Castillo et al., 2023). Однако это не исключает необходимости количественной оценки вклада ксилотрофных грибов и их отдельных видов в условиях реально складывающихся ксилобионтных сообществ как эдификаторных организмов в газообмен древесного дебриса.

Соотношение CO₂ и O₂, когда оно не превышает 1.0, нами рассматривается как показатель эффективности окислительной конверсии: чем оно выше, тем выше выход диоксида углерода по отношению к потребленному грибами кислороду, и наоборот (Diyarova, Mukhin, 2015; Mukhin et al., 2021). В соответствии с этим, среднее значение CO₂ : O₂

равное 0.7–0.8 показывает, что 70–80% углерода древесных остатков конвертируется грибами в CO₂ – конечный продукт минерализации органических веществ. Другими словами, грибы обеих эколого-физиологических групп обладают равной и высокой эффективностью конверсии углерода и в равной степени являются эффективными минерализаторами древесины. Это соответствует нашим более ранним данным, показывающим отсутствие видовых особенностей по CO₂ : O₂ у ксилотрофных грибов и его связи со степенью деструкции и влажностью древесных остатков (Mukhin et al., 2015a).

Интенсивность окислительной конверсии органического углерода древесины в CO₂, показателем которой является CO₂ эмиссионная активность древесного дебриса, определяется многими факторами: температура, влажность, вид гриба-деструктора, масса мицелия в древесине (Soloviev, 1983; Mukhin, Diyarova, 2012; Diyarova et al., 2023). При изучении газообмена природных образцов дебриса, многие их характеристики, например масса субстратного мицелия в древесине, остаются неизвестными и это существенно затрудняет сравнительный анализ CO₂-эмиссионной активности и делает не бесспорными его результаты.

Наши данные показывают, что CO₂-эмиссионная активность – сильно варьирующая характеристика (у разных образцов древесины, разрушаемой одним видом грибов, она может отличаться в 10 раз), не обнаруживающая жесткой связи с влажностью, а также степенью разложения древесины. Однако это может быть следствием того, что влажность и степень деструкции анализируемых в настоящей работе образцов – недостаточно сильно варьирующие характеристики. CO₂-эмиссионная активность древесины, разрушаемой разными видами грибов бурой и белой гнили существенно (до 2.5 раз) различается, что говорит о ее зависимости от вида грибов-деструкторов. Уровень CO₂-эмиссионной активности у древесных остатков с белой гнилью в среднем на 30–60% выше, чем с бурой. Это подтверждают и наши более ранние данные (Mukhin et al., 2015), согласно которым CO₂-эмиссионная активность древесных остатков с белой гнилью примерно в полтора раза выше, чем с бурой гнилью. Учитывая, что эмиссия CO₂ отражает активность деструкции древесины (Yoon et al., 2015), это, скорее всего, говорит о более интенсивном разложении хвойного дебриса грибами белой гнили.

Существенные различия между грибами белой и бурой гнили регистрируются по CO₂-эмиссионной активности их базидиокарпов. У базидиокарпов грибов бурой гнили она колеблется от 0.8

до 4.5, а белой — от 0.5 до 1.0 мг $\text{CO}_2/\text{г/ч}$, что многократно превышает CO_2 -эмиссионную активность древесины с бурой и белой гнилью. Это явление — высокая по отношению к CO_2 -эмиссионной активности субстратов дыхательная активность базидиокарпов грибов бурой гнили — впервые было обнаружено нами у *Fomitopsis pinicola*, а для его объяснения была предложена гипотеза аэробного дыхания кооперативного типа (Mukhin et al., 2006). Если эта гипотеза найдет свое подтверждение, то это будет означать, что грибы бурой гнили отличаются особой физиологией и локализацией аэробного дыхания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ CO_2 и O_2 газообмена грибов бурой и белой гнили и разрушаемого ими хвойного дебриса позволяет сделать следующее заключение.

1. Газообмен хвойного дебриса, разрушаемого грибами бурой и белой гнили аэробный, его углеродно-кислородный баланс идентичен газообмену ксилотрофных грибов и характеризует их как равно эффективных минерализаторов.

2. CO_2 -эмиссионная активность хвойного дебриса с бурой и белой гнилью находится в пределах 0.07–0.12 мг $\text{CO}_2/\text{г/ч}$, но у белой гнили она в среднем выше и это делает соответствующую фракцию хвойного дебриса более активным эмитентом CO_2 .

3. Базидиокарпы грибов бурой гнили отличаются более высокой, чем базидиокарпы грибов белой гнили, дыхательной активностью, но в обоих случаях она многократно превышает CO_2 -эмиссионную активность разрушаемых ими древесных остатков.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-24-00970). Авторы выражают глубокую благодарность д.б.н. М.Л. Гитарскому за организацию и помощь в проведении работ в национальном парке “Валдайский”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Bondartseva M.A. Definitorium fungorum Rossiae. Ordo Aphyllophorales. Fasc. 2. Familiae Albatrellaceae, Aporpiaceae, Boletoptidaceae, Bondarzewiaceae, Corticiaceae (genera tubuliferae), Fistulinaceae, Ganodermataceae, Lachnocladiaceae (genus tubiliferus), Phaeolaceae, Polyporaceae (genera tubuliferae), Poriaceae, Rigidoporaaceae. Nauka, SPb., 1998. (In Russ.).
- Bondartseva M.A., Parmasto E. Clavis diagnostica fungorum URSS. Ordo Aphyllophorales. Fasc. 1. Familiae Hymenochaetaceae, Lachnocladiaceae, Coniophoraceae, Schizophyllaceae. Nauka, Leningrad, 1986. (In Russ.).
- Castillo B.T., Franklin R.B., Amses K.R. et al. Fungal community succession of *Populus grandidentata* (Bigtooth Aspen) during Wood Decomposition. Forests. 2023. V. 14. Art. 2086. <https://doi.org/10.3390/f14102086>
- Chastukhin V. Ya. Ecological analysis of the decay of plant residues in spruce forests. Pochvovedenie. 1945. № 2. P. 102–114. (In Russ.).
- Cowling E.B. Comparative biochemistry of the decay of sweetgum sapwood by white-rot and brown-rot fungi. Washington DC, U.S. Department of Agriculture, 1961.
- Diyarova D.K., Mukhin V.A. Carbon conversion activity and efficiency of xylophilic basidiomycetes. In: Biodiversity and ecology of fungi and fungus-like organisms of Northern Eurasia: Proceedings of the All-Russian Conference with international participation. Ekaterinburg, 2015, pp. 72–74. (In Russ.).
- Diyarova D.K., Vladykina V.D., Mukhin V.A. Temperature Effect on CO_2 Emission by two xylophilic Fungi and by wood debris. Russian J. Ecology. 2023. V. 54 (3). P. 213–220. <https://doi.org/10.1134/S1067413623030025>
- Floudas D., Binder M., Riley R. et al. The Paleozoic origin of enzymatic lignin decomposition reconstructed from 31 fungal genomes. Science. 2012. V. 336 (6089). P. 1715–1719. <https://doi.org/10.1126/science.1221748>
- Fukusawa Y. Ecological impacts of fungal wood decay types: A review of current knowledge and future research directions. Ecol. Res. 2021. V. 36 (6). P. 910–931. <https://doi.org/10.1111/1440-1703.12260>
- Gilbertson R.L. Wood-rotting fungi of North America. Mycologia. 1980. V. 72(1). P. 1–49. <https://doi.org/10.2307/3759417>
- Gilbertson R.L., Ryvarden L. North American polypores, V. 1: Abortiporus – Lindtneria. Oslo, Fungiflora, 1986.
- Haq I.U., Hillmann B., Moran M. et al. Bacterial communities associated with wood rot fungi that use distinct decomposition mechanisms. ISME COMMUN. 2022. V. 2. Art. 26. <https://doi.org/10.1038/s43705-022-00108-5>
- Index Fungorum. CABI database, 2023. <http://www.indexfungorum.org>. Accessed 07.11.2023.
- Isaev A.S., Korovin G.N. Forests of Russia and the Kyoto Protocol. In: Yu.A. Israel (ed.). Possibilities of preventing climate change and its negative consequences: the problem of the Kyoto Protocol: materials of the Council-seminar under the President of the Russian Academy of Sciences. Moscow, 2006. P. 287–305. (In Russ.).
- Kamzolkina O.V., Bilanenko E.N., Shtaeer O.V. et al. Topology of *Fomes fomentarius*, *Fomitopsis pinicola* and *Piptoporus betulinus* mycelium and attendant fungi and bacteria in birch wood. 2012. Mikologiya i fitopatologiya. V. 46 (3). P. 210–216. (In Russ.).
- Krah F.-S., Bässler C., Heibl C. et al. Evolutionary dynamics of host specialization in wood-decay fungi. BMC Evol. Biol. 2018. V. 18. Art. 119. <https://doi.org/10.1186/s12862-018-1229-7>
- Kudeyarov V.N., Zavarzin G.A., Blagodatsky S.A. et al. Carbon pools and flows in Russian terrestrial ecosystems. Moscow, Nauka, 2007. (In Russ.).
- Mukhin V.A. Biota of xylophilic basidiomycetes of the West Siberian Plain. Nauka, Ekaterinburg, 1993. (In Russ.).

- Mukhin V.A., Diyarova D.K. Respiratory activity of substrate mycelium and fruiting bodies of wood-decaying fungi. In: Problemy lesnoy fitopatologii i mikologii: materialy VIII Mezhdunarodnoy konferentsii. Ulyanovsk, 2012. P. 266–271. (In Russ.).
- Mukhin V.A., Diyarova D.K., Gitarskiy M.L. et al. Carbon and oxygen gas exchange in woody debris: The process and climate-related drivers. *Forests*. 2021. V. 12. Art. 1156. <https://doi.org/10.3390/f12091156>
- Mukhin V.A., Diyarova D.K., Veselkin D.V. The ratio of oxygen and carbon dioxide flows in the gas exchange of xylophilic basidiomycetes. In: Problems of forest phytopathology and mycology: Proceedings of the X International Conference. Minsk, 2015. P. 145–148. (In Russ.).
- Mukhin V.A., Diyarova D.K., Veselkin D.V. Humidity as a factor in the CO₂ emission activity of woody debris // *Lesovedenie*. 2015a. № 3. P. 208–213. (In Russ.).
- Mukhin V.A., Voronin P.Y., Ladatko V.A. et al. The oxygenic and cooperative respiration of the wood-decaying fungus *Fomitopsis pinicola* (Sw.: Fr.) Pers. *Dokl. Biol. Sci.* 2006. V. 407. P. 153–154. <https://doi.org/10.1134/S0012496606020116>
- Rubin B.A. A course in plant physiology: a textbook for biological specialties at universities. Vysshaya shkola, Moscow, 1971. (In Russ.).
- Ryvarden L., Gilbertson R.L. European polypores. V. 6. P. 1: *Abortiporus – Lindneria*. Oslo, Fungiflora, 1993.
- Soloviev V.A. Respiratory gas exchange of wood. Izdatelstvo LGU, Leningrad, 1983. (In Russ.).
- Tláškal V., Brabcová V., Vetrovský T. et al. Complementary roles of wood-inhabiting fungi and bacteria facilitate deadwood decomposition. 2021. *mSystems*. Art. 6: e01078–20. <https://doi.org/10.1128/mSystems.01078-20>
- Yoon T.K., Noh N.J., Kim S. et al. Coarse woody debris respiration of Japanese red pine forests in Korea: controlling factors and contribution to the ecosystem carbon cycle. *Ecol. Res.* 2015. V. 30 (4). P. 723–734. <https://doi.org/10.1007/s11284-015-1275-1>
- Zamolodchikov D.G., Grabovsky V.I., Kurts V.A. The influence of forest use volumes on the carbon balance of Russian forests: forecast analysis using the CBM–CFS3 model. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaystva*. 2014. № 1. P. 5–18. (In Russ.).
- Zavarzin G.A., Zavarzina A.G. Xylotrophic and mycophilic bacteria in formation of dystrophic waters. *Microbiology*. 2009. V. 78. P. 523–534. <https://doi.org/10.1134/S0026261709050014>
- Zhang J., Markillie L.M., Mitchell H.D. et al. Distinctive carbon repression effects in the carbohydrate-selective wood decay fungus *Rhodonia placenta*. *Fungal Genetics Biol.* 2022. V. 159. Art. 103673. <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2022.103673>
- Бондарцева М.А. (Bondartseva) Определитель грибов России. Порядок Афиллофоровые. Вып. 2. СПб.: Наука, 1998. 391 с.
- Бондарцева М.А., Пармasto Э.Х. (Bondartseva, Parmasto). Определитель грибов СССР. Пор. Афиллофоровые. Вып. 1: Семейства гименохетовые, лахнокладиевые, кониофоровые, щелелистниковые. Л.: Наука, 1986. 192 с.
- Диярова Д.К., Мухин В.А. (Diyarova, Mukhin) Углерод конверсионная активность и эффективность ксилотрофных базидиомицетов // Биоразнообразие и экология грибов и грибоподобных организмов Северной Евразии: материалы Всероссийской конференции с международным участием. Екатеринбург, 2015. С. 72–74.
- Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Курц В.А. (Zamolodchikov et al.) Влияние объемов лесопользования на углеродный баланс лесов России: прогнозный анализ по модели CBM–CFS3 // Труды Санкт-Петербург. науч.-исслед. ин-та лесного хозяйства. 2014. № 1. С. 5–18.
- Исаев А.С., Коровин Г.Н. (Isaev, Korovin) Леса России и Киотский протокол // Возможности предотвращения изменения климата и его негативных последствий: проблема Киотского протокола: материалы Совета-семинара при президенте РАН / под ред. Ю.А. Израэля. М., 2006. С. 287–305.
- Камзолкина О.В., Биланенко Е.Н., О.В. Штаер и др. (Kamzolkina et al.) Топография мицелия *Fomes fomentarius*, *Fomitopsis pinicola*, *Piptoporus betulinus* и сопутствующих им грибов и бактерий в древесном субстрате // Микология и фитопатология. 2012. Т. 46. Вып. 3. С. 210–216.
- Кудяров В.Н., Заварзин Г.А., Благодатский С.А. и др. (Kudeyarov et al.) Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / Отв. ред. Г.А. Заварзин. Москва: Ин-т физ.-хим. и биол. проблем почвоведения РАН, 2007. 315 с.
- Мухин В.А. (Mukhin) Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург, УИФ “Наука”, 1993. 231 с.
- Мухин В.А., Диярова Д.К. (Mukhin, Diyarova) Дыхательная активность субстратного мицелия и плодовых тел деструктурирующих грибов // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: материалы VIII Международной конференции. Ульяновск, 2012. С. 266–271.
- Мухин В.А., Диярова Д.К., Веселкин Д.В. (Mukhin et al.) Влажность как фактор CO₂-эмиссионной активности древесного дебриса // *Лесоведение*. 2015. № 3. С. 208–213.
- Мухин В.А., Диярова Д.К., Веселкин Д.В. (Mukhin et al.) Соотношение потоков кислорода и диоксида углерода в газообмене ксилотрофных базидиомицетов // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: материалы 9-й Международной конференции. Минск, 2015. С. 145–148.
- Рубин Б.А. (Rubin) Курс физиологии растений: учебник для биологических специальностей университетов. М.: Высшая школа, 1971. 672 с.
- Соловьев В.А. (Soloviev) Дыхательный газообмен древесины. Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. 300 с.
- Частухин В.Я. (Chastukhin) Экологический анализ распада растительных остатков в еловых лесах // *Почвоведение*. 1945. № 2. С. 102–114.

CO₂ and O₂ Gas Exchange of Brown and White Rot Fungi – Destructors of Coniferous Debris

D. K. Diyarova^{a,#}, E. V. Zhuykova^{a,##}, and V. A. Mukhin^{a,###}

^a *Institute of Plant and Animal Ecology of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia*

[#]*e-mail: dasha_d@ipae.uran.ru*

^{##}*e-mail: e.zhuykova@list.ru*

^{###}*e-mail: victor.mukhin@ipae.uran.ru*

Data are presented on a comparative analysis of carbon-oxygen gas exchange between basidiocarps of brown and white rot fungi and the coniferous wood they decay using the chamber method at 20°C. The ratio of CO₂ and O₂ volumes (characterizing the efficiency of the oxidative conversion of organic carbon into CO₂) and CO₂ emission activity (characterizing the intensity of the oxidative conversion of organic carbon into CO₂) were assessed. It has been shown that the gas exchange of coniferous woody debris with brown and white rot is aerobic, and its carbon-oxygen balance is identical to the gas exchange of basidiocarps of the corresponding ecological and physiological groups of xylotrophic fungi and characterizes them as equally effective mineralizers: 70–80% of organic carbon is converted into CO₂. The CO₂ emission activity of woody debris with white and brown rot is close – for the former 0.11–0.12, for the latter 0.07–0.09 mg CO₂/g/h – but for white rot it is 30–60% higher. The basidiocarps of brown rot fungi are distinguished by a higher respiration rate than that of white rot fungi, but in both cases it is many times higher (white rot fungi – 5–8 times, brown rot fungi – 11–90 times) higher than the CO₂ emission activity of the wood they decay.

Keywords: brown rot, CO₂, gas exchange, O₂, white rot, xylotrophic fungi

УДК 582.28(092)

ПАМЯТИ МАРГАРИТЫ АПОЛЛИНАРЬЕВНЫ БОНДАРЦЕВОЙ (1935–2024)



5 июля 2024 г. на 90-м году жизни от нас ушла Маргарита Аполлинарьевна Бондарцева, один из старейших сотрудников Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (БИН). С этим учреждением была связана вся жизнь и научная деятельность Маргариты Аполлинарьевны. Здесь она прошла путь от аспиранта до профессора и главного научного сотрудника длиной более чем в 60 лет. Ее хорошо знают и чтут многие поколения сотрудников института и коллеги других ботанических учреждений на всем пространстве бывшего Советского Союза. Благодаря ее усилиям в Ботаническом институте сформировалась научная школа, связанная с изучением разнообразия систематики и экологии грибов и грибообразных организмов.

Маргарита Аполлинарьевна родилась 23 января 1935 г. в г. Ленинграде. Ее детство, омраченное войной и эвакуацией, прошло тем не менее в светлой и пронизанной добрыми традициями семейной атмосфере. В 1957 г. она окончила с отличием

биологический факультет Ленинградского государственного университета имени А.А. Жданова. Курсовая за третий курс и дипломная работы М.А. Бондарцевой были посвящены изучению болезней растений в парках Южного берега Крыма [парки Алупки, Мисхора, Симеиза и Никитский ботанический сад (руководитель — Петр Николаевич Головин)]. Большая часть изученных видов относилась к паразитным грибам — микромицетам, поражающим парковые культуры, но также были представлены и дереворазрушающие трутовики.

Еще в студенческие годы началось сотрудничество Маргариты Аполлинарьевны с Юрием Вениаминовичем Синадским. В 1956 г. была опубликована их первая совместная статья “Малоизвестные трутовики на *Populus* и *Tamarix* и их значение в Кара-Калпакской АССР” по материалам среднеазиатской экспедиции Ю.В. Синадского. Для этой статьи М.А. Бондарцева определила собранные соавтором грибы и подготовила микологическую часть работы. Творческое сотрудничество с Ю.В. Синадским продолжалось до его перехода на административную работу в Президиум АН СССР. Ими были опубликованы результаты исследования дереворазрушающих грибов в пойменных лесах рек Урал, Сырдарья и на территории охотничьего хозяйства “Красный лес” Краснодарского края.

Данные о микроскопических грибах, полученные в ходе подготовки дипломной работы, частично отражены в публикации о новых и редких видах микромицетов с Южного берега Крыма. Позднее Маргарита Аполлинарьевна собрала материал по микромицетам в Брянской обл. (собран в 1959 г., опубликован в 1962 г.), однако основное предпочтение было отдано изучению морфологии и систематики афиллофоровых грибов. Первые обобщающие публикации на эту тему [“Критический обзор новейших систем семейства *Polyporaceae*” (1961) и “Об анатомическом критерии в систематике афиллофоровых грибов” (1963)] обратили на себя внимание иностранных коллег. Обе статьи были переведены на английский язык и переводы разосланы по ведущим микологическим библиотекам мира. В 1963 г. М.А. Бондарцева защитила кандидатскую диссертацию на тему “Обзор порядка *Aphyllphorales* Ленинградской области”. В работе был

впервые представлен список более чем из 300 видов афиллофоровых грибов, обнаруженных на территории области. К сожалению, его не удалось напечатать своевременно и данные, полученные к 1963 г., впервые были использованы при публикации списка видов афиллофоровых и гетеробазидиальных грибов только в 1999 г.

В 1960-х гг. лаборатория микологии БИН присоединилась к всесоюзному проекту по изучению биологии и разработке мер борьбы с возбудителем вертициллезного вилта хлопчатника и Маргарита Аполлинарьевна, сразу после защиты диссертации, также вошла в эту группу. Обобщающий итог ее работы по этой теме отражен в статьях “Изучение процесса развития микросклероциальной формы возбудителя вертициллезного вилта хлопчатника *Verticillium dahliae* Kleb.” (1968) и “Сравнительная цитохимическая характеристика основных морфологических форм группы патогенных видов рода *Verticillium*” (1969). По окончании этого проекта в 1969 г. М.А. Бондарцева вернулась к исследованиям по афиллофоровым грибам, с недолгим отклонением в сторону изучения рода *Hypoxylon* (публикации 1974–1976 гг.). Участие в другом проекте (совместно с Тамарой Андреевной Давыдкиной, Элеонорой Освальдовной Сёман, Лирой Григорьевной Свищ) — по изучению грибов, развивающихся на древесине в подземных горных выработках цветной металлургии — тематически более соответствовало основным научным интересам Маргариты Аполлинарьевны. Экспедиции в шахтерские р-ны Кольского п-ова, Урала, Кавказа, Сибири и Казахстана дали интересный материал о формах развития и видовом составе грибов, поселяющихся на древесине в экстремальных условиях подземных горных выработок. Публикации по этой тематике охватывают период 1976–1984 гг.

Примерно в этот же период началось сотрудничество М.А. Бондарцевой с Институтом ботаники Республики Куба. Ее первая поездка на Кубу продолжалась с 15 декабря 1972 г. по 22 марта 1973 г. За этот период она совершила экспедиционные выезды во все провинции, собрала обширный гербарный материал, который значительно пополнил микологические коллекции Ботанического института, а также послужил основой микологического гербария Института ботаники (ныне Институт экологии и систематики АН Кубы) в Гаване. Кроме того, ряд видов был выделен в чистую культуру, причем эти материалы также послужили основой коллекции чистых культур грибов в Гаване и существенно пополнили гербарий Ботанического института экзотическим материалом. Всего М.А. Бондарцева была на Кубе шесть раз (1972–1973, 1981, 1984, 1985, 1988, 1990). Помимо большого числа публикаций (1973–1991 гг.)

она подготовила специалиста по афиллофоровым грибам Кубы — Сара Эррера Фигероа (Sara Herrera Figueroa), которая в 1979 г. защитила в БИНе кандидатскую диссертацию.

Позднее, в 1993–2005 гг. М.А. Бондарцева участвовала в российско-финляндском проекте по изучению дереворазрушающих грибов в лесах приграничной зоны обеих стран. За годы исследований были получены обширные материалы о видовом составе и экологии дереворазрушающих грибов изученных территорий, отраженные в многочисленных публикациях.

Вклад М.А. Бондарцевой в микологию значителен и многообразен. Известность в научном сообществе пришла к Маргарите Аполлинарьевне, начиная с ее первых работ, посвященных полиморфизму как микромицетов (например, грибов комплекса *Pleospora herbarum*), так и макромицетов (*Phellinus torulosus*), а также характеристике редких и новых видов грибов Южного берега Крыма. Как уже вполне сформировавшийся специалист, М.А. Бондарцева проявила себя в серии работ, посвященных систематике и морфологии афиллофороидных грибов [“Об изменении систематического положения рода *Aporpium*”, совм. с Аполлинарием Семеновичем Бондарцевым (1960) и других, упомянутых выше, посвященных систематике и морфологии афиллофоровых грибов].

После изучения афиллофоровых грибов такого крупного региона европейской части России, каким является Ленинградская обл., микологические маршруты Маргариты Аполлинарьевны распространяются и на другие регионы РСФСР. В разные годы ею были обследованы леса Центральной России и Предуралья [Брянской, Тверской (Центрально-лесной заповедник), Кировской, Пермской и Орловской (Национальный парк “Орловское полесье”) областей], Сибири (север Иркутской обл., Южный Алтай), Дальнего Востока (Приморский и Хабаровский края, о. Сахалин). Существенную роль в расширении диапазона исследований сыграли экспедиционные поездки в республики СССР, являющиеся сейчас независимыми государствами — Латвию, Литву, Эстонию, Грузию, Армению, Казахстан, Киргизию, Узбекистан. Все накопленные за годы работы данные были использованы при подготовке докторской диссертации “Система трутовых грибов и принципы их классификации”, защищенной в 1983 г.

Параллельно с флористическими исследованиями, Маргарита Аполлинарьевна много внимания уделяет теоретическим вопросам микологии. В 1970 г., в рамках семинара Отдела низших растений по жизненным формам криптогамных организмов, она выступает с докладом о жизненных формах афиллофоровых грибов, а в 1972 г. она рассматривает вопрос

уже применительно ко всем группам грибов, что получило отражение в статье “Принципы выделения жизненных форм у грибов” (журнал “Экология”). Материалы семинара (серия статей по разным группам криптогамных организмов) были опубликованы в сборнике “Новости систематики низших растений” только в 1974 г., куда вошла и статья М.А. Бондарцевой “Жизненные формы базидиальных макромицетов”. В этих работах были заложены теоретические основы учения об адаптациогенезе у высших грибов. В этот же период она занимается систематикой рода *Fibuloporia* и близких таксонов, критически обрабатывает род *Hypoxylon* (*Ascomycota*, *Xylariales*) в масштабах СССР. Следует отметить и важную просветительскую работу, проводимую М.А. Бондарцевой в эти годы. Ей принадлежит ряд статей о грибах и миксомицетах в “Большой советской энциклопедии” (1969–1978). Ее материалы опубликованы также в научно-популярном шеститомнике “Жизнь растений” (т. 2, “Грибы”, 1976), а также в справочнике “Грибы СССР” (1980 г.).

Представления о полифилии разных групп грибов и грибообразных организмов подытожены в статье “Царство грибов и его положение в системе органического мира” (“Ботанический журнал”, 1989 г.).

Важным событием в развитии отечественных микологических исследований можно считать конец 1979 г., когда заведующей лабораторией М.А. Бондарцевой в научный план лаборатории в качестве основной темы был включен “Определитель грибов СССР” (в настоящее время — “Определитель грибов России”). Это издание, призванное инвентаризовать разнообразие грибов России на монографическом уровне и служить справочным пособием по определению грибов, стало чрезвычайно востребованным микологическим сообществом.

Основные научные интересы Маргариты Аполлинарьевны всегда были сосредоточены на приоритетных направлениях современной микологии. Огромная роль принадлежит ей лично в сохранении классической школы в российской микологии — это особенно важно, когда во многих лабораториях мира преемственность с предшествующим “морфологическим” периодом оказалась утраченной и многие современные исследователи-систематики знают грибные гены лучше самих грибов. Комплексное исследование биоразнообразия всегда входило в число приоритетных направлений, развиваемых Маргаритой Аполлинарьевной. Другим аспектом преемственности культуры исследований, обеспечиваемой М.А. Бондарцевой, является настрой исследователя на “монографический подход” к группе, обязательным элементом которого является проработка

предшествующей литературы и доступного гербарного материала.

О микологической школе М.А. Бондарцевой можно говорить как более широко, имея в виду тех из ее учеников, которых она направила на изучение малоисследованных в нашей стране групп грибов и грибообразных организмов — П.С. Черепанова (пиреномицеты), Ю.К. Новожилова (миксомицеты), А.Н. Матвиенко (анаморфные грибы), так и более узко — имея в виду успешное развитие направления, заложенного еще А.С. Бондарцевым и связанного с изучением разнообразия афиллофороидных грибов и монографической обработкой их отдельных групп. Учениками М.А. Бондарцевой из числа специалистов-афиллофорологов являются Т.А. Давыдкина, автор монографии “Стереумовые грибы Советского Союза” (1981 г.), Г.А. Юпина, организатор исследований афиллофороидных грибов в Казанском государственном университете, Г.М. Балтаева, изучавшая трутовые грибы Узбекистана, Л.Г. Михалева, развивавшая исследования афиллофороидных грибов в Институте биологических проблем криолитозоны СО РАН (г. Якутск), В.М. Коткова, И.В. Змитрович и С.В. Волобуев, в настоящее время проводящие исследования по разнообразию и таксономии различных групп афиллофороидных грибов в БИНе, Д.А. Косолапов — исследователь Института биологии Коми научного центра РАН и организатор исследований афиллофороидных грибов в Республике Коми, В.А. Спирин — исследователь Ботанического музея при университете г. Хельсинки (Финляндия), А.В. Руоколайнен, занимающаяся изучением афиллофороидных грибов в Республике Карелия. По результатам в подготовке научных кадров М.А. Бондарцевой в 1991 г. было присвоено звание профессора. Школа М.А. Бондарцевой активно развивается и уже появилось второе поколение ее учеников: И.В. Землянская, К.А. Фефелов, А.П. Кошелева, А.В. Власенко, М.В. Окунь, Д.А. Ерастова, О.Н. Шепин (руководитель — Ю.К. Новожилов), С.И. Хачева, К.О. Потапов (руководитель — Г.А. Юпина), В.Ф. Малышева, С.Ю. Большаков, В.А. Дудка (руководитель — И.В. Змитрович), Ю.Ю. Иванушенко, К.В. Борцов (руководитель — С.В. Волобуев). Пожалуй, еще больше у Маргариты Аполлинарьевны неофициальных последователей, которых она в разное время удачно направила в микологию. Созданием активно развивающейся микологической школы организационные успехи Маргариты Аполлинарьевны не ограничиваются. Отечественному микологическому сообществу она известна как координатор микологических и криптогамических исследований в качестве члена координационного совета по проблемам ботаники РАН, где она в течение ряда лет была

председателем секции микологии. Она принимала участие в организации ряда съездов и конференций, регулярно проходивших в Советском Союзе, начиная с середины 1960-х гг. К этому можно добавить, что М.А. Бондарцева в течение семи лет читала спецкурс по афиллофоровым грибам на кафедре ботаники Ленинградского университета.

Уже в российский период, знаменовавшийся экономическими трудностями и снижением научно-координационной активности, Маргарите Аполлинарьевне принадлежит инициатива организации под эгидой БИН РАН двух значимых международных конференций – “Микология и криптогамная ботаника в России: традиции и современность” (2000 г.) и “Грибы в природных и антропогенных экосистемах” (2005 г.), давших новый импульс в развитии коммуникационно-координационной активности основных микологических центров России и ближнего зарубежья. М.А. Бондарцева – автор целого ряда юбилейных очерков, посвященных вехам становления ботаники и микологии в Ботаническом институте, биографиям ушедших от нас крупных ученых. Начиная с 1972 г. Маргарита Аполлинарьевна входила в редколлегию журнала “Микология и фитопатология”, где в период с 1989 по 1993 г. она занимала пост заместителя главного редактора. Колоссальный опыт в развитии микологии, ботаники и экологии находил приложение в ее работе в составе двух специализированных диссертационных советов при Ботаническом институте по присуждению ученых степеней по специальностям “Микология” и “Экология”. В 1989 и 1993 гг. она являлась председателем государственной экзаменационной комиссии Пермского педагогического университета. Маргарита Аполлинарьевна была почетным членом Русского ботанического общества и Латиноамериканской микологической ассоциации.

Признанием больших научных заслуг Маргариты Аполлинарьевны явилось награждение ее медалями “Ветеран труда”, “В память 300-летия Санкт-Петербурга” и “За вклад в ботанику”. В ее честь назван вид трутового гриба *Antrodia bondartsevae* Spirin, а название рода *Bondarcevomyces* Parmasto (назван в честь А.С. Бондарцева и М.А. Бондарцевой) является отражением признания особых личных заслуг Маргариты Аполлинарьевны и преемственности в продолжении дела ее отца.

Друзьям, коллегам и ученикам Маргарита Аполлинарьевна запомнится такими качествами, как широкий кругозор, житейская мудрость и неизменный оптимизм. Уход этого крупного Ученого – скорбное событие для отечественной и мировой науки.

Основные научные работы М.А. Бондарцевой

- Синадский Ю.В., Бондарцева М.А. Малоизвестные трутовики на *Populus* и *Tamarix* и их значение в Кара-Калпакской АССР // Ботанический журнал. 1956. Т. 41, № 11. С. 1177–1183.
- Бондарцева М.А. О новой форме трутового гриба *Phellinus torulosus* (Pers.) Bourd. et Galz. на *Arbutus andrachne* L. и *A. unedo* L. // Ботан. матер. Отд. спор. раст. 1959. Вып. 12. С. 247–249.
- Синадский Ю.В., Бондарцева М.А. Некоторые трутовые грибы на лиственных породах в пойме реки Урал // Ботан. матер. Отд. спор. раст. 1960. Вып. 13. С. 222–232.
- Бондарцева М.А. Новые и редкие виды микромицетов с южного берега Крыма // Ботан. матер. Отд. спор. раст. 1960. Вып. 13. С. 197–207.
- Синадский Ю.В., Бондарцева М.А. Заболевания древесно-кустарниковых пород в тугайных лесах Сыр-Дарьи // Ботанический журнал. 1960. Т. 45. С. 423–429.
- Бондарцев А.С., Бондарцева М.А. Об изменении систематического положения рода *Aporium* // Ботанический журнал. 1960. Т. 45. С. 1693–1695.
- Бондарцева М.А. Критический обзор новейших систем семейства *Polypogonaceae* // Ботанический журнал. 1961. Т. 46, № 4. С. 587–593.
- Бондарцева М.А. Предварительные итоги микологического обследования Брянских лесов // Ботанические исследования. 2. Тарту, 1962. С. 91–100.
- Синадский Ю.В., Бондарцева М.А. Трутовые грибы охотничьего хозяйства “Красный лес” Краснодарского края // Ботанический журнал. 1962. Т. 47, № 1. С. 55–67.
- Бондарцева М.А. Об анатомическом критерии в систематике афиллофоровых грибов // Ботанический журнал. 1963. Т. 48, № 3. С. 362–372.
- Бондарцев А.С., Бондарцева М.А. Альберт Пилат (к 60-летию со дня рождения) // Ботанический журнал. 1963. Т. 48, № 10.
- Бондарцева М.А. Новые для Ленинградской области виды и формы *Polypogonaceae* и *Aporiaceae* // Новости систематики низших растений. 1965. С. 186–195.
- Бондарцева М.А. Новые для СССР виды афиллофоровых грибов // Новости систематики низших растений. 1965. С. 131–134.
- Бондарцева М.А. Факторы, влияющие на распространение грибов по типам леса // Проблемы изучения грибов и лишайников. Тарту, 1965. С. 23–38.
- Бондарцева М.А. Изучение процесса развития микросклеротической формы возбудителя вертициллезного вилта хлопчатника *Verticillium dahliae* Kleb. // Микология и фитопатология. 1968. Т. 2, вып. 3. С. 173–179.
- Бондарцева М.А. Рец.: В. Рипачек. Биология дереворазрушающих грибов. Перевод с чешского. Изд. Лесная промышленность, М., 1967 // Микология и фитопатология. 1968. Т. 2, вып. 4. С. 347–348.
- Бондарцева М.А. Основные направления в современной систематике афиллофоровых грибов // Матер. 3-й Закавказ. конф. по спор. раст. 1968. С. 106–109.
- Бондарцева М.А. Систематическое значение формы плодовых тел у афиллофоровых грибов // 5-й Симп. микол. и лихенол. Прибалт. респ., Вильнюс, 1968. С. 16–20.

- Бондарцева М.А., Михалевич П.К. Трутовые грибы, неизвестные для флоры БССР // Новости систематики низших растений. 1968. Т. 5. С. 142–144.
- Бондарцева М.А. Сравнительная цитохимическая характеристика основных морфологических групп патогенных видов рода *Verticillium* // Микология и фитопатология. 1969. Т. 3. Вып. 1. С. 3–12.
- Бондарцева М.А. Новые виды трутовых грибов // Новости систематики низших растений. 1969. Т. 6. С. 142–146.
- Бондарцева М.А. Жизненные формы афиллофоровых грибов // Матер. VI симп. микол. и лишенол. Прибалт. респ. Рига, 1971. С. 111–115.
- Бондарцева М.А. Опыт составления ключей на перфокартах для определения афиллофоровых грибов // Матер. I Конф. по спор. раст. Украины, Киев, 1971. С. 130–132.
- Бондарцева М.А. Принципы выделения жизненных форм у грибов // Экология. 1972. № 5. С. 52–58.
- Бондарцева М.А. К систематике рода *Fibuloporia* Bond. et Sing. // Новости систематики низших растений. 1972. Т. 9. С. 132–136.
- Бондарцева М.А. Новая форма трутового гриба *Laetiporus sulphureus* (Fr.) Bond. et Sing. // Новости систематики низших растений. 1972. Т. 9. С. 137–139.
- Бондарцева М.А. Положение трутовых грибов в системе порядка *Aphyllphorales* // Тезисы докл. IV Закавказ. конф. по спор. раст. 1972. С. 122–124.
- Бондарцева М.А. К систематике трутовиков тропической зоны // Микология и фитопатология. 1973. Т. 7, вып. 4. С. 370.
- Бондарцева М.А. К флоре трутовых грибов Сибири. 1. Трутовики Алтая // Новости систематики низших растений. 1973. Т. 10. С. 127–133.
- Бондарцева М.А. Жизненные формы базидиальных макромицетов // Новости систематики низших растений. 1974. Т. 11. С. 29–40.
- Бондарцева М.А. К систематике ксилариевых грибов // Матер. 5-й конф. по спор. раст. Ср. Азии и Казахстана. 1974. С. 47–48.
- Бондарцева М.А. Трутовые грибы Кубы // Проблемы исслед. Америки в XIX–XX вв. Сб. докладов. 1974. С. 88–90.
- Бондарцева М.А., Давыдкина Т.А., Лебедева Е.В. Гербарий грибов Ботанического института им. В.Л. Комарова АН СССР. V. Экзобазидиальные, афиллофоровые грибы и гетеробазидиальные макромицеты (*Exobasidiales*, *Aphyllphorales*, *Tulasnellales*, *Dacrymycetales*, *Auriculariales*, *Tremellales*) // Микология и фитопатология. 1975. Т. 9, вып. 4. С. 363–366.
- Бондарцева М.А. Грибы рода *Huroxylon* Fr. в СССР // Новости систематики низших растений. 1975. Т. 12. С. 185–191.
- Бондарцева М.А. К флоре трутовых грибов Сибири. 2. Трутовики Иркутской области // Новости систематики низших растений. 1975. Т. 12. С. 192–196.
- Бондарцева М.А., Шиврина А.Н. Положение высших базидиальных грибов в системе организмов // Микология и фитопатология. 1975. Т. 9, вып. 5. С. 446–450.
- Bondarceva M.A., Shivrina A.N. The main features of construction, development and metabolism of Hymenomycetes as representatives of the kingdom Fungi // XII Int. Bot. Congress abstracts. 1975.
- Bondarceva M.A., Herrera S. Particularities of the Cuban flora of polypores (*Polyporaceae* s. lato) // XII Int. Bot. Congress abstracts. 1975.
- Бондарцева М.А., Давыдкина Т.А. Некоторые стереомовые грибы с Кубы // Новости систематики низших растений. 1976. Т. 13. С. 65–74.
- Бондарцева М.А., Семан Э.О. Разрушение материалов грибами в подземных горных выработках // Микология и фитопатология. 1976. Т. 10, вып. 6. С. 518–521.
- Бондарцева М.А. Трутовые грибы // Жизнь растений. М., 1976. С. 235–248.
- Бондарцева М.А. Лиственничная губка // Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР / Ред. Г.К. Мильберг, Д.А. Пакалин, А.К. Шретер. М.: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР (ГУГК), 1976. С. 261.
- Бондарцева М.А. Чага // Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. / Ред. Г.К. Мильберг, Д.А. Пакалин, А.К. Шретер. М.: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР (ГУГК), 1976. С. 332.
- Бондарцева М.А., Эррера С. Некоторые грибы из рода *Phellinus* Quel. на Кубе // Новости систематики низших растений. 1977. Т. 14. С. 63–66.
- Бондарцева М.А., Семан Э.О. Грибы из подземных горных выработок Армянской ССР // Новости систематики низших растений. 1978. Т. 15. С. 76–81.
- Бондарцева М.А., Давыдкина Т.А., Семан Э.О. Грибы-макромицеты из подземных горных выработок Кольского полуострова // Новости систематики низших растений. 1978. Т. 15. С. 83–84.
- Бондарцева М.А., Эррера С. Афиллофоровые грибы Кубы. I. Сем. *Polyporaceae* Cda. // Новости систематики низших растений. 1979. Т. 16. С. 42–66.
- Бондарцева М.А., Эррера С. Афиллофоровые грибы Кубы. II. Сем. *Ganodermataceae* Donk // Новости систематики низших растений. 1979. Т. 16. С. 66–71.
- Бондарцева М.А., Семан Э.О. Специфика развития грибов в условиях подземных горных выработок // Микроорганизмы и низшие растения — разрушители материалов и изделий. Сер. Биол. поврежд. М.: Наука, 1979. С. 164–168.
- Бондарцева М.А. Некоторые факторы, влияющие на формирование флоры дереворазрушающих грибов на Дальнем Востоке // Тез. XIV Тихоок. научн. конгр. Хабаровск, 1979. С. 7–8.
- Бондарцева М.А., Эррера С. Новые виды рода *Phellinus* Quel. (*Hymenochaetaceae*) на Кубе // Микология и фитопатология. 1980. Т. 14, вып. 6. С. 476–480.
- Бондарцева М.А., Эррера С. Систематическое положение и система рода *Phellinus* Quel. // Микология и фитопатология. 1980. Т. 14, вып. 1. С. 3–9.
- Бондарцева М.А. Афиллофоровые грибы // М.В. Горленко, Л.В. Гарибова, М.А. Бондарцева, И.И. Сидорова, Т.П. Сизова. Грибы СССР. М.: Мысль, 1980. С. 90–137; таб. 13–24.
- Бондарцева М.А., Эррера С. Род *Corioliopsis* Murr. на Кубе // Микология и фитопатология. 1982. Т. 15, вып. 5. С. 368–372.
- Бондарцева М.А., Эррера С. Афиллофоровые грибы Кубы. III. *Hymenochaetaceae* Donk. // Новости систематики низших растений. 18, 1981. С. 62–74.
- Бондарцева М.А., Давыдкина Т.А., Семан Э.О. Грибы-макромицеты из подземных горных выработок Кавказа // Новости систематики низших растений. 1981. Т. 18. С. 75–77.
- Бондарцева М.А., Свищ Л.Г. Типовые образцы афиллофоровых и гетеробазидиальных макромицетов, хранящихся в гербарии Ботанического института им. В.Л. Комарова АН

- СССР // Микология и фитопатология. 1982. Т. 16, вып. 1. С. 79–85.
- Бондарцева М.А., Свищ Л.Г. Разрушение древесины афиллофоровыми грибами в горных выработках Приморского края // Тезисы докл. VII сессии ДВ регион. научн. совета по проблеме АН СССР “Биол. осн. рац. исп., преобр. и охраны раст. Мира”. Петропавловск-Камчатский, 1982. С. 17.
- Бондарцева М.А. Ключ для определения родов трутовых грибов Кубы (Polyporaceae s. lato) // Микология и фитопатология. 1983. Т. 17, вып. 1. С. 13–21.
- Бондарцева М.А. Система трутовых грибов (Polyporaceae s. lato) // Микология и фитопатология. 1983. Т. 17, вып. 4. С. 269–280.
- Уранчимэг Г., Бондарцева М.А., Нездойминого Э.Л. К флоре макромитцев горно-таежного и горно-степного пояса растительности Монгольской народной республики // Микология и фитопатология. 1983. Т. 17, вып. 5. С. 374–377.
- Бондарцева М.А., Давыдкина Т.А., Семан Э.О. Грибы, повреждающие материалы в подземных горных выработках Кавказа // Матер. VI Закавказ. конф. по спор. раст. Тбилиси, 1983. С. 51–52.
- Бондарцева М.А., Эррера С. Таксономическое положение и объем некоторых родов с тримитическим типом гифальной системы, распространенных на Кубе // Тезисы докл. VII делег. Съезда ВБО. Донецк, 1983.
- Бондарцева М.А. Чага // Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. М.: Картография, 1983.
- Бондарцева М.А., Давыдкина Т.А., Семан Э.О., Свищ Л.Г. Грибы из подземных горных выработок Казахстана // Новости систематики низших растений. 1984. Т. 21. С. 62–64.
- Бондарцева М.А., Давыдкина Т.А., Семан Э.О., Свищ Л.Г. Грибы из подземных горных выработок Урала и Сибири // Новости систематики низших растений. 1984. Т. 21. С. 64–65.
- Бондарцева М.А., Эррера С. Трутовые грибы (Polyporaceae s. str.) Кубы // Новости систематики низших растений. 1984. Т. 21. С. 66–84.
- Бондарцева М.А., Эррера С. Трутовые грибы, новые и малоизвестные для Кубы // Новости систематики низших растений. 1984. Т. 21. С. 84–87.
- Бондарцева М.А., Давыдкина Т.А., Семан Э.О. Грибы, повреждающие материалы в подземных горных выработках Кавказа // Тезисы докл. VII Конф. по спор. раст. Ср. Азии и Казахстана. 1984.
- Bondartseva M.A. La familia Hymenochaetaceae en Cuba // 1er Symp. Bot. La Habana, 1985.
- Herrera Figueroa S., Bondartseva M.A. Especies del genero Phellinus (Basidiomycetes: Hymenochaetaceae) nuevos o poco conocidos en Cuba (II) // Acta Bot. Cubana. 1985. N36. P. 1–18.
- Бондарцева М.А. Дереворазрушающие грибы Центрально-лесного заповедника // Новости систематики низших растений. 1986. Т. 23. С. 103–110.
- Бондарцева М.А., Свищ Л.Г. Phellinus hipporphaecola Jahn (Hymenochaetaceae) в Советском Союзе // Новости систематики низших растений. 1986. Т. 23. С. 111–113.
- Бондарцева М.А., Эррера С. Афиллофоровые грибы Кубы. IV. Сем. Hymenochaetaceae Donk // Новости систематики низших растений. 1986. Т. 23. С. 113–117.
- Бондарцева М.А., Пармasto Э.Х. Определитель грибов СССР. Порядок афиллофоровые. Вып. 1. Семейства гименохетовые, лахнокладиевые кониофоровые, щелелистниковые. Л.: Наука, 1986. 192 с.
- Бондарцева М.А., Эррера С. Афиллофоровые грибы Кубы. V. Роды Hymenochaete Lév. и Hydnochaete Bres. (Hymenochaetaceae) // Новости систематики низших растений. 1988. Т. 25. С. 67–81.
- Горленко М.В., Бондарцева М.А. Информация о X Конгрессе Европейских микологов // Микология и фитопатология. 1988. Т. 22, вып. 2. С. 191.
- Бондарцева М.А. Семейство Альбатрелловые (Albatrellaceae). Грифола курчавая – гриб-баран // Красная книга РСФСР. Растения. М.: Росагропромиздат, 1988. С. 542.
- Бондарцева М.А. Семейство Альбатрелловые (Albatrellaceae). Грифола зонтичная, трутовик разветвленный // Красная книга РСФСР. Растения. М.: Росагропромиздат, 1988. С. 543.
- Бондарцева М.А. Семейство Клавариевые (Clavariaceae). Погачик пестиковый // Красная книга РСФСР. Растения. М.: Росагропромиздат, 1988. С. 548.
- Бондарцева М.А. Семейство герциевые (Hericaceae). Ежевик коралловидный, герций коралловидный // Красная книга РСФСР. Растения. М.: Росагропромиздат, 1988. С. 550.
- Бондарцева М.А. Семейство спарассиевые. (Sparassiacae). Спарассис курчавый, грибная капуста // Красная книга РСФСР. Растения. М.: Росагропромиздат, 1988. С. 553–554.
- Бондарцева М.А., Эррера С. Род Navisporus Ruv. на Кубе // Микология и фитопатология. 1989. Т. 23, вып. 3. С. 193–197.
- Бондарцева М.А., Свищ Л.Г. Ареалогическая характеристика некоторых видов трутовых грибов, распространенных в Средней Азии // Тезисы докл. VIII Конф. по спор. раст. Ср. Азии и Казахстана. Ташкент, 1989. С. 98–99.
- Бондарцева М.А. Царство грибов и его положение в системе органического мира // Ботанический журнал. 1989. Т. 74, № 8. С. 1084–1090.
- Bondartseva M.A., Herrera Figueroa S. Numerical key for determination of aphyllloporaceous fungi // 10th Congr. Eur. Mycol. Abstracts. Tallinn, 1989. P. 17.
- Горленко М.В., Бондарцева М.А. Перспективы исследований по микологии в СССР. В кн.: Ботаника. Сборник научных трудов, вып. 30. С. 42–47. 1990. Минск, Наука і тэхніка.
- Bondartseva M.A., Herrera Figueroa S. Sistema de busqueda y determinacion de los hongos afiloforaceos de Cuba // Resúmenes del V Congr. Latinoam. De Botanica. La Habana, 1990. P. 200.
- Bondartseva M.A., Herrera Figueroa S. El genero Phellinus Quel. en Cuba // Resúmenes del V Congr. Latinoam. De Botanica. La Habana, 1990. P. 206.
- Горленко М.В., Бондарцева М.А. Основные направления в современной микологии // Проблемы ботаники. Минск, 1990. С. 27–32.
- Бондарцева М.А., Эррера С. Трутовые грибы (Polyporaceae, Hymenochaetaceae) новые и редкие для Кубы // Микология и фитопатология. 1991. Т. 25, вып. 2. С. 94–99.
- Бондарцева М.А., Свищ Л.Г. Экологическая характеристика дереворазрушающих грибов в лесных экосистемах // Проблемы лесной микологии и фитопатологии. Тез. докл. Каунас, 1991. С. 6.
- Бондарцева М.А., Свищ Л.Г. Изменение видового состава трутовых грибов в условиях антропогенного воздействия // Проблемы лесопатол. мониторинга в таежн. лесах Европ. ч. СССР. Тез. докл. Петрозаводск, 1991. С. 9–11.
- Бондарцева М.А. Семейства фистулиновые, калопоровые, пориевые, полипоровые, ганодермовые, болетопсидеи // Мир растений. М.: Просвещение, 1991. С. 226–244.

- Бондарцева М.А., Эррера С., Сандоваль Д., Сехас Ф. Проблемы таксономии гименохетовых грибов Кубы // Микология и фитопатология. 1992. Т. 26, вып. 1. С. 3–14.
- Бондарцева М.А., Свищ Л.Г., Балтаева Г.М. Некоторые закономерности распространения трутовых дереворазрушающих грибов // Микология и фитопатология. 1992. Т. 26, вып. 6. С. 442–447.
- Стороженко В.Г., Бондарцева М.А., Соловьев В.А., Крутов В.И. Научные основы устойчивости лесов к дереворазрушающим грибам. М.: Наука, 1992. 221 с.
- Bondarceva M.A. Life forms of higher fungi in European ecosystems // Fungi in Europe. Abstr. of XI Congr. of Eur. Mycol. Kew, 1992. P. 8.
- Bondartseva M.A. Life forms of the higher fungi in European ecosystems // Fungi in Europe: investigation, recording and conservation. Ed. D.N. Pegler. Kew, 1993. P. 157–170.
- Бондарцева М.А., Свищ Л.Г. Афиллофоровые грибы пробных площадей заповедника “Кивач” // Новости систематики низших растений. 1993. Т. 29. С. 37–42.
- Бондарцева М.А., Уранчимэг Г. Афиллофоровые грибы Хэнтэйского района Монголии // Новости систематики низших растений. 1993. Т. 29. С. 42–44.
- Бондарцева М.А., Мельник В.А. Памяти Веры Голубовой-Еховой (1936–1992) // Микология и фитопатология. 1993. Т. 27, вып. 5. С. 77.
- Бондарцева М.А. XI Конгресс европейских микологов // Микология и фитопатология. 1993. Т. 27, вып. 2. С. 59–62.
- Bondartseva M.A., Lositskaya V.M., Svishch L.G. Some regularities of aphyllorphoraceous fungi distribution in Leningrad region // Fungi and lichens in Baltic region. 12 Int. Conf. abstracts. Vilnius, 1993. P. 106.
- Bondartseva M.A. Evolutionary lines in pore fungi // 5th Int. Congress, 14–21 August 1994. Abstracts. Vancouver, 1994. P. 19.
- Bondartseva M.A., Krutov V.I., Lositskaya V.M., Svishch L.G. Aphyllorphoraceous fungi in some pine forests in East Finland and Russian Karelia // Karelian Biosphere reserve studies. N. Karelian Biosphere Reserve, 1994. P. 195–201.
- Бондарцева М.А. Морфологические структуры базидиом афиллофоровых грибов как ключ к пониманию их эволюции и механизма экологического и географического расселения // Проблемы лесной фитопатологии и микологии. Тезисы докладов. М., 1994. С. 8–9.
- Бондарцева М.А., Лосицкая В.М., Свищ Л.Г. Влияние антропогенного фактора на распространение афиллофоровых грибов // Проблемы лесной фитопатологии и микологии. Тезисы докладов. М., 1994. С. 10–11.
- Бондарцева М.А. Клавариевые грибы Ленинградской области // Микология и фитопатология. 1995. Т. 29, вып. 5–6. С. 8–15.
- Бондарцева М.А., Крутов В.И., Лосицкая В.М., Кивиниеми С.Н. Комплексы дереворазрушающих грибов хвойных древостоев заповедника “Кивач” (Русская Карелия) и биосферного заповедника “Северная Карелия” (юго-восточная Финляндия) // Проблемы антропогенной трансформации лесных биогеоценозов Карелии. Петрозаводск, 1996. С. 121–135.
- Бондарцева М.А. Эволюционные связи и таксономическое положение трутовых грибов (Polyporaceae s. lato) // Материалы IX Московского совещания по филогении растений. М., 1996. С. 26–29.
- Dai Yu-Ch., Bondartseva M.A., Xu B.-Y., Yu Ch.-Z. A re-collection of *Inonotus pruinosus* Bondartsev (Basidiomycetes) // Karstenia. 1996. V. 36. P. 47–50.
- Бондарцева М.А. Экологические стратегии дереворазрушающих базидиальных грибов // Проблемы лесной фитопатологии и микологии. Тезисы докладов IV международной конф. 13–17 октября 1997 г. М., 1997. С. 10–14.
- Бондарцева М.А., Лосицкая В.М., Крутов В.И. Афиллофоровые грибы (пор. Aphyllorphorales) Кижских островов // Проблемы лесной фитопатологии и микологии. Тезисы докладов IV международной конф. 13–17 октября 1997 г. М., 1997. С. 15–17.
- Storozhenko V.G., Bondartseva M.A. The occurrence of wood-destroying fungi on the fallen logs in the spruce wildlife forests of the Central-forest reserve // Проблемы лесной фитопатологии и микологии. Тезисы докладов IV международной конф. 13–17 октября 1997 г. М., 1997. С. 88–90.
- Бондарцева М.А. Эволюционные связи и таксономическое положение трутовых грибов (Polyporaceae s. lato) // Микология и фитопатология. 1997. Т. 31, вып. 6. С. 77–84.
- Bondartseva M.A., Lositskaya V.M., Zmitrovich I.V. Aphyllorphoraceous fungi in coniferous stands of the Kotavaara site in North Karelian biosphere reserve as indicators of their state // Biodiversity of Fennoscandia (diversity, human impact, nature conservation). Petrozavodsk, Karelia, Russia, 17–20 November, 1997. P. 9.
- Bondartseva M.A., Lositskaya V.M., Krutov V.I., Hokkanen T. Aphyllorphoraceous fungi in coniferous stands of the North Karelian Biosphere Reserve as indicators of their state // Biodiversity of Fennoscandia (diversity, human impact, nature conservation). Petrozavodsk, 1997. P. 10.
- Бондарцева М.А. 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, ригидопоровые, феоловые, фистулиновые. СПб.: Наука, 1998. 392 с.
- Bondartseva M.A., Lositskaya V.M., Zmitrovich I.V. Aphyllorphoroid fungi of old and primeval forests in the Kotavaara site of North Karelian biosphere reserve // Folia Cryptog. Estonica. 1998. Fasc. 33. P. 19–24.
- Крутов В.И., Руоколайнен А.В., Бондарцева М.А., Лосицкая В.М., Линдгрен М. Видовое разнообразие афиллофоровых грибов в лесных экосистемах охраняемых природных территорий Карелии // “Биоиндикация-98”. Материалы Международной молодежной научной школы 21–28 сентября 1998. Петрозаводск, 1998. Т. 2. С. 54–59.
- Крутов В.И., Бондарцева М.А., Линдгрен М., Лосицкая В.М., Кивиниеми С.Н. Афиллофоровые грибы // Инвентаризация и изучение биологического разнообразия в приграничных с Финляндией районах Республики Карелия (оперативно-информационные материалы). Ред. В.И. Крутов, А.Н. Громцев. Петрозаводск, 1998. С. 92–98.
- Бондарцева М.А. Проблемы экологической классификации грибов // Современные проблемы микологии, альгологии и фитопатологии. Сб. трудов междунар. Научн. конф. посвященной 80-летию каф. микологии и альгологии Моск. унив. и 90-летию со дня рождения М.В. Горленко (Москва, апрель 1998 г.). М.: ИД “Муравей”, 1998. С. 162–163.
- Бондарцева М.А. Значение таксономических критериев у высших базидиальных грибов в свете современных представлений об эволюции группы // В кн.: Проблемы ботаники

- на рубеже XX–XXI веков. Тезисы докл. II(X) РБО (26–29 мая 1998 г.). Санкт-Петербург, 1998. С. 5–6.
- Bondartseva M.A., Lositskaya V.M., Hokkanen T.J.* Aphyllophoroid fungi of the North Karelian biosphere reserve (Finland) // *Kew Bulletin*. V. 54. N3. 1999. P. 1–15.
- Лосицкая В.М., Бондарцева М.А., Крутов В.И.* Афиллофоровые грибы как индикаторы состояния сосновых древостоев промышленной зоны города Костомукши // *Микология и фитопатология*. 1999. Т. 33, вып. 5. С. 331–337.
- Бондарцева М.А., Лосицкая В.М., Змитрович И.В.* Афиллофоровые и гетеробазидиальные макромицеты Ленинградской области // *Биоразнообразие Ленинградской области (Водоросли. Грибы. Лишайники. Мохообразные. Беспозвоночные животные. Рыбы и рыбообразные. Ч. 1. Труды СПб о-ва естествоиспытателей, сер. 6, т. 2. СПб., 1999. С. 141–173.*
- Bondartseva M.A., Lositskaya V.M., Krutov V.I.* Афиллофороидные грибы как компонент коренных и производных типов леса в заповеднике Кивач (Республика Карелия) // *Материалы научно-практич. конф. “Коренные леса таежной зоны Европы: современное состояние и проблемы сохранения”*. Петрозаводск, 1999. С. 193–194.
- Лосицкая В.М., Бондарцева М.А.* Влияние Костомукшского горно-обогатительного комбината на биоразнообразие афиллофоровых грибов // *Биологические основы изучения, освоения и охраны животного и растительного мира, почвенного покрова Вост. Фенноскандии*. Петрозаводск, 1999. С. 38.
- Bondartseva M.A., Lositskaya V.M.* Aphyllophoroid fungi in forest fragments at the North Karelian biosphere reserve: biological diversity and indicator significance // *Биологические основы изучения, освоения и охраны животного и растительного мира, почвенного покрова Вост. Фенноскандии*. Петрозаводск, 1999. С. 60–61.
- Бондарцева М.А., Лосицкая В.М., Руоколайнен А.В.* Дереворазрушающие грибы (пор. Aphyllophorales) Кижского архипелага // *Труды Карельского научного центра РАН. Серия Биогеография*. Вып. 1. Острова Кижского архипелага. Биогеографическая характеристика. Петрозаводск, 1999. С. 84–87. Приложение 6. С. 157–158.
- Bondartseva M.A.* Wood-destroying basidial macromycetes in ecosystems of the different state: strategies of propagation and survival // *XIII Congress of European Mycologists. Book of abstracts*. 21–25 September 1999. Madrid, 1999. P. 16.
- Бондарцева М.А.* Экологические стратегии дереворазрушающих базидиальных грибов // *Modus Academicus. Сессия вторая. Экология и человечество на пороге XXI века. Материалы II Международной открытой сессии “Modus Academicus”*. Ульяновск, 1999. С. 256–262.
- Бондарцева М.А.* Исследования по микологии и фитопатологии в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН: итоги и перспективы // *Микология и криптогамная ботаника в России: традиции и современность. Сборник статей по материалам Международной научной конф., посвящ. 100-летию организации гербария грибов и спор. раст. в БИН им. В.Л. Комарова РАН. СПб., 2000. С. 5–20.*
- Бондарцева М.А., Крутов В.И., Лосицкая В.М., Кивиниеми С.Н., Руоколайнен А.В.* Заонежский полуостров. Афиллофоровые грибы (Aphyllophorales s. lato) // *Инвентаризация и изучение биологического разнообразия на территории Заонежского полуострова и Северного Приладожья*. Петрозаводск: КНЦ РАН, 2000. С. 117–123.
- Bondartseva M.A., Lositskaya V.M.* Clavarioid and cantharelloid fungi of Karelian Republic // *Микология и фитопатология*. 2000. Т. 34, вып. 3. С. 18–24.
- Бондарцева М.А.* Эколого-биологические закономерности функционирования ксилотрофных базидиомицетов в лесных экосистемах. // *Грибные сообщества лесных экосистем*. М.; Петрозаводск, 2000. С. 9–25.
- Бондарцева М.А., Крутов В.И., Лосицкая В.М.* Афиллофороидные грибы особо охраняемых природных территорий Республики Карелия // *Грибные сообщества лесных экосистем*. М.; Петрозаводск, 2000. С. 42–75.
- Bondartseva M.A., Lositskaya V.M., Zmitrovich I.V.* *Punctularia strigosozonata* (Punctulariaceae) in Europe // *Karstenia*. 2000. V. 40. P. 41–42.
- Bondartseva M., Krutov V., Lositskaya V.* Aphyllophorous fungi of pine forest in Kostomuksha area (Republic of Karelia) // *Biodiversity and conservation of Boreal Nature: Nature Reserve Friendship 10 years anniversary symposium (Kuhmo, Finland 16–19.10.2000). Abstracts*. Kuhmo, 2000. P. 7.
- Бондарцева М.А., Лосицкая В.М.* Международная конференция “Микология и криптогамная ботаника в России: традиции и современность”, посвященная столетию организации исследований по микологии и спорным растениям в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург, 24–28 апреля 2000 г.) // *Микология и фитопатология*. 2001. Т. 35, вып. 1. С. 68–72.
- Бондарцева М.А.* Красная книга природы Ленинградской области. Ч. 2. Растения и грибы. СПб.: Мир и Семья, 2000. С. 546–547, 568, 570–571, 574–596, 600–601, 622–624.
- Бондарцева М.А., Лосицкая В.М.* Международная конференция, посвященная столетию организации исследований по микологии и спорным растениям в России (“Микология и криптогамная ботаника в России: традиции и современность”: Санкт-Петербург, 24–28 апреля 2000 г.) // *Ботанический журнал*. 2001. Т. 86, № 5. С. 157–161.
- Бондарцева М.А.* Стратегии адаптации и функции афиллофороидных базидиомицетов в лесных экосистемах // *Купревские чтения*. Минск, Тэхналогія, 2001. С. 5–49.
- Бондарцева М.А., Крутов В.И., Лосицкая В.М., Яковлев Е.Б., Скороходова С.Б.* Грибы заповедника “Кивач” (аннотированный список видов). Москва, Гриф и К, 2001. 90 с.
- Bondartseva M., Lositskaya V., Hokkanen T.J., Krutov V.* Studies on aphyllophoraceous fungi in North Karelian biosphere reserve 1993–1996 // *Diversity studies in Koitajoki Area (North Karelian Biosphere Reserve, Ilomantsi, Finland). Nature protection Publications of the Finnish Forest and Park Service. Series A*. 2001. No 131. P. 91–111, 211–216; appendix 7.
- Крутов В.И., Бондарцева М.А., Лосицкая В.М.* Афиллофороидные грибы как показатель биологического разнообразия и индикаторы состояния лесных экосистем // *Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга: Тезисы докладов XI Межд. симп. по биоиндикаторам (Сыктывкар, 17–21 сентября 2001 г.)*. Сыктывкар, 2001. С. 93.
- Бондарцева М.А., Лосицкая В.М.* Афиллофоровые грибы в сосновых лесах территории Толвоярви // *Национальный парк “Койтайоки–Толвоярви”: предложения к организации*. Петрозаводск, 2001. С. 27.
- Бондарцева М.А., Крутов В.И., Лосицкая В.М.* Афиллофоровые грибы сосновых древостоев промышленной зоны города Костомукши // *Биоэкологические аспекты мониторинга лесных экосистем Северо-Запада России*. Петрозаводск, 2001. С. 224–232.

- Лосицкая В.М., Бондарцева М.А., Крутов В.И. Видовое разнообразие афиллофоровых грибов на разных стадиях сукцессии естественных лесов заповедника "Кивач" // Биоэкологические аспекты мониторинга лесных экосистем Северо-Запада России. Петрозаводск, 2001. С. 82–99.
- Бондарцева М.А. Адаптационные характеристики афиллофороидных грибов как показатель эволюционного уровня таксона // Современная микология в России: Первый съезд микологов. Тезисы докладов. М., 2002. С. 30.
- Bondartseva M.A. Phylogenetic significance of adaptive structures of macromycetes sporophores // 7 IMC Book of abstracts. The 7th International Mycological Congress. Oslo, 2002. P. 192.
- Бондарцева М.А. Адаптационные характеристики афиллофороидных грибов в эволюции и экологии группы: две стороны одного процесса // Материалы 5-й Международной конференции "Проблемы лесной фитопатологии и микологии" (7–10 октября 2002 года). Москва, 2002. С. 26–33.
- Коткова (Лосицкая) В.М., Бондарцева М.А., Крутов В.И. Афиллофороидные грибы в лесных экосистемах Карелии // Материалы 5-й Международной конференции "Проблемы лесной фитопатологии и микологии" (7–10 октября 2002 года). Москва, 2002. С. 136–139.
- Krutov V.I., Bondartseva M.A., Lositskaya V.M. Aphyllophoroid fungi // Natural complexes, flora and fauna of the proposed Kalevala National Park (ed. A.N. Gromtsev). Helsinki, 2002. P. 46–47, 69–70.
- Бондарцева М.А. Адаптогенез как основа экологической приуроченности афиллофороидных грибов // Ксилобиология и биологическое лесовоснование. Сб. посв. 100-летию со дня рождения д.с.-х.н., профессора А.Т. Вакина (1903–2003). СПб.: СПбГЛТА, 2003. С. 45–54.
- Bondartseva M.A., Kotkova V.M. Aphyllophoroid fungi from Tolvojärvi area (Karelian Republic) // Микология и фитопатология. 2003. Т. 37, вып. 4. С. 1–17.
- Коткова (Лосицкая) В.М., Бондарцева М.А., Крутов В.И. Флора и фауна наземных экосистем: характеристика и тенденции изменений. Афиллофороидные грибы // Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2003. С. 119–126.
- Kotkova (Lositskaya) V.M., Bondartseva M.A., Krutov V.I. Flora and fauna of terrestrial ecosystems: characteristics and variation trends. Aphyllophoroid fungi in forest ecosystems // Biotic diversity of Karelia: conditions of formation, communities and species. 2003. Petrozavodsk, KarSC RAS. P. 102–107.
- Bondartseva M., Krutov V., Lositskaya V. Aphyllophorous fungi in pine forests in Kostomuksha area, Republic of Karelia // Biodiversity and conservation of boreal nature. Proceedings of the 10 years anniversary symposium of the Nature Reserve Friendship. Vantaa, 2003. P. 164–169.
- Bondartseva M.A., Zmitrovich I.V. Aphyllophoroid fungi of Perm region // Микология и фитопатология. 2004. Т. 38, вып. 4. С. 1–12.
- Бондарцева М.А. Адаптация к субстрату как один из факторов эволюции афиллофороидных грибов // Грибные сообщества лесных экосистем. Материалы координационных исследований. Т. 2. М.; Петрозаводск, 2004. С. 9–20.
- Бондарцева М.А., Змитрович И.В. Красная книга природы Санкт-Петербурга. СПб.: Профессional, 2004. С. 546–547, 568, 570–571, 574–596, 600–601, 622–624.
- Бондарцева М.А. Аполлинарный Семенович Бондарцев. Очерк жизни и деятельности // Грибы в природных и антропогенных экосистемах. Труды международной конференции, посвященной 100-летию начала работы профессора А.С. Бондарцева в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН. Т. 1. СПб., 2005. С. 3–10.
- Bondartseva M.A. Adaptive structures of fungi as a key to the interpretation of their evolution and mechanisms of ecological and geographical distribution // XVII International Botanical Congress. Abstracts. Vienna, 2005. P. 65.
- Бондарцева М.А., Коткова В.М. Афиллофороидные грибы биосферного заповедника "Северная Карелия" // Новости систематики низших растений. 2005. Т. 38. С. 88–106.
- Бондарцева М.А. Морфологические структуры грибов как отражение адаптивной эволюции // Проблемы лесной фитопатологии и микологии. Материалы 6-й Международной конференции, 18–22 сентября 2005 г. Петрозаводск, 2005. С. 43–50.
- Коваленко А.Е., Бондарцева М.А., Каратыгин И.В., Мельник В.А., Новожиллов Ю.К., Попов Е.А., Пыстина К.А. Состояние изученности и оценка грибного разнообразия грибов и миксомицетов России // Грибы в природных и антропогенных экосистемах / Труды международной конф. посв. 100-летию начала работы проф. А.С. Бондарцева в БИН РАН. С. 267–270.
- Бондарцева М.А. Принципы выделения критериев при отборе охраняемых видов грибов // Проблемы Красных книг регионов России: Материалы межрегион. науч.-практ. конф. (30 ноября – 1 декабря 2006 г., Пермь). Пермь, 2006. С. 106–109.
- Коткова В.М., Бондарцева М.А. К микобиоте Муезерского района Республики Карелия // Новости систематики низших растений. 2006. Т. 39. С. 135–143.
- Бондарцева М.А. К семидесятилетию профессора Виктора Александровича Соловьева // Микология и фитопатология. 2007. Т. 41. Вып. 1. С. 104–109.
- Бондарцева М.А. Памяти Айна Густавовича Райтвийра (1938–2006 гг.) // Микология и фитопатология. 2007. Т. 41. Вып. 3. С. 290–293.
- Jiang J., Dou Y., Feng Y., Bondartseva M.A., Gao T., Chen F. The anti-tumor activity and MDR reversal properties of constituents from *Inonotus obliquus* (Pers.: Fr.) Pilát // Микология и фитопатология. 2007. Т. 41. Вып. 5. С. 455–460.
- Bondartseva M.A. Ecological aspect of the systematics of fungi // XV Congress of European Mycologists (St. Petersburg, Russia, 16–21 Sept. 2007). Abstracts. St. Petersburg, 2007. P. 31–32.
- Jiang J.H., Bondartseva M.A., Dou Y., Feng Y.J., Gao T.H., Chen F.M. Medicinal properties of *Inonotus obliquus* conks collected in China // XV Congress of European Mycologists (St. Petersburg, Russia, 16–21 Sept. 2007). Abstracts. St. Petersburg, 2007. P. 192–193.
- Бондарцева М.А., Коткова В.М. Исследования по биоте афиллофороидных грибов в таежных экосистемах Северо-Запада России // Лесобиологические исследования на Северо-Западе таежной зоны России: итоги и перспективы. Мат.-лы научн. конф. посв. 50-летию Ин-та леса КНЦ РАН (3–5 октября 2007 г.). Петрозаводск, 2007. С. 30–41.
- Переведенцева Л.Г., Бондарцева М.А., Кириллов Д.В. Агарикоидные и афиллофороидные базидиомицеты Кировской области // Флора Урала в пределах бывшей Пермской губернии и ее охрана. Материалы межрегиональной конференции, посвященной 140-летию со дня рождения П.В. Сюзева. Пермь, 2007. С. 94–102.
- Крутов В.И., Коткова В.М., Бондарцева М.А., Руколайнен А.В. Характеристика биоты афиллофороидных грибов

- биогеографических провинций Республики Карелия // Труды Карельского научного центра Российской Академии наук. Сер. Биогеография. 2008. Вып. 12. С. 93–102.
- Бондарцева М.А. Экоморфология грибов // Современная микология в России. Т. 2. Второй съезд микологов России. Тезисы докладов. М., 2008. С. 220–221.
- Крутов В.И., Коткова В.М., Бондарцева М.А., Руоколайнен А.В. Характеристика биоты афиллофороидных грибов флористических районов и биогеографических провинций Республики Карелия // Современная микология в России. Т. 2. Второй съезд микологов России. Тез. докладов. М., 2008. С. 73.
- Бондарцева М.А. Экоморфология базидиальных макромицетов // Высшие базидиальные грибы: индивидуумы, популяции, сообщества. Материалы юбилейной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения М.В. Горленко. М., 2008. С. 9–17.
- Бондарцева М.А., Змитрович И.В. *Hericium alpestre*, *Ganoderma lucidum*, *Sparassis crispa*, *Grifola frondosa*, *Melanoporia quercina*, *Polyporus umbellatus* // Красная книга России. М., 2008. С. 769–772, 776–780.
- Бондарцева М.А. К 80-летию профессора Эраста Пармasto // Микология и фитопатология. 2009. Т. 43. Вып. 2. С. 173–175.
- Бондарцева М.А. Экоморфы грибов: эволюция и конвергенция // Сборник материалов VII Международной конференции “Проблемы лесной фитопатологии и микологии” (Пермь, 7–13 сентября 2009 г.). Пермь, 2009. С. 28–32.
- Коткова В.М., Бондарцева М.А., Волобуев С.В. Первые сведения об афиллофоровых грибах национального парка “Орловское Полесье” // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2009. Вып. 15. С. 171–177.
- Волобуев С.В., Коткова В.М., Бондарцева М.А. Субстратная приуроченность афиллофоровых грибов в условиях Орловской области // Третьи чтения, посвященные памяти профессора Ефремова Степана Ивановича. Всероссийская конференция. Сборник статей “Современные аспекты структурно-функциональной биологии растений и грибов”. Орел: Орловский государственный университет, 2010. С. 200–205.
- Коткова В.М., Бондарцева М.А., Волобуев С.В. Афиллофоровые грибы национального парка “Орловское полесье” (Орловская область) // Микология и фитопатология. 2011. Т. 45. Вып. 1. С. 35–47.
- Bondartseva M.A. Ecological aspect in the systematics of fungi // *Mycosystema*. 2011. V. 30. N 6. P. 846–852.
- Бондарцева М.А., Волобуев С.В., Коткова В.М. Экологический аспект в географическом распространении афиллофороидных грибов // Биологическое разнообразие растительного мира Урала и сопредельных территорий. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Екатеринбург, 2012. С. 260–261.
- Коткова В.М., Крутов В.И., Бондарцева М.А. Изучение афиллофоровых грибов заповедника “Кивач” // Природные процессы и явления в уникальных условиях среднетаежного заповедника. Материалы научно-практической конференции, посвященной 80-летию ФГБУ Государственный природный заповедник “Кивач”. Петрозаводск, 2012. С. 41–47.
- Бондарцева М.А. Памяти профессора Эраста Пармasto (1928–2012) // Микология и фитопатология. 2012. Т. 46, вып. 5. С. 345–352.
- Бондарцева М.А. Особенности географии афиллофороидных грибов // Современная микология в России. 3 Съезд микологов России. Тезисы докладов. М., 2012. С. 143–144.
- Волобуев С.В., Бондарцева М.А. Афиллофоровые грибы (*Basidiomycetes*) лесного урочища “Головкина дубрава” (Орловская область) // Новости систематики низших растений. Т. 46. 2012. С. 85–91.
- Попов Е.С., Коваленко А.Е., Гапченко О.С., Колмаков П.Ю., Мельник В.А., Морозова О.В., Коткова В.М., Юрченко Е.О., Бондарцева М.А., Беломесяцева Д.Б., Шапорова Я.А., Шабашова Т.Г., Змитрович И.В., Шабунин Д.А. Микобиота Белорусско-Валдайского поозерья. М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. 399 с.
- Волобуев С.В., Коткова В.М., Бондарцева М.А. Новые сведения об афиллофороидных грибах национального парка “Орловское Полесье” (Орловская область) // Микология и фитопатология. 2013. Т. 47, вып. 5. С. 290–293.
- Стороженко В.Г., Крутов В.И., Руоколайнен А.В., Коткова В.М., Бондарцева М.А. Атлас-определитель дереворазрушающих грибов лесов Русской равнины. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 195 с.
- Бондарцева М.А., Коткова В.М., Змитрович И.В., Волобуев С.В. Афиллофороидные и гетеробазидиальные грибы Ботанического сада Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург) // Ботаника: история, теория, практика (к 300-летию основания Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской академии наук): Труды международной научной конференции. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2014. С. 23–30.
- Бондарцева М.А. Род *Botryobasidium* Donk в России // Современная микология в России. Т. 4. Материалы III Международного микологического форума. С. 138–139.
- Бондарцева М.А., Змитрович И.В. Рец.: Рюварден Л., Мело И. Пороидные грибы Европы (с фотографиями Т. Ниёмели и рисунками И. Мело и Т. Ниёмели). Осло: изд. “Fungiflora”, 2014. 455 с. (серия “Synopsis fungorum”. Вып. 31) // Микология и фитопатология. 2015. Т. 48, вып. 4. С. 262–264.
- Бондарцева М.А., Змитрович И.В. Ассоциация *Nuropocreopsis lichenoides* и грибов рода *Hymenochaete* // Материалы VII микологической школы-конференции с международным участием “Биотические связи грибов: мосты между царствами”. М.: ЗБС МГУ. С. 207–208.
- Бондарцева М.А. Становление и развитие микологии в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова Российской академии наук // Тезисы докладов III (XI) Международной Ботанической Конференции молодых ученых в Санкт-Петербурге 4–9 октября 2015 г. СПб., 2015. С. 13–17.
- Бондарцева М.А., Змитрович И.В., Макарова (Столярская) М.В., Калиновская Н.И., Малышева В.Ф., Мясников А.Г. Новые сведения о макромицетах Нижне-Свирского заповедника (Ленинградская область) // Новости систематики низших растений. 2015. Т. 49. С. 127–141.
- Змитрович И.В., Столярская М.В., Калиновская Н.И., Попов Е.С., Мясников А.Г., Морозова О.В., Волобуев С.В., Большаков С.Ю., Светашева Т.Ю., Бондарцева М.А., Коваленко А.Е. Макромицеты Нижне-Свирского заповедника (Аннотированный список видов). СПб.: ООО “Свое издательство”, 2015. 185 с.
- Бондарцева М.А., Змитрович И.В. К юбилею норвежского миколога Лейфа Рювардена // Микология и фитопатология. 2016. Т. 49, вып. 1. С. 70–72.

- Bondartseva M.A., Zmitrovich I.V., Zarudnaya G.I. New combination for the sterile form of *Neolentinus lepideus* (Agaricomycetes, Gloeophyllales) // Микология и фитопатология. 2016. Т. 50, вып. 3. С. 195–197.
- Бондарцева М.А., Змитрович И.В. Ассоциация *Hypocreopsis lichenoides* и *Hymenochaete tabacina* // Бюллетень МОИП. 2016. № 4. С. 67–72.
- Zmitrovich I.V., Bondartseva M.A., Vasilyev N.P. The Meruliaceae of Russia. 1. *Bjerkandera* // *Turczaninowia*. 2016. Т. 19, N 1. P. 5–18.
- Стороженко В.Г., Крутов В.И., Руоколайнен А.В., Коткова В.М., Бондарцева М.А. Атлас-определитель дереворазрушающих грибов лесов Русской равнины. Изд. 2-е. М., 2016. 198 с.
- Zmitrovich I.V., Bondartseva M.A., Sidelnikova M.V. Noteworthy polypores of Pushkin City near the Saint Petersburg (Russia), the reserve of old growth trees. 2. *Cerioporus varius* and *C. leptcephalus* // *Agriculture and Forestry. Podgorica*. 2016. V. 62, issue 4. P. 213–225.
- Змитрович И.В., Бондарцева М.А., Большаков С.Ю., Волобуев С.В., Калиновская Н.И., Мясников А.Г. Ревизия находок *Radulodon erikssonii* и *Radulomyces copelandii* в Ленинградской области и Санкт-Петербурге // Микология и фитопатология. 2017. Т. 51, вып. 2. С. 117–122.
- Zmitrovich I.V., Bondartseva M.A., Psurtseva N.V., Wasser S.P. Typification and characterization of *Trametes multicolor* (Agaricomycetes), a perspective species of medicinal mushrooms // *Int. J. Medicinal Mushrooms*. 2017. V. 19, N2. P. 137–144.
- Zmitrovich I.V., Volobuev S.V., Parmasto I.H., Bondartseva M.A. Rehabilitation of *Cerioporus* (Polyporus) *rangiferinus*, a sib of *Cerioporus squamosus* // *Nova Hedwigia*. 2017. V. 105. (3–4). P. 313–328.
- Змитрович И.В., Фирсов Г.А., Бондарцева М.А., Волобуев С.В., Большаков С.Ю. Базидиомицеты – возбудители хронических гнилей деревьев Ботанического сада Петра Великого Ботанического института имени В.Л. Комарова РАН: диагностика, биология, распределение по территории // *Hortus botanicus*. 2018. Т. 13. 2018–508. С. 137–159.
- Змитрович И.В., Бондарцева М.А., Фирсов Г.А., Калиновская Н.И., Мясников А.Г., Большаков С.Ю. Первая находка *Lentinellus vulpinus* (Agaricomycetes) в Санкт-Петербурге // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. 2018. Т. 123, вып. 4. С. 78–83.
- Змитрович И.В., Бондарцева М.А., Переведенцева Л.Г., Мясников А.Г., Коваленко А.Е. Грибы рода *Panus* (Polyporales) в России // Ботаника в современном мире. Труды XIV Съезда Русского ботанического общества и конференции “Ботаника в современном мире” (г. Махачкала, 18–23 июня 2018 г.). Т. 3: Споровые растения. Микология. Структурная ботаника. Физиология и биохимия растений. Эмбриология растений. Махачкала: АЛЕФ, 2018. С. 102–105.
- Бондарцева М.А., Змитрович И.В. Род *Botryobasidium* в России // Микология и фитопатология. 2018. Т. 52, № 4. С. 231–242.
- Бондарцева М.А., Змитрович И.В., Арефьев С.П., Ежов О.Н. Трутовый гриб *Funalia trogii* (Agaricomycetes) как перспективный объект биомедицинских исследований и его ресурсный потенциал // Успехи медицинской микологии. 2018. Т. 19. С. 111–118.
- Фирсов Г.А., Змитрович И.В., Бондарцева М.А., Большаков С.Ю., Волобуев С.В. Морозобоины деревьев и базидиомицеты – возбудители хронических гнилей в Ботаническом саду Петра Великого // *Hortus botanicus*. 2018. Т. 13. 2018–5042. С. 160–194.
- Zmitrovich I.V., Bondartseva M.A., Arefyev S.P., Ezhov O.N., Wasser S.P. Profiles of little-known medicinal polypores: *Funalia trogii* (Agaricomycetes) // *Int. J. Medicinal Mushrooms*. 2018. V. 20, N7. P. 657–664.
- Zmitrovich I.V., Bondartseva M.A., Perevedentseva L.G., Myasnikov A.G., Kovalenko A.E. The Meruliaceae of Russia. II. *Panus* // *Turczaninowia*. 2018. V. 21, N3. P. 29–44. 10. Doi 14258/turczaninowia.21.3.4
- Арефьев С.П., Бондарцева М.А., Змитрович И.В., Белова Н.В. Трутовый гриб *Haplororus odoratus* (Agaricomycetes) как перспективный объект биомедицинских исследований и его ресурсный потенциал // Успехи медицинской микологии. Т. 20. М.: Национальная академия микологии, 2019. С. 481–485.
- Змитрович И.В., Белова Н.В., Бондарцева М.А. Возможности и ограничения использования лекарственных грибов в терапии злокачественных новообразований // Успехи медицинской микологии. Т. 20. М.: Национальная академия микологии, 2019. С. 565–570.
- Zmitrovich I.V., Belova N.V., Balandaykin M.E., Bondartseva M.A., Wasser S.P. Cancer without pharmacological illusions and a niche for mycotherapy (Review) // *Int. J. Medicinal Mushrooms*. 2019. V. 21, N2. P. 105–119.
- Zmitrovich I.V., Arefyev S.P., Bondartseva M.A., Belova N.V., Khimich Yu.R., Isaeva L.G., Kapitonov V.I., Vlasenko V.A., Volobuev S.V., Ezhov O.N., Wasser S.P. Profiles of little-known medicinal polypores: *Haplororus odoratus* (Agaricomycetes) // *Int. J. Medicinal Mushrooms*. 2019. V. 21, N 8. P. 783–789.
- Zmitrovich I.V., Volobuev S.V., Dudka V.A., Zhukova E.A., Sidelnikova M.V., Bondartseva M.A. *Ganoderma applanatum* (Polyporales, Basidiomycota) at the Saint Petersburg area // *Mikologiya i fitopatologiya*. 2019. V. 53, N 6. P. 354–362.
- Zmitrovich I.V., Arefyev S.P., Bondartseva M.A., Wasser S.P. Professor Shu-Ting Chang, cancer mycotherapy and Le Chatelier principle // *Int. J. Medicinal Mushrooms*. 2020. V. 22, N 9. P. 835–844.
- Бондарцева М.А., Змитрович И.В. Род *Clavulina* (Cantharellales, Hydnaceae) России // Микология и фитопатология. 2020. Т. 54, № 6. С. 414–425.
- Бондарцева М.А., Змитрович И.В. Род *Sistotrema* (Cantharellales, Hydnaceae) России // Микология и фитопатология. 2020. Т. 54, № 1. С. 3–15.
- Бондарцева М.А., Змитрович И.В. Таксономическая и экологическая характеристика кантарелловых грибов (порядок Cantharellales) // Современная микология в России. 2020. Т. 8. С. 181–182.
- Денисова Н.П., Баландайкин М.Э., Белова Н.В., Бондарцева М.А., Змитрович И.В., Переведенцева Л.Г., Перельгин В.В., Яковлев Г.П. Роль российских исследователей в изучении грибного сырья чаги // Современная микология в России. 2020. Т. 8. С. 445–447.
- Змитрович И.В., Денисова Н.П., Баландайкин М.Э., Белова Н.В., Бондарцева М.А., Переведенцева Л.Г., Перельгин В.В., Яковлев Г.П. Чага и ее биоактивные комплексы: история и перспективы // *Формулы Фармации*. 2020. Т. 2, № 2. С. 84–93.
- Бондарцева М.А., Змитрович И.В. Род *Rhizoctonia* в России // Микология и фитопатология. 2021. Т. 55. № 6. С. 396–404.
- Бондарцева М.А., Змитрович И.В., Арефьев С.П., Капитонов В.И. К Юбилею Соломона Павловича Вассера // Микология и фитопатология. 2021. Т. 55. № 5. С. 382–384.

- Фирсов Г.А., Ярмишко В.Т., Змитрович И.В., Бондарцева М.А., Волобуев С.В., Дудка В.А. Морозобоины и патогенные ксилотрофные грибы в парке-дендрарии Ботанического сада Петра Великого. СПб.: Ладога, 2021. 304 с.
- Zmitrovich I.V., Bondartseva M.A., Arefyev S.P., Perehygin V.V. Professor Solomon P. Wasser and Medicinal Mushroom Science with a special attention to the problems of mycotherapy in oncology // *Int. J. Medicinal Mushrooms*. 2022. V. 24 (1). P. 13–26.
- Bondartseva M.A., Zmitrovich I.V. Order Cantharellales: taxonomic and ecological diversification // *Biology Bulletin Reviews*. 2023. V. 13. Suppl. 1. P. S1–S16.
- Vlasov D. Yu., Psurtseva N.V., Zmitrovich I.V., Sazanova K.V., Ezhov O.N., Bondartseva M.A. Occurrence and adaptive potential of indoor macrofungi // K.R. Sridhar, S.K. Desmukh (eds). *Ecology of macrofungi*. Boca Raton: CRC Press, 2023. P. 280–307.
- Zmitrovich I.V., Arefiev S.P., Kapitonov V.I., Shiryayev A.G., Radnadv K.R., Bondartseva M.A. Substrate ecology of wood-inhabiting basidiomycetes // K.R. Sridhar, S.K. Desmukh (eds). *Ecology of macrofungi*. Boca Raton: CRC Press, 2023. P. 179–221.
- Редколлегия журнала “Микология и фитопатология”,
коллеги, друзья, ученики