

УДК 582.28

МИКОБИОТА ВАЛЕЖНЫХ СТВОЛОВ *PICEA ABIES* (L.) H. KARST. В ЗАПОВЕДНИКЕ «КИВАЧ» (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МЕТАГЕНОМНОГО АНАЛИЗА)

А. Ю. Нуколова^{1*}, А. В. Кикеева¹, Е. В. Фомина¹, И. В. Ромашкин¹,
Л. Г. Данилов², А. М. Крышень¹

¹ Институт леса КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН» (ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910), *a.nukolova@yandex.ru

² Санкт-Петербургский государственный университет (Университетская наб., 7-9, Санкт-Петербург, Россия, 199034)

Представлены сведения о потенциальном, «скрытом» разнообразии микобиоты валежных стволов *P. abies* поздних классов разложения (III–V). Работа проведена в коренных малонарушенных ельниках черничных в среднетаежной подзоне тайги на территории государственного природного заповедника «Кивач» (Республика Карелия). В качестве объекта настоящего исследования выступает метабеном валежной древесины. Данные получены с применением технологий высокопроизводительного секвенирования (Next-Generation Sequencing – NGS). В сентябре 2023 г. отобрано 23 смешанных образца от 12 валежных стволов *P. abies* III–V классов разложения. Всего выявлена 3461 метабеномная операционная таксономическая единица (МОТЕ) грибов, на видовом уровне идентифицировано 80 % (2759). Это представители отделов Ascomycota (1638), Basidiomycota (805), Blastocladiomycota (9), Chytridiomycota (56), Cryptomycota (2), Microsporidia (47), Mucoromycota (133), Olpidiomycota (2) и Zoopagomycota (67). Таксономическая структура микобиоты Ascomycota и Basidiomycota представлена до рода. Состав микобиоты в образцах характеризуется высоким видовым разнообразием (индекс Шеннона 5,0–6,2), высокой равномерностью распределения (индекс Пилелоу 0,7–0,9) и низкими значениями меры доминантности (индекс Симпсона 0,004–0,2). Отмечено наличие 12 грибов и 5 лишайников (лихенизированных грибов), включенных в Красную книгу Республики Карелия. Впервые для данной территории идентифицированы *Ganoderma lucidum*, 3 лишенизированных гриба – *Cladonia strepsilis*, *Dolichousnea longissima*, *Gyalecta friesii*, а также один вид, нуждающийся в особом внимании к его состоянию в природной среде, – *Gyalecta truncigena*.

Ключевые слова: заповедник «Кивач»; микобиота; потенциальное биоразнообразие; охраняемые виды грибов и лишайников; метабеномное секвенирование; Республика Карелия

Для цитирования: Нуколова А. Ю., Кикеева А. В., Фомина Е. В., Ромашкин И. В., Данилов Л. Г., Крышень А. М. Микобиота валежных стволов *Picea abies* (L.) H. Karst. в заповеднике «Кивач» (по результатам метабеномного анализа) // Труды Карельского научного центра РАН. 2025. № 7. С. 59–75. doi: 10.17076/bg2093

Финансирование. Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (121061500082-2).

**A. Yu. Nukolova^{1*}, A. V. Kikeeva¹, E. V. Fomina¹, I. V. Romashkin¹,
L. G. Danilov², A. M. Kryshen¹. MYCOBIOTA OF FALLEN DEADWOOD
OF *PICEA ABIES* (L.) H. KARST. IN THE KIVACH NATURE RESERVE (BASED
ON METAGENOME ANALYSIS)**

¹Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
(11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia), *a.nukolova@yandex.ru

²St. Petersburg State University (7-9 Universitetskaya Nab., 199034 St. Petersburg, Russia)

The article presents information on the potential, “hidden” mycobiota diversity of fallen *P. abies* logs in advanced decay classes (III–V). The surveys were conducted in intact native bilberry spruce forests in the middle taiga subzone within the Kivach State Nature Reserve (Republic of Karelia). The object of the study is the metagenome of fallen deadwood. Data were obtained using high-throughput sequencing (next-generation sequencing, NGS). We collected 23 mixed samples from 12 fallen *P. abies* logs of 3–5th decay classes in September 2023. A total of 3461 metagenomic operational taxonomic units (mOTUs) of fungi were identified. Of these 80 % (2759 mOTUs) were identified to the species level according to NCBI: Ascomycota (1638), Basidiomycota (805), Blastocladiomycota (9), Chytridiomycota (56), Cryptomycota (2), Microsporidia (47), Mucoromycota (133), Olpidiomycota (2), and Zoopagomycota (67). The taxonomic structure of the mycobiota belonging to Ascomycota and Basidiomycota is represented down to the genus level. The composition of the mycobiota was characterized by high species diversity (Shannon index 5.0–6.2), high distribution uniformity (Pielou index 0.7–0.9) and low dominance measure values (Simpson index 0.004–0.2). The samples contained 12 fungal and 5 lichen species red-listed in the Republic of Karelia. The red-listed *Ganoderma lucidum* and 3 lichenized fungi – *Cladonia strepsilis*, *Dolichousnea longissima*, and *Gyalecta friesii*, as well as one species in need of special attention to its status in the natural environment – *Gyalecta truncigena*, were identified for the first time for this territory.

Keywords: Kivach Nature Reserve; mycobiota; potential biodiversity; protected fungal and lichen species; metagenomic sequencing; Republic of Karelia

For citation: Nukolova A. Yu., Kikeeva A. V., Fomina E. V., Romashkin I. V., Danilov L. G., Kryshen A. M. Mycobiota of fallen deadwood of *Picea abies* (L.) H. Karst. in the Kivach Nature Reserve (based on metagenome analysis). *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2025. No. 7. P. 59–75. doi: 10.17076/bg2093

Funding. The studies were funded from the federal budget through state assignment to KarRC RAS (121061500082-2).

Введение

Инвентаризация и анализ микобиоты территории государственного природного заповедника «Кивач» продолжаются с первой половины XX века. Первые сборы и описания датированы 1933 годом и принадлежат М. В. Фрейндлинг [Предтеченская, 2022]. В определении грибов принимали участие Р. А. Зингер, Т. Л. Николаева и Б. П. Васильков. В результате был опубликован перечень видов сумчатых, аффилофоровых и агариковых грибов, включающий 344 вида [Предтеченская, 2022]. В последующие годы исследованием разнообразия грибов (в основном макромицетов) занимались сотрудники Института леса Карельского филиала АН СССР, Института зоологии и ботаники АН Эстонской ССР, Московского лесотехнического института, заповедника «Кивач» [Бондарцева и др., 2001].

В 2001 году М. А. Бондарцева и соавторы обобщили все ранее опубликованные данные, включили собственные находки и выпустили аннотированный список грибов заповедника, который включает в себя 894 вида [Бондарцева и др., 2001]. До настоящего времени специалисты-микологи каждый сезон проводят исследования и определение видов грибов. В результате многолетней методичной работы список грибов территории заповедника постоянно дополняется [Коткова и др., 2006; Скороходова, 2013; Руоколайнен, Коткова, 2016; Ширяев, Руоколайнен, 2017; Коткова, Руоколайнен, 2021].

Несмотря на имеющиеся данные, биологическое разнообразие грибов на разлагающейся древесине полностью не выявлено. До недавнего времени изучение микоценоза ограничивалось методами учета плодовых тел грибов (спорокарпов). В случае, когда грибные

организмы не образуют характерных морфологических особенностей, позволяющих произвести их таксономическую идентификацию, или не являются культивируемыми, указанные методы малопродуктивны [Шорохова, 2020]. Возможность изучения некультивируемых микроорганизмов появилась только с внедрением молекулярно-генетических методов [Rondon et al., 1999]. Прорывом в молекулярно-генетических исследованиях микробных сообществ стало появление технологий высокопроизводительного секвенирования (Next-Generation Sequencing – NGS). Благодаря появлению молекулярных методов идентификации стали возможными секвенирование и баркодинг коллекций, а постоянная работа микологов способствует пополнению генетических баз данных (BOLD, GenBank, GBIF, PlutoF) новыми баркодами.

Молекулярные методы идентификации позволили установить, что большая часть грибов древесного детрита, не образующих плодовые тела, не может быть определена визуально [Kazartsev и et al., 2018]. В качестве объекта настоящего исследования выступает метагеном валежной древесины. Метагеном представляет собой набор геномов всех организмов, находящихся в образце среды, а также внеклеточную

ДНК-информацию о видах в сообществе. Присутствие ДНК вида в образце свидетельствует о его наличии, но не может дать представление о жизненной форме. Гриб может находиться в среде как в виде плодового тела, так и в виде мицелия и его фрагментов, спор, пропагул. В настоящей работе мы представляем сведения о потенциальном, «скрытом» разнообразии микобиоты валежных стволов *P. abies* поздних классов разложения. Это исследование значительно дополняет данные о разнообразии ксилофильных сообществ благодаря использованию метагеномного анализа.

Материалы и методы

Исследование проводили в подзоне средней тайги на территории государственного заповедника «Кивач» в сентябре 2023 года. В коренных малонарушенных ельниках черничных были отобраны 12 валежных стволов *Picea abies* (L.) Н. Karst. 3–5 классов разложения (табл. 1). Класс разложения валежных стволов определяли в соответствии с классификацией [Shorohova, Kapitsa, 2015] с дополнениями [Kikeeva et al., 2024]. От каждого валежного ствола было отобрано по два смешанных образца древесины

Таблица. 1. Координаты и основные характеристики валежных стволов *P. abies*
Table 1. Geographic coordinates and key characteristics of downed dead *P. abies* logs

№ валежного ствола Downed log No	Координаты Geographic coordinates	Класс разложения Downed log decay class	Тип гнили валежного ствола Downed log rotting types
1	62.28434 33.96877	3	Смешанный (коррозионный + деструктивный) Mixed (corrosive + destructive)
2	62.28451 33.96862	3	«
3	62.28275 33.97170	3	«
4	62.28723 33.95439	4	«
5	62.28720 33.95424	4	«
6	62.28593 33.95436	4	«
7	62.28532 33.96785	5a	«
8	62.28643 33.95775	5a	«
9	62.28281 33.97183	5a	Деструктивный Destructive
10	62.28559 33.95966	5б	«
11	62.28549 33.96013	5б	«
12	62.28334 33.97203	5б	«

из верхней трети заболонной части. Все образцы отбирали пинцетом, предварительно обработанным спиртом и пламенем спиртовки. Отобранные образцы помещались в криопробирки, транспортировались в сосуде Дьюара с жидким азотом. Метагеномное секвенирование проводилось на базе центра геномных технологий «Сербалаб» (г. Санкт-Петербург). Тотальную ДНК выделяли из образцов, подвергнутых гомогенизации в лизирующем растворе вместе с шариками. Затем экстрагировали ДНК методом сорбентной колонки (Qiagen, Germantown, MD, USA) в соответствии с рекомендациями производителя. Для подготовки метагеномных библиотек использовался набор MGIEasy FS DNA Library Prep Set (MGI, Китай). Секвенирование проводилось на секвенаторе DNBSEQ-G400 с длиной парноконцевых прочтений 100 п. н. Для определения таксономического разнообразия использовалась программа *kaiju* версии 1.10 с использованием специализированной базы данных [Menzel et al., 2016]. При формировании метагеномной операционной таксономической единицы (МОТЕ) использовался порог сходства последовательностей, равный 95 %.

Показатели видового разнообразия (индексы Шеннона, Пилоу, Симпсона) рассчитаны в соответствии с предложенными формулами [Городничев и др., 2019]. Встречаемость рассчитана как доля валежных стволов, на которых зарегистрирована МОТЕ. Для нуклеотидных последовательностей охраняемых видов грибов приведены количества прочтений (ридов) и рассчитанное на их основе относительное содержание ДНК (%) МОТЕ в образце. В среднем в одном образце валежной древесины среднее количество прочтений составляет $2458696,8 \pm 188867,8$, относительное содержание всех идентифицированных нуклеотидных последовательностей – $61,8 \pm 1,65$ %, относительное содержание ДНК грибов – $3,3 \pm 1,1$ %.

Результаты и обсуждение

Всего выявлена 3461 МОТЕ грибов, принадлежащих к 9 отделам, на уровне вида идентифицировано 80 % (2759) в соответствии с базой данных NCBI [Schoch et al., 2020] (обращение 2025 г.). Для подробного описания мы выбрали МОТЕ на уровне рода. Всего отмечено присутствие 2759 родов, из них 14 % встречены единично, 55 % – во всех 23 образцах.

Ниже приведен список таксонов из отделов Ascomycota (1638 МОТЕ на уровне вида) и Basidiomycota (805). Отдел Ascomycota представлен 21 классом, нуклеотидными последовательностями некультивируемых видов (*environmental*

samples) и видов с неопределенным таксономическим положением (*incertae sedis*). Самые многочисленные классы – Sordariomycetes (530), Eurotiomycetes (313), Dothideomycetes (246), Saccharomycetes (191), Leotiomyces (115) и Lecanoromycetes (132). Basidiomycota включает представителей 16 классов. Самый многочисленный класс – Agaricomycetes (637).

Отдел Ascomycota. Является самым многочисленным в царстве грибов, включает в себя более 64 тыс. видов [Kirk et al., 2008]. Представители отдела занимают почти все эколого-трофические группы, включая сапротрофов, паразитов животных и растений, а также микоризообразователей [Гарибова, Лекомцева, 2005]. Далее по тексту в скобках рядом с наименованием рода указано число выявленных МОТЕ на уровне вида.

Класс Arthoniomycetes. Порядок Arthoniales. Семейства: Arthoniaceae (*Arthonia* (6), *Arthothelium* (1)); Incertae sedis (*Phoebus* (1)); Chrysotrichaceae (*Chrysotrix* (1)); Lecanographaceae (*Alyxoria* (1)); Opegraphaceae (*Opegrapha* (1)); Roccellaceae (*Simonyella* (1)).

Класс Candelariomycetes. Порядок Candelariales. Семейства: Candelariaceae (*Candelaria* (1), *Candelina* (2)); Pycnoraaceae (*Pycnora* (1)).

Класс Coniocybomycetes. Порядок Coniocybales. Семейства: Coniocybaceae (*Chaenotheca* (2); *Sclerophora* (2)).

Класс Dothideomycetes. Порядок Acrospermales. Семейства: Acrospermaceae (*Gonatophragmium* (1), *Pseudovirgaria* (1)). Порядок Aulographales. Семейства: Aulographaceae (*Aulographum* (1), *Rhizodiscina* (1)). Порядок Botryosphaeriales. Семейства: Aplosporellaceae (*Aplosporella* (1)); Botryosphaeriaceae (*Botryosphaeria* (1), *Diplodia* (4), *Lasiodiplodia* (3), *Macrophomina* (1), *Neofusicoccum* (5), *Neoscytalidium* (1)), Phyllostictaceae (*Phyllosticta* (4)); Saccharataceae (*Saccharata* (1)). Порядок Capnodiales. Семейства: Capnodiaceae (*Polychaeton* (1)); Metacapnodiaceae (*Metacapnodium* (1)); Piedraiaceae (*Piedraia* (1)). Порядок Cladosporiales. Семейства: Cladosporiaceae (*Cladosporium* (7), *Rachicladosporium* (2)). Порядок Dothideales. Семейства: Dothioraceae (*Delphinella* (1), *Hormonema* (1), *Sydowia* (1)); Saccotrichaceae (*Aureobasidium* (18), *Kabatiella* (1)). Порядок Incertae sedis. Семейства: Coniosporiaceae (*Coniosporium* (1)); Incertae sedis (*Cryomyces* (1), *Peltaster* (1)); Pseudoperisporiaceae (*Lizonia* (1)); Zopfiaceae (*Zopfia* (1)). Порядок Eremomycetales. Семейства: Eremomycetaceae (*Eremomyces* (1)). Порядок Hysteriales. Семейства: Hysteriaceae (*Gloniopsis* (1), *Oedohysterium* (1)). Порядок Jahnulales. Семейства: Aliquandostipitaceae (*Aliquandostipite* (1), *Jahnula* (1)). Порядок Lineolales. Семейства: Lineolataceae (*Lineolata* (1)). Порядок Microthyriales. Семейства: Microthyriaceae (*Microthyrium* (1)). Порядок Mycosphaerellales.

Семейства: Dissoconiaceae (*Dissoconium* (1), *Ramichloridium* (1)); Mycosphaerellaceae (*Australosphaerella* (1), *Cercospora* (6), *Dothistroma* (1), *Exopassalora* (1), *Fulvia* (1), *Pantospora* (1), *Passalora* (1), *Pseudocercospora* (5), *Ragnhildiana* (1), *Ramularia* (3), *Sep-toria* (2), *Sphaerulina* (1), *Zasmidium* (2), *Zymoseptoria* (3)); Teratosphaeriaceae (*Acidomyces* (1), *Baudoinia* (1), *Friedmanniomyces* (2), *Hortaea* (1), *Neohortaea* (1), *Salinomyces* (1), *Suberoteratosphaeria* (1), *Tera-tosphaeria* (3)). Порядок Myriangiales. Семейства: Elsinoaceae (*Elsinoe* (5), *Sphaceloma* (1)); Myriangiaceae (*Myriangium* (1)). Порядок Mytilinidiales. Семейства: Argynneaceae (*Lepidopterella* (1)); Mytilinidiaceae (*Lophium* (1), *Mytilinidion* (1)). Порядок Patellariales. Семейства: Patellariaceae (*Patellaria* (1)). Порядок Phaeotrichales. Семейства: Phaeotrichaceae (*Trichodelitschia* (1)). Порядок Pleosporales. Семейства: Amniculicolaceae (*Amniculicola* (1)); Astrosphaeriellaceae (*Pithomyces* (1)); Coniothyriaceae (*Coniothyrium* (1)); Corynesporascaceae (*Corynespora* (1)); Cucurbitariaceae (*Cucurbitaria* (1), *Curreya* (1), *Neocucurbitaria* (1), *Pyrenochaeta* (3)); Delitschiaceae (*Delitschia* (2)); Diademaceae (*Clathrospora* (1)); Didymellaceae (*Clathrospora* (1), *Ascochyta* (5), *Boeremia* (1), *Didymella* (7), *Ectodidymella* (1), *Epicoccum* (1), *Macroventuria* (1), *Neodidymelliopsis* (1), *Phoma* (5), *Stagonosporopsis* (2)); Didymosphaeriaceae (*Bimuria* (1), *Didymosphaeria* (2), *Kalmusia* (1), *Karstenula* (1), *Paraphaeosphaeria* (2), *Pseudopithomyces* (1)); Dothidotthiaceae (*Dothidotthia* (1)); Lentitheciaceae (*Lentithecium* (1)); Leptosphaeriaceae (*Ampelomyces* (1), *Leptosphaeria* (2), *Plenodomus* (4)); Lindgomycetaceae (*Clohesyomyces* (1), *Lindgomyces* (1)); Lophiostomataceae (*Lophiostoma* (1)); Massarinaceae (*Byssothecium* (1), *Helminthosporium* (1), *Massarina* (2), *Stagonospora* (1)); Melanommataceae (*Melanomma* (2)); Periconiaceae (*Periconia* (2)); Phaeosphaeriaceae (*Ophiobolus* (1), *Paraphoma* (1), *Parastagonospora* (1), *Phaeosphaeria* (1), *Setomelanomma* (1)); Pleomassariaceae (*Pleomassaria* (1)); Pleosporaceae (*Alternaria* (34), *Bipolaris* (7), *Curvularia* (5), *Decorospora* (1), *Edenia* (1), *Exserohilum* (2), *Neocamarosporium* (1), *Pyrenophora* (5), *Stemphylium* (1)); Incertae sedis (*Aaosphaeria* (1), *Massariosphaeria* (1), *Wicklowia* (1)); Pyrenochaetopsidaceae (*Pyrenochaetopsis* (1)); Shiraiaceae (*Shiraia* (3)); Sporormiaceae (*Preussia* (2), *Sporormia* (1), *Westerdykella* (1)); Teichosporaceae (*Teichospora* (1)); Tetraplosphaeriaceae (*Polyplosphaeria* (1)); Torulaceae (*Dendryphion* (1)); Trematosphaeriaceae (*Trematosphaeria* (1)). Порядок Incertae sedis. Семейства: Gloniaceae (*Cenococcum* (1), *Glonium* (1)). Порядок Trypetheliales. Семейства: Trypetheliaceae (*Bathelium* (1), *Bogoriella* (1), *Viridothelium* (1)). Порядок Venturiales. Семейства: Cy-lindrosympodiaceae (*Tothia* (1)); Symproventuriaceae (*Scolecobasidium* (1), *Verruconis* (2)); Venturiaceae (*Venturia* (4)).

Класс Eurotiomycetes. Порядок Chaetothyriales. Семейства: Chaetothyriaceae (*Ceramothyrium* (1)); Coccodiniaceae (*Coccodinium* (1)); Cyphellophoraceae (*Cyphellophora* (1)); Herpotrichiellaceae (*Capronia* (2), *Cladophialophora* (5), *Exophiala* (13), *Fonsecaea* (5), *Phialophora* (5), *Rhinocladiella* (1)); Trichomeriaceae (*Arthrocladium* (1), *Knufia* (2)). Порядок Eurotiales. Семейства: Aspergillaceae (*Aspergillus* (104), *Evans-stolkia* (1), *Hamigera* (1), *Monascus* (3), *Penicilliopsis* (1), *Penicillium* (109), *Phialomyces* (1), *Xeromyces* (1)); Elaphomycetaceae (*Elaphomyces* (1)); Thermoascaceae (*Paecilomyces* (5), *Thermoascus* (2)); Trichocomaceae (*Rasamsonia* (1), *Talaromyces* (18), *Thermomyces* (2)). Порядок Мусокалицiales. Семейства: Мусокалицiaceae (*Mycocalicium* (1)). Порядок Onygenales. Ajellomycetaceae (*Blastomyces* (5), *Emergomycetes* (2), *Emmonsia* (1), *Helicocarpus* (1), *Histoplasma* (3)); Arthrodermataceae (*Arthroderma* (2), *Epidermophyton* (1), *Microsporum* (1), *Nannizzia* (2), *Trichophyton* (9)); Ascosphaeraceae (*Ascosphaera* (6)); Malbrancheaceae (*Malbranchea* (2)); Onygenaceae (*Coccidioides* (2), *Onygena* (1), *Ophidiomyces* (1), *Uncinocarpus* (1)); Incertae sedis (*Emydomyces* (1), *Lacazia* (1), *Paracoccidioides* (2), *Polytolypa* (1)). Порядок Phaeomoniellales. Семейства: Phaeomoniellaceae (*Phaeomoniella* (1)). Порядок Pyrenulales. Семейства: Pyrenulaceae (*Anthracothe-cium* (1), *Pyrgillus* (1)). Порядок Verrucariales. Семейства: Verrucariaceae (*Bagliettoa* (1), *Dermatocarpon* (2), *Endocarpon* (1), *Polyblastia* (1), *Wahlenbergiella* (1)).

Класс Geoglossomycetes. Порядок Geoglossales. Семейства: Geoglossaceae (*Geoglossum* (2), *Glutinoglossum* (1), *Trichoglossum* (1)).

Класс Lecanoromycetes. Порядок Acarosporales. Семейства: Acarosporaceae (*Caeruleum* (1), *Pleop-sidium* (2)). Порядок Ваеомыцеталес. Семейства: Ваеомыцетaceae (*Ваеомыces* (1)). Порядок Caliciales. Семейства: Physciaceae (*Heterodermia* (2), *Phaeophyscia* (1), *Physcia* (1)). Порядок Lecanorales. Семейства: Cladoniaceae (*Cladia* (1), *Cladonia* (2), *Pilophorus* (1)); Lecanoraceae (*Lecanora* (6), *Rhizoplaca* (1)); Mycoblastaceae (*Mycoblastus* (1)); Parmeliaceae (*Alectoria* (1), *Bryoria* (1), *Cetraria* (1), *Dolichousnea* (1), *Hypogymnia* (2), *Imshaugia* (1), *Letharia* (2), *Myelochroa* (1), *Nephromopsis* (1), *Parmotrema* (3), *Pseudevernia* (1), *Usnea* (4), *Xanthoparmelia* (3)); Ramalinaceae (*Bacidia* (3), *Biatra* (1), *Phyllopsora* (1), *Ramalina* (4)); Stereocaulaceae (*Lepraria* (5), *Stereocaulon* (1)). Порядок Incertae sedis. Семейства: Incertae sedis (*Piccolia* (1)); Phlyctidaceae (*Phlyctis* (2)). Порядок Ostropales. Семейства: Graphidaceae (*Acanthothecis* (1), *Chroodiscus* (1), *Diploschistes* (1), *Gomphillus* (1), *Graphis* (2), *Gyalidea* (1), *Gyalideopsis* (1), *Nadvornikia* (1), *Ocellularia* (1)); Gyalectaceae (*Gyalecta* (2)); Incertae sedis (*Elongaticonidia* (1)); Porinaceae (*Porina* (2)); Stictidaceae (*Absconditella* (1), *Stictis* (1)). Порядок Peltigerales. Семейства: Coccocarpiaceae (*Coccocarpia* (2)); Collemataceae (*Leptogium* (3));

Lobariaceae (*Lobaria* (1), *Lobariella* (1), *Ricasolia* (1)); Peltigeraceae (*Peltigera* (4), *Solorina* (1)). Порядок Pertusariales. Семейства: Icmadophilaceae (*Dibaeis* (1), *Icmadophila* (1), *Knightiella* (1)); Megasporaceae (*Aspicilia* (1)); Pertusariaceae (*Lepra* (3), *Pertusaria* (6)). Порядок Teloschistales. Семейства: Letrouitiaceae (*Letrouitia* (2)); Teloschistaceae (*Caloplaca* (4), *Flavoplaca* (1), *Gyalolechia* (1), *Niorma* (1), *Phaeoplaca* (1), *Seiophora* (2), *Teloschistes* (2), *Usnochroma* (1), *Variospora* (1), *Xanthomendoza* (1), *Xanthoria* (6)). Порядок Trapeliales. Семейства: Trapeliaceae (*Placopsis* (1), *Trapelia* (1)). Порядок Umbilicariales. Семейства: Umbilicariaceae (*Lasallia* (1), *Umbilicaria* (2), *Xylopsora* (1)).

Класс Leotiomycetes. Порядок Chaetomellales. Семейства: Chaetomellaceae (*Xeropilidium* (1)); Marthamycetaceae (*Propolis* (1)). Порядок Erysiphales. Семейства: Erysiphaceae (*Blumeria* (2), *Erysiphe* (4), *Golovinomyces* (3), *Leveillula* (1), *Oidium* (1), *Podospheera* (3)). Порядок Helotiales. Семейства: Amorphythaceae (*Amorphytheca* (1)); Cenangiaceae (*Cenangium* (1), *Sarcotrochila* (1)); Chlorociboriaceae (*Chlorociboria* (1)); Dermateaceae (*Coleophoma* (3), *Cryptosporiopsis* (2), *Marssonina* (1), *Pezicula* (2), *Pseudofabraea* (1)); Discinellaceae (*Varicosporium* (1)); Drepanopezizaceae (*Diplocarpon* (2), *Drepanopeziza* (1)); Gelatinodiscaceae (*Ascocoryne* (2)); Hamatocanthoscyphaceae (*Stipitochalara* (1)); Helotiaceae (*Bisporella* (1), *Glarea* (1), *Hymenoscyphus* (3)); Incertae sedis (*Amylocarpus* (1), *Cairneyella* (1), *Humicolopsis* (1), *Rhexocercosporidium* (1)); Hyaloscyphaceae (*Hyaloscypha* (6), *Resinoscypha* (1)); Hyphodiscaceae (*Gamarada* (1), *Hyphodiscus* (1)); Lachnaceae (*Lachnellula* (7), *Lachnum* (1)); Leptodontidiaceae (*Leptodontidium* (2)); Mollisiaceae (*Acephala* (2), *Mollisia* (1), *Phialocephala* (2)); Pezizellaceae (*Calycina* (1)); Pleuroascaceae (*Venustampulla* (1), *Cadophora* (4)); Ploettnerulaceae (*Oculimacula* (1), *Rhynchobrunnera* (1), *Rhynchosporium* (3)); Rutstroemiaceae (*Clarireedia* (1), *Rutstroemia* (3)); Sclerotiniaceae (*Botryotinia* (4), *Botrytis* (13), *Ciborinia* (1), *Monilinia* (4), *Scleromitula* (1), *Sclerotinia* (4), *Stromatinia* (1)); Tricladaceae (*Cudoniella* (1), *Halenospora* (1)). Порядок Leotiales. Семейства: Leotiaceae (*Alatospora* (1), *Flagellospora* (1), *Leotia* (1)); Tympanidaceae (*Claussenomyces* (1)). Порядок Incertae sedis. Семейства: Мухотрихaceae (*Мухотрихум* (1), *Oidiodendron* (1)); Pseudeurotiaceae (*Gymnostellatospora* (1), *Pseudogymnoascus* (22)); Incertae sedis (*Scytalidium* (4), *Xylogone* (1)). Порядок Lichinodiales. Семейства: Lichinodiaceae (*Lichinodium* (1)). Порядок Micraspidales. Семейства: Micraspidaceae (*Micraspis* (1)). Порядок Rhytismatales. Семейства: Cudoniaceae (*Spathularia* (1)); Rhytismataceae (*Hypoderma* (1), *Lophodermium* (1)). Порядок Thelebolales. Семейства: Thelebolaceae (*Antarctomyces* (2)).

Класс Lichinomycetes. Порядок Lichinales. Семейства: Lichinaceae (*Lempholemma* (1), *Lichina* (1), *Phylliscum* (1), *Watsoniomyces* (1)); Peltulaceae (*Peltula* (2)).

Класс Orbiliomycetes. Порядок Orbiliales. Семейства: Orbiliaceae (*Arthrobotrys* (3), *Dactylella* (3), *Dactylellina* (2), *Drechslerella* (3), *Orbilia* (3)).

Класс Pezizomycetes. Порядок Pezizales. Семейства: Ascobolaceae (*Ascobolus* (1)); Ascodesmidaceae (*Ascodesmis* (1)); Chorioactidaceae (*Wolfina* (1)); Discinaceae (*Gyromitra* (1), *Hydnotrya* (1)); Geomoriaceae (*Geomorium* (1)); Morchellaceae (*Morchella* (6)); Pezizaceae (*Kalaharituber* (1), *Peziza* (1), *Terfezia* (2), *Tirmania* (1)); Pyronemataceae (*Geopyxis* (1), *Octospora* (1), *Otidea* (1), *Pulvinula* (1), *Pyronema* (2), *Scutellinia* (1), *Sphaerosporella* (1), *Tricharina* (1), *Trichophaea* (1), *Wilcoxina* (1)); Rhizinaceae (*Psilopezia* (1)); Sarcoscyphaceae (*Cookeina* (1), *Phillipsia* (1)); Sarcosomataceae (*Urnula* (1)); Tuberaceae (*Choiromyces* (1), *Tuber* (10)).

Класс Incertae sedis. Порядок Incertae sedis. Семейства: Incertae sedis (*Patellina* (1), *Trizodia* (1)); Thelocarpaceae (*Sarcosagium* (1)). Порядок Cantharellales. Семейства: Ceratobasidiaceae (*Slafractonia* (1)). Порядок Thelocarpaceae. Семейства: Thelocarpaceae (*Thelocarpon* (2)). Порядок Vezdaeales. Семейства: Vezdaeaceae (*Vezdaea* (2)).

Класс Sareomycetes. Порядок Sareales. Семейства: Zythiaceae (*Sarea* (1)).

Класс Sordariomycetes. Порядок Calosphaeriales. Семейства: Pleurostomataceae (*Pleurostoma* (1)). Порядок Chaetosphaeriales. Семейства: Chaetosphaeriaceae (*Chloridium* (1), *Menisporopsis* (1), *Thozetella* (1)). Порядок Coniochaetales. Семейства: Coniochaetaceae (*Coniochaeta* (5)). Порядок Coronophorales. Семейства: Ceratostomataceae (*Melanospora* (1)). Порядок Diaporthales. Семейства: Cryphonectriaceae (*Chrysosporthe* (2), *Cryphonectria* (1), *Holocryphia* (1)); Diaporthaceae (*Diaportha* (14)); Gnomoniaceae (*Gnomoniopsis* (2), *Ophiognomonia* (1)); Juglanconidaceae (*Juglanconis* (3)); Melanconiellaceae (*Tubakia* (1)); Schizoparmaceae (*Coniella* (1)); Valsaceae (*Cytospora* (1), *Valsa* (3)). Порядок Glomerellales. Семейства: Glomerellaceae (*Colletotrichum* (60)); Plectosphaerellaceae (*Acrostalagmus* (1), *Plectosphaerella* (3), *Sodiomyces* (2), *Verticillium* (4)); Reticulascaceae (*Reticulascus* (1)). Порядок Нуроcreales. Семейства: Bionectriaceae (*Acremonium* (7), *Clonostachys* (6), *Emericellopsis* (3), *Geosmithia* (1)); Calcarisporiaceae (*Calcarisporium* (1), *Kallichroma* (1)); Clavicipitaceae (*Aciculosporium* (1), *Aschersonia* (1), *Claviceps* (30), *Epichloe* (8), *Hypocrella* (1), *Metarhizium* (11), *Moelleriella* (1), *Neotyphodium* (2), *Orbiocrella* (1), *Pochonia* (1), *Ustilaginoidea* (2)); Cordycipitaceae (*Akanthomyces* (3), *Beauveria* (6), *Cordyceps* (9), *Lecanicillium* (3), *Parengyodontium* (1), *Simplicillium* (1)); Hypocreaceae (*Cladobotryum* (2), *Escovopsis* (1), *Hypomyces* (3)); Incertae sedis (*Cephalosporium* (2), *Hapsidospora* (1), *Trichothecium* (1));

Nectriaceae (*Aphanocladium* (1), *Calonectria* (3), *Corallomycetella* (1), *Cylindrocladiella* (2), *Cylindrodendrum* (1), *Dactylonectria* (3), *Fusarium* (101), *Gliocladiopsis* (1), *Ilyonectria* (4), *Mariannaea* (1), *Nectria* (3), *Neonectria* (1), *Stylonectria* (1), *Thelonectria* (1), *Xenocylindrocladium* (1)); Ophiocordycipitaceae (*Drechmeria* (1), *Hirsutella* (4), *Ophiocordyceps* (14), *Parasaria* (3), *Pleurocordyceps* (2), *Purpureocillium* (3), *Tolypocladium* (8)); Sarocladiaceae (*Sarocladium* (2)); Stachybotryaceae (*Albifimbria* (1), *Memnoniella* (1), *Myrothecium* (2), *Paramyrothecium* (2), *Stachybotrys* (4), *Xepicula* (1)). Порядок Lulworthiales. Семейства: Lulworthiaceae (*Zalerion* (1)). Порядок Magnaporthales. Семейства: Magnaporthaceae (*Gaeumannomyces* (1), *Magnaporthiopsis* (1), *Mycoleptodiscus* (1)); Pyriculariaceae (*Pyricularia* (4)). Порядок Microascales. Семейства: Ceratocystidaceae (*Berkeleyomyces* (1), *Ceratocystis* (5), *Endoconidiophora* (1), *Thielaviopsis* (3)); Microascaleae (*Cephalotrichum* (1), *Lomentospora* (1), *Parascenedosporium* (1), *Scedosporium* (3), *Scopulariopsis* (1)). Порядок Ophiostomatales. Семейства: Ophiostomataceae (*Ceratocystiopsis* (1), *Esteya* (1), *Grosmannia* (2), *Leptographium* (5), *Ophiostoma* (7), *Sporothrix* (7)). Порядок Pleurotheciales. Семейства: Pleurotheciaceae (*Sterigmatobotrys* (1)). Порядок Savoryellales. Семейства: Savoryellaceae (*Savoryella* (1)). Порядок Sordariales. Семейства: Chaetomiaceae (*Amesia* (1), *Arcopilus* (1), *Botryotrichum* (1), *Chaetomium* (5), *Collariella* (1), *Florepilus* (1), *Humicola* (1), *Ovatospora* (1), *Pseudothielavia* (1), *Staphylotrichum* (1), *Thermochaetoides* (2), *Thermothelomyces* (1), *Thermothielavioides* (1), *Thielavia* (1), *Trichocladium* (1)); Helminthosphaeriaceae (*Diplococcium* (1)); Lasiosphaeriaceae (*Diffractella* (1)); Podosporaceae (*Podospora* (4)); Schizotheciaceae (*Schizothecium* (1)); Sordariaceae (*Neurospora* (7), *Sordaria* (3)). Порядок Incertae sedis. Семейства: Incertae sedis (*Madurella* (1)); Thyridiaceae (*Thyridium* (1)). Порядок Cordanales. Семейства: Cordanaceae (*Cordana* (1)). Порядок Distoseptisporales. Семейства: Distoseptisporaceae (*Distoseptispora* (1)). Порядок Togniniales. Семейства: Togniniaceae (*Phaeoacremonium* (2)). Порядок Xylariales. Семейства: Apiosporaceae (*Apiospora* (3)); Diatrypaceae (*Cryptovalsa* (1), *Eutypa* (1), *Monosporascus* (9), *Paraeutypella* (1), *Peroneutypa* (1)); Hypoxylaceae (*Annulohypoxylon* (6), *Daldinia* (10), *Hypomontagnella* (2), *Hypoxylon* (18), *Jackrogersella* (1), *Pyrenopolyporus* (1), *Rostrophoxylon* (1)); Microdochiaceae (*Microdochium* (3)); Pseudomassariaceae (*Pseudomassariella* (1)); Requienellaceae (*Acrocordiella* (1)); Sporocadaceae (*Neopestalotiopsis* (3), *Pestalotiopsis* (8), *Truncatella* (1)); Xylariaceae (*Astrocystis* (1), *Biscogniauxia* (4), *Camillea* (1), *Durotheca* (1), *Halorosellinia* (1), *Nemania* (7), *Poronia* (1), *Rosellinia* (2), *Ustulina* (1), *Whalleya* (1), *Xylaria* (29)); Xyladietiochaetaceae (*Brachiampulla* (1)).

Порядок Incertae sedis. Семейства: Neoarthrinaceae (*Neoarthrimum* (1)).

Класс Xylobotryomycetes. Порядок Xylobotryales. Семейства: Cirrosporiaceae (*Cirrosporium* (1)).

Класс Xylonomycetes. Порядок Xylonales. Семейства: Xylonaceae (*Xylona* (1)).

Класс Saccharomycetes. Порядок Saccharomycetales. Семейства: Ascoideaceae (*Ascoidea* (1)); Debaryomycetaceae (*Babjeviella* (1), *Candida* (25), *Debaryomyces* (4), *Hyphopichia* (1), *Kodamaea* (1), *Kurtzmaniella* (1), *Lodderomyces* (1), *Meyerozyma* (2), *Millerozyma* (2), *Priceomyces* (1), *Scheffersomyces* (3), *Schwanniomyces* (2), *Spathaspora* (6), *Suomyces* (1), *Yamadazyma* (2)); Dipodascaceae (*Dipodascus* (1), *Galactomyces* (1), *Geotrichum* (3), *Magnusiomyces* (2), *Saprochaete* (3), *Yarrowia* (7)); Lipomycetaceae (*Dipodascopsis* (1), *Kockiozyma* (1), *Lipomyces* (4)); Metschnikowiaceae (*Clavispora* (1), *Metschnikowia* (12)); Phaffomycetaceae (*Barnettozyma* (2), *Cyberlindnera* (6), *Komagataella* (3), *Starmera* (1), *Wickerhamomyces* (6)); Pichiaceae (*Brettanomyces* (4), *Ogataea* (11), *Pichia* (5), *Saturnispora* (1)); Saccharomycetaceae (*Eremothecium* (5), *Kazachstania* (9), *Kluveromyces* (4), *Kuraishia* (1), *Lachancea* (10), *Nakaseomyces* (4), *Naumovozyma* (2), *Pachysolen* (1), *Saccharomyces* (11), *Tetrapisispora* (2), *Torulaspora* (4), *Vanderwaltozyma* (1), *Zygosaccharomyces* (4), *Zygotorulaspora* (1)); Incertae sedis (*Diutina* (1), *Nadsonia* (1), *Nakazawaea* (1), *Peterozyma* (1), *Starmerella* (3)); Saccharomycodaceae (*Hanseniaspora* (5), *Saccharomycodes* (1)); Saccharomycopsidaceae (*Saccharomycopsis* (1)); Trichomonascaceae (*Blastobotrys* (2), *Diddensella* (2), *Groenewaldozyma* (1), *Sugiyamaella* (4), *Trichomonascus* (2), *Wickerhamiella* (3)); Trigonopsidaceae (*Tortispora* (1)).

Класс Archaeorhizomycetes. Порядок Archaeorhizomycetales. Семейства: Archaeorhizomycetaceae (*Archaeorhizomyces* (2)).

Класс Neoelectromycetes. Порядок Neoelectales. Семейства: Neoelectaceae (*Neoelecta* (1)).

Класс Pneumocystidomycetes. Порядок Pneumocystidales. Семейства: Pneumocystidaceae (*Pneumocystis* (9)).

Класс Schizosaccharomycetes. Порядок Schizosaccharomycetales. Семейства: Schizosaccharomycetaceae (*Schizosaccharomyces* (5)).

Класс Taphrinomycetes. Порядок Taphrinales. Семейства: Protomycetaceae (*Protomyces* (1)); Taphrinaceae (*Taphrina* (2)).

Отдел Basidiomycota. По данным научного издания «Словарь грибов Эйнсворта и Бисби» [Kirk et al., 2008], отдел включает более 30 тыс. видов, среди которых сапротрофные, ксилотрофные, микоризообразующие и паразитические организмы [Гарибова, Лекомцева, 2005].

Класс Agaricomycetes. Порядок Agaricales. Семейства: Agaricaceae (*Agaricus* (4), *Coprinus* (1), *Lacrymaria* (1), *Lepiota* (1), *Leucoagaricus* (4), *Leucocoprinus* (1), *Macrolepiota* (1), *Tulostoma* (1)); Incertae sedis (*Dendrothele* (1), *Infundibulicybe* (1)); Amanitaceae (*Amanita* (20)); Bolbitiaceae (*Conocybe* (1), *Cyclocybe* (1)); Callistosporiaceae (*Callistosporium* (1), *Macrocybe* (1)); Clavariaceae (*Clavaria* (3), *Clavulinopsis* (1), *Ramariopsis* (1)); Clitocybaceae (*Clitocybe* (1), *Lepista* (4)); Cortinariaceae (*Calonarius* (2), *Cortinarius* (15), *Phlegmacium* (1), *Quadrисpora* (1), *Thaxterogaster* (3)); Crassisporiaceae (*Crassisporium* (1)); Crepidotaceae (*Crepidotus* (2)); Cyphellaceae (*Chondrostereum* (1)); Entolomataceae (*Clitopilopsis* (1), *Clitopilus* (1), *Entoloma* (1)); Fistulinaceae (*Fistulina* (1)); Galeropsidaceae (*Panaeolus* (2)); Hydnangiaceae (*Laccaria* (2)); Hygrophoraceae (*Ampulloclitocybe* (1), *Chrysomphalina* (2), *Hygrocybe* (1), *Hygrophorus* (3), *Spodocybe* (1)); Hymenogastraceae (*Alnicola* (1), *Gymnopilus* (3), *Hebeloma* (3), *Phaeocollybia* (1)); Inocybaceae (*Inocybe* (2), *Pseudosperma* (1)); Lycoperdaceae (*Apioperdon* (1)); Lyophyllaceae (*Arthromyces* (2), *Asterophora* (1), *Blastosporella* (1), *Calocybe* (3), *Hypsizygus* (1), *Lyophyllum* (4), *Myochromella* (1), *Ossicaulis* (1), *Sphagnurus* (1), *Tephrocybe* (3), *Termitomyces* (23), *Tricholomella* (1)); Marasmiaceae (*Marasmius* (5), *Moniliophthora* (2), *Paramarasmius* (1), *Tetrapyrgos* (1)); Mycenaceae (*Mycena* (31), *Panellus* (1), *Roridomyces* (1)); Nidulariaceae (*Crucibulum* (1), *Cyathus* (5), *Nidula* (1)); Omphalotaceae (*Collybiopsis* (2), *Gymnopus* (1), *Lentinula* (7), *Marasmiellus* (1), *Mycetinis* (1), *Neonothopanus* (1), *Omphalotus* (3), *Rhodocollybia* (1)); Physalacriaceae (*Armillaria* (7), *Cylindrobasidium* (1), *Desarmillaria* (1), *Flammulina* (2), *Guyanagaster* (1), *Hymenopellis* (1), *Mucidula* (1), *Strobilurus* (2), *Xerula* (1)); Pleurotaceae (*Hohenbuehelia* (1), *Pleurotopsis* (1), *Pleurotus* (17)); Pluteaceae (*Pluteus* (2), *Volvariella* (1)); Psathyrellaceae (*Candolleomyces* (3), *Coprinellus* (3), *Coprinopsis* (4), *Psathyrella* (2), *Tulosesus* (1)); Pseudoclitocybaceae (*Musumecia* (1)); Pterulaceae (*Pterula* (1)); Schizophyllaceae (*Auriculariopsis* (1), *Schizophyllum* (1)); Stephanosporaceae (*Cristinia* (1)); Strophariaceae (*Agrocybe* (3), *Deconica* (1), *Flammula* (1), *Galerina* (3), *Hypholoma* (3), *Pholiota* (5), *Psilocybe* (3), *Stropharia* (2)); Tricholomataceae (*Flagelloscypha* (1), *Pseudotricholoma* (1), *Tricholoma* (21)). Порядок Amylocorticiales. Семейства: Typhulaceae (*Typhula* (1)); Amylocorticaceae (*Plicaturopsis* (1), *Podoserpula* (2)). Порядок Atheliales. Семейства: Atheliaceae (*Amphinema* (1), *Athelia* (4), *Fibularhizoctonia* (1), *Piloderma* (1), *Tylospora* (1)). Порядок Auriculariales. Семейства: Apogriaceae (*Elmerina* (1)); Auriculariaceae (*Auricularia* (7)); Incertae sedis (*Pseudohydnum* (1)); Exidiaceae (*Basidiodendron* (2), *Exidia* (3)). Порядок Boletales. Astraeaceae (*Astraeus* (1)); Boletaceae (*Afroboletus* (1), *Aureoboletus* (2), *Austroboletus* (1), *Boletellus*

(3), *Boletus* (5), *Butyriboletus* (1), *Chalciporus* (2), *Chiuia* (1), *Cyanoboletus* (1), *Exsudoporus* (1), *Imleria* (2), *Lanmaoa* (1), *Leccinum* (1), *Pulveroboletus* (1), *Rossbeevera* (1), *Strobilomyces* (4), *Tylopilus* (5), *Xerocomus* (2)); Incertae sedis (*Leucogyrophana* (1)); Boletinellaceae (*Phlebopus* (2)); Calostomataceae (*Calostoma* (1)); Coniophoraceae (*Coniophora* (1)); Gomphidiaceae (*Chroogomphus* (1), *Gomphidius* (1)); Gyrodontaceae (*Gyrodon* (1)); Gyroporaceae (*Gyroporus* (3)); Hygrophoropsidaceae (*Hygrophoropsis* (1)); Melanogastraceae (*Melanogaster* (1)); Paxillaceae (*Hydnomerulius* (1), *Paxillus* (3)); Pisolithaceae (*Pisolithus* (9)); Rhizopogonaceae (*Rhizopogon* (4)); Sclerodermataceae (*Scleroderma* (3)); Serpulaceae (*Serpula* (1)); Suillaceae (*Suillus* (25)); Tapinellaceae (*Tapinella* (2)). Порядок Cantharellales. Семейства: Botryobasidiaceae (*Botryobasidium* (2), *Botryohypochnus* (1)); Cantharellaceae (*Cantharellus* (6)); Ceratobasidiaceae (*Ceratobasidium* (12), *Rhizoctonia* (3), *Thanatephorus* (1)); Hydnaceae (*Clavulina* (3), *Hydnum* (1)); Tulasnellaceae (*Tulasnella* (13)). Порядок Corticiales. Семейства: Corticiaceae (*Candelabrochaete* (1), *Corticium* (1), *Limonomyces* (1), *Pulcherricium* (1), *Sistotrema* (2)); Punctulariaceae (*Dendrocorticium* (1), *Punctularia* (1)). Порядок Geastrales. Семейства: Geastraceae (*Geastrum* (4)); Sphaerobolaceae (*Sphaerobolus* (1)). Порядок Gloeophyllales. Семейства: Gloeophyllaceae (*Gloeophyllum* (1), *Griseoporia* (1), *Heliocybe* (1), *Neolentinus* (1)). Порядок Gomphales. Семейства: Gautieriaceae (*Gautieria* (1)); Gomphaceae (*Clavariadelphus* (2), *Ramaria* (3), *Turbinellus* (1)). Порядок Hymenochaetales. Семейства: Hymenochaetaceae (*Coltricia* (1), *Coltriciella* (1), *Coniferiporia* (2), *Fomitiporia* (1), *Fuscoporia* (2), *Inonotus* (2), *Phellinidium* (2), *Phellinotus* (1), *Phellinus* (2), *Phellopilus* (1), *Phylloporia* (1), *Porodaedalea* (4), *Pyrrhoderma* (1), *Sanghuangporus* (4)); Rickenellaceae (*Alloclavaria* (1), *Resinicium* (1), *Rickenella* (2)); Schizoporaceae (*Fasciodontia* (1), *Hyphodontia* (1), *Schizopora* (1)). Порядок Hysterangiales. Семейства: Hysterangiaceae (*Hysterangium* (1)). Порядок Jaariales. Семейства: Jaariaceae (*Jaapia* (1)). Порядок Lepidostromatales. Семейства: Lepidostromataceae (*Lepidostroma* (1)). Порядок Phallales. Семейства: Clathraceae (*Clathrus* (1)); Phallaceae (*Dictyophora* (1), *Mutinus* (1), *Phallus* (1)). Порядок Polyporales. Семейства: Auriporiaceae (*Auriporia* (1)); Cerrenaceae (*Cerrena* (3)); Epitheliaceae (*Epithele* (1)); Fibroporiaceae (*Fibroporia* (1)); Fomitopsidaceae (*Antrrodia* (1), *Daedalea* (1), *Fomitopsis* (3), *Neoantrrodia* (2), *Rhodofomes* (1), *Subantrrodia* (1)); Gelatoporiaceae (*Cinereomyces* (1), *Gelatoporia* (1), *Obba* (1)); Grifolaceae (*Grifola* (1)); Hyphodermataceae (*Hyphoderma* (1)); Irpicaceae (*Ceriporia* (1), *Cytidiella* (1), *Gloeoporus* (1), *Irpex* (2), *Meruliopsis* (1), *Trametopsis* (1)); Laetiporaceae (*Laetiporus* (1)); Meripilaceae (*Meripilus* (1), *Physisporinus* (2), *Rigidoporus* (2)); Meruliaceae (*Crustodontia* (1), *Hermanssonia* (1),

Merulius (1), *Pappia* (1), *Phlebia* (2)); Panaceae (*Cymatoderma* (1), *Panus* (3)); Phaeolaceae (*Wolfiporia* (1)); Phanerochaetaceae (*Bjerkandera* (1), *Phanerochaete* (4), *Phanerodontia* (1), *Phlebiopsis* (1), *Terana* (1)); Podoscyphaceae (*Abortiporus* (1)); Polyporaceae (*Cerioporus* (1), *Coriolopsis* (3), *Cubamycetes* (3), *Daedaleopsis* (1), *Dichomitus* (1), *Earliella* (1), *Fomes* (1), *Ganoderma* (15), *Lentinus* (2), *Lenzites* (1), *Lignosus* (1), *Perenniporia* (1), *Pilatotrampa* (1), *Polyporus* (4), *Trametes* (16)); Pycnoporellaceae (*Pycnoporellus* (1)); Incertae sedis (*Mycoleptodonoides* (1)); Postiaceae (*Amylocystis* (1), *Cyanosporus* (1), *Postia* (2)); Sparasidaceae (*Sparassis* (2)); Steccherinaceae (*Antrodiella* (3), *Steccherinum* (1)); Taiwanofungaceae (*Taiwanofungus* (1)). Порядок Russulales. Семейства: Auriscalpiaceae (*Artomyces* (1), *Auriscalpium* (1)); Bondarzewiaceae (*Bondarzewia* (2), *Heterobasidion* (6)); Echinodontiaceae (*Echinodontium* (1)); Hericiaceae (*Dentipellis* (2), *Hericium* (3)); Lachnocladiaceae (*Scytinostroma* (1), *Vararia* (2)); Peniophoraceae (*Peniophora* (4)); Russulaceae (*Gloeopeniophorella* (1), *Lactarius* (18), *Lactifluus* (5), *Multifurca* (1), *Russula* (24)); Stereaceae (*Aleurobotrys* (1), *Amylostereum* (2), *Boreostereum* (1), *Stereum* (1), *Xylobolus* (1)). Порядок Sebaciniales. Семейства: Sebacinaceae (*Sebacina* (2)); Serendipitaceae (*Serendipita* (11)). Порядок Thelephorales. Семейства: Thelephoraceae (*Polyozellus* (1), *Pseudotomentella* (1), *Sarcodon* (1), *Thelephora* (3)). Порядок Trechisporales. Семейства: Hydodontaceae (*Trechispora* (1)).

Класс Incertae sedis. Порядок Sistotremastrales. Семейства: Sistotremastraceae (*Sistotremastrum* (2)).

Класс Bartheletiomycetes. Порядок Bartheletiales. Семейства: Bartheletiaceae (*Bartheletia* (1)).

Класс Dacrymycetes. Порядок Dacrymycetales. Семейства: Cerinomyetaceae (*Cerinomyces* (1)); Dacrymycetaceae (*Calocera* (2), *Dacryopinax* (1), *Unilacryma* (1)). Порядок Cystofilobasidiales. Семейства: Mrakiaceae (*Phaffia* (2), *Tausonia* (1)).

Класс Tremellomycetes. Порядок Filobasidiales. Семейства: Filobasidiaceae (*Filobasidium* (1), *Goffeazyma* (1), *Naganishia* (2)). Порядок Tremellales. Семейства: Bulleraceae (*Genolevuria* (1)); Bulleribasidiaceae (*Dioszegia* (2), *Hannaella* (1)); Cryptococcaceae (*Cryptococcus* (12), *Kwoniella* (7), *Teunia* (1)); Cuniculitremaeae (*Kockovaella* (1)); Naemateliaceae (*Naematelia* (1)); Rhynchogastremataceae (*Papiliotrema* (1), *Rhynchogastrema* (1)); Tremellaceae (*Tremella* (3)); Trimorphomycetaceae (*Carlosrosaea* (1), *Saitozyma* (3), *Trimorphomyces* (1)). Порядок Trichosporonales. Семейства: Trichosporonaceae (*Apiotrichum* (4), *Cutaneotrichosporon* (3), *Pascua* (1), *Haglerozyma* (1), *Trichosporon* (2), *Vanrija* (1)).

Класс Agaricostilbomycetes. Порядок Agaricostilbales. Семейства: Agaricostilbaceae (*Sterigmatomyces* (2)); Chionosphaeraceae (*Chionosphaera* (1)); Konodoaceae (*Kondoa* (2)); Ruineniaceae (*Ruinenia* (1)).

Класс Atractiellomycetes. Порядок Atractiellales. Семейства: Hoehnelomycetaceae (*Atractiella* (1)).

Класс Cystobasidiomycetes. Порядок Cystobasidiales. Семейства: Cystobasidiaceae (*Cystobasidium* (1)). Порядок Buckleyzymales. Семейства: Buckleyzymaceae (*Buckleyzyma* (1)). Порядок Erythrobasidiales. Семейства: Incertae sedis (*Hasegawazyma* (1)).

Класс Microbotryomycetes. Порядок Kriegeriales. Семейства: Camptobasidiaceae (*Glaciozyma* (1)). Порядок Leucosporidiales. Семейства: Leucosporidiaceae (*Leucosporidium* (3)). Порядок Microbotryales. Семейства: Microbotryaceae (*Microbotryum* (6)). Порядок Incertae sedis. Семейства: Incertae sedis (*Pseudohyphozyma* (1), *Curvibasidium* (1), *Pseudoleucosporidium* (1)); Colacogloeaceae (*Colacogloea* (1)). Порядок Sporidiobolales. Семейства: Sporidiobolaceae (*Rhodospordiobolus* (2), *Rhodotorula* (10), *Sporobolomyces* (3)).

Класс Mixiomycetes. Порядок Mixiales. Семейства: Mixiaceae (*Mixia* (1)).

Класс Pucciniomycetes. Порядок Pucciniales. Семейства: Coleosporiaceae (*Cronartium* (1)); Melampsoraceae (*Melampsora* (4)); Phakopsoraceae (*Phakopsora* (1)); Pucciniaceae (*Ceratocoma* (1), *Puccinia* (11)); Skierkaceae (*Skierka* (1)); Sphaerophragmiaceae (*Austropuccinia* (1), *Sphaerophragmium* (1)); Zaghouniaceae (*Hemileia* (1)).

Класс Spiculogloeomycetes. Порядок Spiculogloeales. Семейства: Spiculogloeaceae (*Mycogloea* (1), *Phyllozyma* (1)). Порядок Ceraceosorales. Семейства: Ceraceosoraceae (*Ceraceosorus* (2)).

Класс Exobasidiomycetes. Порядок Doassansiales. Семейства: Rhamphosporaceae (*Rhamphospora* (1)). Порядок Entylomatales. Семейства: Entylomataceae (*Tilletiopsis* (1)). Порядок Exobasidiales. Семейства: Brachybasidiaceae (*Dicellomyces* (1), *Meira* (2)); Cryptobasidiaceae (*Acaromyces* (1)); Exobasidiaceae (*Exobasidium* (1)). Порядок Georgiefischeiales. Семейства: Gjaerumiaceae (*Gjaerumia* (1)); Tilletiariaceae (*Tilletiaria* (1)). Порядок Golubeviales. Семейства: Golubeviaceae (*Golubevia* (1)). Порядок Microstromatales. Семейства: Incertae sedis (*Jaminia* (2), *Pseudomicrostroma* (1)). Порядок Tilletiales. Семейства: Tilletiaceae (*Tilletia* (5)).

Класс Malasseziomycetes. Порядок Malasseziales. Семейства: Malasseziaceae (*Malassezia* (18)).

Класс Ustilaginomycetes. Порядок Urocystidales. Семейства: Glomosporiaceae (*Thecaphora* (1)); Melanotaeniaceae (*Melanotaenium* (1)). Порядок Ustilaginales. Семейства: Anthracoideaceae (*Testicularia* (1)); Cintractiaceae (*Ustanciosporium* (2)); Ustilaginaceae (*Cintractia* (1), *Kalmanozyma* (1), *Melanopsichium* (1), *Moesziomyces* (2), *Pseudozyma* (5), *Sporisorium* (3), *Ustilago* (11)). Порядок Violaceomycetales. Семейства: Violaceomycetaceae (*Violaceomyces* (1)).

Класс Wallemiomycetes. Порядок Wallemiales. Семейства: Wallemiaceae (*Wallemia* (3)).

Помимо представленных грибов Ascomycota и Basidiomycota в образцах разлагающейся древесины *P. abies* идентифицированы нуклеотидные последовательности грибов из еще 7 отделов. Отдел Blastocladiomycota представлен 4 семействами: Blastocladiaceae (2 МОТЕ на уровне рода / 5 МОТЕ на уровне вида), Catenariaceae (1/1), Coelomomycetaceae (1/2), Physodermataceae (1/1). Большинство представителей этого отдела являются сапротрофами, обитают в почве и воде, встречаются паразитические грибы насекомых, нематод и растений [Переведенцева, 2009; Powell, 2017a].

Отдел Chytridiomycota представлен 19 семействами: Borealophlyctidaceae (1/1), Caulochytriaceae (1/1), Chytridiaceae (4/6), Chytriomycetaceae (5/8), Cladochytriaceae (1/2), Globomycetaceae (1/1), Gonapodyaceae (1/1), Gorgonomycetaceae (1/1), Quaeritorhizaceae (1/1), Lobulomycetaceae (2/2), Monoblepharidaceae (1/1), Nowakowskiellaceae (1/1), Neocallimastigaceae (6/9), Powellomycetaceae (4/5), Rhizophlyctidaceae (1/1), Rhizophydiaceae (1/1), Spizellomycetaceae (2/2), Synchytriaceae (1/3), Terramycetaceae (1/1). Кроме того, отмечены МОТЕ с неопределенным положением в таксономической категории семейства (7/8). Это наиболее древняя группа грибов, имеет подвижную стадию в жизненном цикле. Представители обитают в воде или во влажной среде, паразитируют на водорослях, растениях, грибах, низших животных, могут быть сапротрофами [Переведенцева, 2009, 2022; Powell, 2017b]. Представители Neocallimastigaceae являются облигатно-анаэробными грибами пищеварительного тракта травоядных животных [Grüniger et al., 2014].

Отдел Cryptomycota представлен 2 видами – *Paramicrosporidium saccamoebae* и *Rozella allomyces*. Таксономическое положение грибов этого отдела на сегодняшний день остается предметом дискуссий [Тимофеев и др., 2020; Переведенцева, 2022]. *R. allomyces* – облигатный внутриклеточный паразит *Allomyces*, проникает в цитоплазму и полностью фагоцитирует хозяина [James et al., 2013; Powell et al., 2017]. *P. saccamoebae* – внутриядерный паразит рода *Saccamoeba* (Amoebozoa) [Quandt et al., 2017].

Отдел Microsporidia представляют 13 семейств: Astatelohaniidae (1/1), Culicosporidae (1/1), Dubosqiidae (1/2), Enterocytozoonidae (3/4), Glugeidae (2/2), Metchnikovellidae (1/1), Nosematidae (4/8), Ordosporidae (1/1), Pleistophoridae (3/3), Spraguidae (1/1), Thelohaniidae (1/1), Tubulinosematidae (2/2), Unikaryonidae (1/4). Отмечены МОТЕ с неопределенным положением в этой категории (9/16). Таксономическое

положение представителей этого отдела на сегодняшний день остается предметом дискуссий [Соколова, 2009; Тимофеев и др., 2020]. Так, например, в международной базе данных Index Fungorum [2025] многие виды отнесены к Protozoa. Отдел представлен одноклеточными эукариотами, облигатными внутриклеточными паразитами с осмотротрофным способом питания, распространенными повсеместно и освоившими широкий круг хозяев [Corradi, 2015; Тимофеев и др., 2020].

Отдел Mucoromycota представляют 24 семейства: Acaulosporaceae (1/2), Ambisporaceae (1/2), Backusellaceae (1/3), Choanephoraceae (3/3), Cunninghamellaceae (6/7), Densosporaceae (1/1), Diversisporaceae (1/3), Endogonaceae (1/1), Entrophosporaceae (1/1), Geosiphonaceae (1/1), Gigasporaceae (5/10), Glomeraceae (6/12), Lichtheimiaceae (7/14), Mortierellaceae (12/35), Mucoraceae (9/15), Mycotyphaceae (1/1), Pacisporaceae (1/1), Paraglomeraceae (1/2), Phycomycetaceae (2/3), Pilobolaceae (1/1), Radiomycetaceae (1/1), Rhizopodaceae (3/8), Synccephalastraceae (1/1), Umbelopsidaceae (1/4). Отмечен МОТЕ с неопределенным положением (1/1). Представители отдела – сапротрофы, симбионты растений и бактерий [Переведенцева, 2009]. Многие почвенные грибы характеризуются высокой ферментативной активностью. Метаболическая система продуцирует липиды, пигменты, хитин/хитозан, полифосфаты, этанол, органические кислоты и ферменты [Dzurendova et al., 2022]. Представители сем. Glomeraceae – облигатные биотрофы, образующие арбускулярную микоризу или эндосимбиоз с цианобактериями [Переведенцева, 2009, 2022; Redecker, Schüssler, 2014].

Отдел Olpidiomycota представлен двумя видами – *Olpidium bornovanus* и *Olpidium brassicae*. Род *Olpidium* – переносчики нескольких вирусов растений, *O. brassicae* является распространенным почвенным облигатным паразитом, поражающим корни растений [Hartwright et al., 2010].

Отдел Zoopagomycota включает представителей из 11 семейств: Ancylistaceae (4/9), Barbatosporaceae (1/1), Basidiobolaceae (1/2), Dimargaritaceae (3/7), Entomophthoraceae (4/4), Harpellaceae (2/2), Kickxellaceae (7/25), Legeriomycetaceae (2/7), Piptocephalidaceae (2/8), Ramicandelaberaceae (1/1), Sigmoidomycetaceae (1/1). Среди представителей отдела – сапротрофные организмы, симбионты микроорганизмов и животных, паразиты животных, растений и грибов [Benny et al., 2001; Humber, 2016; Davis et al., 2019]. Сапротрофные организмы распространены в почве и участвуют

в процессах почвообразования [Переведенцева, 2009]. Представители Piptocephalidaceae – микопаразитические гаусториальные грибы, разнообразны и повсеместно распространены в почве и навозе [Reynolds et al., 2019].

Видовой состав микобиоты в образцах характеризуется высоким видовым разнообразием (индекс Шеннона 5,0–6,2), высокой равномерностью распределения (индекс Пилоу 0,7–0,9) и низкими значениями меры доминантности (индекс Симпсона 0,004–0,2) (табл. 2). Среднее количество МОТЕ в образце составляет $2119 \pm 71,7$.

В Красную книгу Карелии внесен 71 вид грибов и 102 вида лишайников (лихенизированных грибов). Еще 3 вида грибов и 16 видов лишайников нуждаются в особом внимании [Красная..., 2020]. Ранее на территории заповедника «Кивач» отмечено 29 охраняемых видов грибов [Сухов, 2020а; Коткова, Руоколайнен, 2021]. В образцах валежной древесины *P. abies* на уровне вида идентифицировано 12 грибов и 5 лишайников, занесенных в Красную книгу Республики Карелия (табл. 3). Кроме того, выявлен один лишайник, нуждающийся в особом внимании. Впервые для заповедника отмечены нуклеотидные последовательности *Ganoderma lucidum*. Ранее плодовые тела этого вида отмечались в Лоухском, Медвежьегорском, Пудожском и Сортавальском районах республики единичными экземплярами на сухих и валежных стволах и пнях березы, ольхи и лиственницы [Красная..., 2020].

Плодовые тела видов *Dentipellis fragilis*, *Pappia fissilis* и *Punctularia strigosozonata* ранее отмечались на валежных стволах осины, реже – других лиственных пород, а спорокарпы

вида *Sparassis crispa* – на стволах сосны [Красная..., 2020]. Виды *Collybia nuda* и *Stropharia aeruginosa* ранее были найдены на лесной подстилке и гумусе [Крутов и др., 2014; Боровичев и др., 2020]. В настоящей работе мы отмечаем встречаемость нуклеотидных последовательностей этих видов в валежной древесине *P. abies* поздних классов разложения.

Ранее в заповеднике регистрировалось 27 охраняемых видов лишайников [Сухов, 2020б]. Впервые для заповедника мы отмечаем нуклеотидные последовательности *Cladonia strepsilis*, *Dolichousnea longissima*, *Gyalecta friesii* и *G. truncigena* в валежной древесине *P. abies*. Также ранее отмечены *Chaenotheca gracillima* – на пне сосны [Боровичев и др., 2020], *Cladonia strepsilis* – на скалах берегов Ладожского озера [Фадеева, Кравченко, 2015], *Heterodermia speciosa* – на кальцийсодержащих скалах и на старых деревьях осины, липы и рябины, *Dolichousnea longissima* – на ветвях деревьев ели [Красная..., 2020].

В настоящей работе мы фиксируем присутствие нуклеотидных последовательностей охраняемых видов, но не отмечаем плодовых тел и констатируем только наличие их ДНК в валежной древесине *P. abies*. Несоответствие наблюдаемого разнообразия микобиоты (спорокарпы) реально существующему является методической проблемой, прежде всего из-за особенностей жизненного цикла грибов [Новожилов и др., 2016]. Начатые в первой половине XX века наблюдения и инвентаризация микобиоты заповедника «Кивач» продолжают с применением новых методов. Представленные нами данные раскрывают потенциальное разнообразие микобиоты мертвой древесины

Таблица 2. Среднее ($\pm$ ошибка) значение показателей видового разнообразия микобиоты валежных стволов *P. abies* поздних классов разложения на территории ГЗ «Кивач»

Table 2. Mean ($\pm$ error) values of species diversity indices for the mycobiota of downed dead *P. abies* logs of advanced decay classes in the Kivach Nature Reserve

Показатели разнообразия Diversity indices	Класс разложения валежного ствола Downed log decay class			
	3 (n=6)	4 (n=6)	5a (n=5)	5b (n=6)
Количество МОТЕ Number of MOTU	$1893,0 \pm 116,7$	$2093,3 \pm 31,0$	$2408,4 \pm 264,8$	$2129,5 \pm 31,5$
Индекс Шеннона Shannon index	$5,0 \pm 1,0$	$6,9 \pm 0,1$	$6,2 \pm 0,2$	$6,2 \pm 0,2$
Индекс Пилоу Pielou index	$0,7 \pm 0,1$	$0,9 \pm 0,01$	$0,8 \pm 0,03$	$0,8 \pm 0,03$
Индекс Симпсона Simpson index	$0,2 \pm 0,10$	$0,004 \pm 0,002$	$0,02 \pm 0,005$	$0,02 \pm 0,01$

Примечание. n – количество образцов.

Note. n – number of samples.

Таблица 3. Встречаемость и основные характеристики идентифицированных с помощью метагеномного анализа охраняемых видов в образцах валежной древесины

Table 3. Prevalence and key characteristics of red-listed species identified by metagenomic analysis in a downed deadwood sample

Вид Species	Статус редкости Rareness status	Встречаемость, % Prevalence, %	Номера валежных стволов Downed log No	Количество прочтений в образце (мин.-макс.) Number of reads per sample (min-max)	Относительное содержание в образце (мин.-макс.), % DNA percentage in the sample (min-max), %
Грибы, занесенные в Красную книгу Республики Карелия Fungi listed in the Red Data Book of the Republic of Karelia					
<i>Collybia nuda</i>	3 (NT)	100,0	1–12	5–632	0,0005–0,04
<i>Dentipellis fragilis</i>	3 (VU)	100,0	1–12	3–8125	0,0003–0,5
<i>Flaviporus citrinellus</i>	3 (VU)	100,0	1–12	6–2749	0,0005–0,2
<i>Ganoderma lucidum</i>	3 (VU)	83,3	2–5, 7–12	1–29	0,00002–0,002
<i>Hygrocybe conica</i>	3 (NT)	25,0	2, 7, 11	1–5	0,00002–0,002
<i>Imleria badia</i> Vizzini	3 (NT)	100,0	1–12	1–389	0,0001–0,02
<i>Laccaria amethystina</i>	3 (NT)	100,0	1–12	6–545	0,0005–0,03
<i>Pappia fissilis</i>	3 (VU)	16,6	2,7	1–3	0,00006–0,0005
<i>Polyporus umbellatus</i>	3 (NT)	33,3	2, 5–7	1–3	0,00002–0,0003
<i>Punctularia strigosozonata</i>	3 (VU)	100,0	1–12	5–1331	0,0005–0,08
<i>Sparassiss crispa</i>	3 (VU)	100,0	1–12	6–1860	0,0006–0,1
<i>Stropharia aeruginosa</i>	3 (NT)	16,6	6, 7	1–3	0,00004–0,001
Лишайники, занесенные в Красную книгу Республики Карелия Lichens listed in the Red Data Book of the Republic of Karelia					
<i>Cladonia strepsilis</i>	4 (DD)	8,3	7	2	0,0002
<i>Chaenotheca gracillima</i>	3 (NT)	100,0	1–12	3–140	0,0003–0,003
<i>Dolichousnea longissima</i>	1 (CR)	16,6	7,11	1–2	0,00002–0,001
<i>Gyalecta friesii</i>	4 (DD)	16,6	5,7	1–3	0,00001–0,00003
<i>Heterodermia speciosa</i>	2 (EN)	100,0	1–12	3–125	0,0003–0,003
Лишайники, нуждающиеся в особом внимании к их состоянию в природной среде и рекомендованные для биологического надзора Lichens with a natural status causing concern and recommended for biological oversight					
<i>Gyalecta truncigena</i>	-	8,3	7	2	0,0007

Примечание. Категории Красной книги: 1 – находящиеся под угрозой исчезновения, 2 – сокращающиеся в численности, 3 – редкие, 4 – с неопределенным статусом. Категории МСОП: CR – находящиеся под угрозой исчезновения, EN – сокращающиеся и находящиеся в опасном состоянии (исчезающие), VU – уязвимые, NT – находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому (потенциально уязвимые), DD – недостаток данных (недостаточно изученные).

Note. Red Data Book categories: 1 – endangered (or threatened), 2 – vulnerable (declining), 3 – rare, 4 – data deficient (or not evaluated). IUCN categories: CR – critically endangered, EN – endangered, VU – vulnerable, NT – nearthreatened, DD – data deficient.

поздних классов разложения. В настоящее время о роли «скрытого» разнообразия микобиоты в экосистемных процессах известно крайне недостаточно. Объединение ресурсов и подходов в результате реализации совместных проектов специалистами и экспертами имеет важное значение для решения этой проблемы [Новожилов и др., 2016; Yahr et al., 2016].

Закключение

Применение метода метагеномного секвенирования позволило получить представление о потенциальном видовом разнообразии микобиоты валежной древесины *P. abies* поздних классов разложения. В настоящее время для территории Республики Карелии описано

около 1400 видов грибов [Красная..., 2020], инвентаризационные списки основаны на сборе и определении плодовых тел. В нашем исследовании при использовании метода NGS-секвенирования на небольшом участке ельников заповедника «Кивач» выявлена 3461 МОТЕ грибов, 2759 из которых идентифицировано до уровня вида согласно NCBI [Schoch et al., 2020]. Используемый метод дает возможность учета присутствия грибов без наличия видимых плодовых тел. Валежные стволы *P. abies* поздних классов разложения характеризуются высоким видовым разнообразием. Помимо представителей Ascomycota (1638 МОТЕ идентифицировано на уровне вида) и Basidiomycota (805) определены грибы из еще 7 отделов: Blastocladiomycota (9), Chytridiomycota (56), Cryptomycota (2), Microsporidia (47), Mucoromycota (133), Olpidiomycota (2), Zoopagomycota (67), которые ранее упоминались крайне мало. Отмечено наличие нуклеотидных последовательностей охраняемых видов – 12 грибов и 5 лишайников. Впервые выявлено присутствие гриба *Ganoderma lucidum*, трех лишайников – *Cladonia strepsilis*, *Dolichousnea longissima*, *Gyalecta friesii* и еще одного, рекомендованного к наблюдению, – *Gyalecta truncigena*. Присутствие ДНК охраняемого вида не дает представление о его жизненной форме, а лишь свидетельствует о его наличии, дополняя таким образом инвентаризационный список территории. Мы особо отмечаем, что высокая встречаемость ДНК некоторых охраняемых видов не может дать основание для изменения их статуса редкости. Важно продолжать работу по инвентаризации микобиоты традиционными методами, но при этом обратить внимание на молекулярные методы идентификации. Секвенирование имеющихся коллекций грибов и лишайников, в том числе образцов редких и типичных для данной территории видов, имеет фундаментальное значение и позволит пополнить генетические базы данных новыми баркодами.

Литература

- Бондарцева М. А., Крутов В. И., Лосицкая В. М., Яковлев Е. Б., Скороходова С. Б. Грибы заповедника «Кивач» (Аннотированный список видов). М.: Гриф и К°, 2001. 90 с.
- Боровичев Е. А., Кожин М. Н., Игнашов П. А., Кириллова Н. Р., Колеина Е. И., Кравченко А. В., Кузнецов О. Л., Кутенков С. А., Мелехин А. В., Попова К. Б., Разумовская А. В., Сенников А. Н., Фадеева М. А., Химич Ю. Р. Значимые находки растений, лишайников и грибов на территории Мурманской области. II // Труды Карельского научного центра РАН. 2020. № 1. С. 17–33. doi: 10.17076/bg1078
- Гарибова Л. В., Лекомцева С. Н. Основы микологии: Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2005. 220 с.
- Городничев Р. М., Пестрякова Л. А., Ушницкая Л. А., Левина С. Н., Давыдова П. В. Методы экологических исследований. Основы статистической обработки данных: учебно-методическое пособие. Якутск: СВФУ, 2019. 94 с.
- Коткова В. М., Руоколайнен А. В. Изучение афиллофороидных грибов государственного природного заповедника «Кивач» // Заповедники и национальные парки – научно-исследовательские лаборатории под открытым небом: Мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Петрозаводск, 12–14 окт. 2021 г.). Петрозаводск, 2021. С. 116–118.
- Коткова В. М., Крутов В. И., Руоколайнен А. В. Афиллофоровые грибы заповедника «Кивач» // Труды Карельского научного центра РАН. 2006. № 10. С. 40–51.
- Красная книга Республики Карелия / Ред. О. Л. Кузнецов. Белгород: Константа, 2020. 448 с.
- Крутов В. И., Шубин В. И., Предтеченская О. О., Руоколайнен А. В., Коткова В. М., Полевой А. В., Хумала А. Э., Яковлев Е. Б. Грибы и насекомые – консорты лесобразующих древесных пород Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2014. 216 с.
- Новожилов Ю. К., Малышева В. Ф., Малышева Е. Ф., Щепин О. Н., Азаров Д. В., Змитрович И. В., Волобуев С. В., Коваленко А. Е. Скрытое разнообразие грибов и грибообразных протистов в природных экосистемах: проблемы и перспективы // Биосфера. 2016. Т. 8, № 2. С. 202–215.
- Переведенцева Л. Г. Микология: грибы и грибоподобные организмы: учеб. пособие. Пермь: Перм. гос. ун-т, 2009. 199 с.
- Переведенцева Л. Г. Микология: учебное пособие [Электронный ресурс]. Пермь: ПГНИУ, 2022. 168 с. URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/perevedenceva-mikologiya.pdf> (дата обращения: 15.04.2025).
- Предтеченская О. О. Гербарий Карельского научного центра Российской академии наук. Коллекция грибов М. В. Фрейндлинг // Труды Карельского научного центра РАН. 2022. № 1. С. 105–116. doi: 10.17076/bg1533
- Руоколайнен А. В., Коткова В. М. Новые и редкие для Республики Карелия виды афиллофоровых грибов (Basidiomycota) // Труды Карельского научного центра РАН. 2016. № 3. С. 90–96. doi: 10.17076/bg190
- Скороходова С. Б. Дополнения к списку грибов заповедника «Кивач» // Труды Карельского научного центра РАН. 2013. № 2. С. 105–107.
- Соколова Ю. Я. Происхождение микроспоридий и их положение в системе эукариот // Микология и фитопатология. 2009. Т. 43, вып. 3. С. 177–192.
- Сухов А. В. Сведения о редких и находящихся под угрозой исчезновения объектах растительного мира, обнаруженных в Государственном природном заповеднике «Кивач». Грибы // ФГБУ «Государственный заповедник «Кивач» [Электронный ресурс].

2020a. URL: https://zapkivach.ru/upload/iblock/195/Griby_spisok_redkikh_vidov_Kivach_2020.pdf (дата обращения: 15.04.2025).

Сухов А. В. Сведения о редких и находящихся под угрозой исчезновения объектах растительного мира, обнаруженных в Государственном природном заповеднике «Кивач». Лишайники // ФГБУ «Государственный заповедник «Кивач» [Электронный ресурс]. 2020б. URL: https://zapkivach.ru/upload/iblock/698/Lishayniki_spisok_redkikh_vidov_Kivach_2020.pdf (дата обращения: 15.04.2025).

Тимофеев С. А., Сендерский И. В., Журавлев В. С., Долгих В. В. Микроспоридии и их ближайшие родственники: современные представления об эволюции уникальной группы экстремальных паразитов // Паразитология. 2020. Т. 54, № 5. С. 355–370. doi: 10.31857/S1234567806050016

Фадеева М. А., Кравченко А. В. Роль особо охраняемых природных территорий карельской части Зеленого пояса Фенноскандии в охране лишайников // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Мат-лы IX Междунар. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения проф. Н. И. Федорова (Минск, 19–24 октября 2015). Минск, 2015. С. 225–228.

Ширяев А. Г., Руоколайнен А. В. Клавариоидные грибы заповедника «Кивач»: изменение разнообразия среднетаяежной микобиоты в долготном градиенте // Труды Карельского научного центра РАН. 2017. № 6. С. 48–60. doi: 10.17076/bg548

Шорохова Е. В. Запасы и экосистемные функции крупных древесных остатков в таежных лесах: Дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2020. 291 с.

Benny G. L., Humber R. A., Morton J. B. Zygomycota: zygomycetes. Systematics and evolution // The Mycota. Vol. VII. Part A. Systematics and Evolution. 1st ed. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2001. P. 113–146.

Corradi N. Microsporidia: eukaryotic intracellular parasites shaped by gene loss and horizontal gene transfers // Annu. Rev. Microbiol. 2015. Vol. 69. P. 167–183. doi: 10.1146/annurev-micro-091014-104136

Davis W. J., Amses K. R., Benny G. L., Carter-House D., Chang Y., Grigoriev I., Smith M. E., Spatafora J. W., Stajich J. E., James T. Y. Genome-scale phylogenetics reveals a monophyletic Zoopagales (Zoopagomycota, Fungi) // Mol. Phylogenet. Evol. 2019. Vol. 133. P. 152–163. doi: 10.1016/j.ympev.2019.01.006

Dzurendova S., Losada C. B., Dupuy-Galet B. X. Mucoromycota fungi as powerful cell factories for modern biorefinery // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2022. No. 106. P. 101–115. doi: 10.1007/s00253-021-11720-1

Hartwright L. M., Hunter P. J., Walsh J. A. A comparison of *Olpidium* isolates from a range of host plants using internal transcribed spacer sequence analysis and host range studies // Fungal Biol. 2010. Vol. 114(1). P. 26–33. doi: 10.1016/j.mycres.2009.09.008

Gruninger R. J., Puniya A. K., Callaghan T. M., Edwards J. E., Youssef N., Dagar S. S., Fliegerova K., Griffith G. W., Forster R., Tsang A., McAllister T., Elshahed M. S. Anaerobic fungi (phylum Neocallimastigomycota): advances in understanding their taxonomy, life cycle, ecology, role and biotechnological potential // FEMS Microbiol. Ecol. 2014. Vol. 90. P. 1–17. doi: 10.1111/1574-6941.12383

Humber R. A. Entomophthoromycota: a new overview of some of the oldest terrestrial fungi // Biology of Microfungi. Ser. Fungal Biology. Switzerland: Springer, 2016. P. 127–145. doi: 10.1007/978-3-319-29137-6

Index Fungorum. 2025. CABI checklist Database [Электронный ресурс]. URL: <http://www.indexfungorum.org> (дата обращения: 15.04.2025).

James T. Y., Pelin A., Bonen L., Ahrendt S., Sain D., Corradi N., Stajich J. E. Shared signatures of parasitism and phylogenomics unite cryptomycota and microsporidia // Curr. Biol. 2013. Vol. 23. P. 1548–1553. doi: 10.1016/j.cub.2013.06.057

Kazartsev I., Shorohova E., Kushnevskaia E. Decaying *Picea abies* log bark hosts diverse fungal communities // Fungal Ecol. 2018. No. 33. P. 1–12. doi: 10.1016/j.funeco.2017.12.005

Kikeeva A. V., Romashkin I. V., Nukolova A. Y., Fomina E. V., Kryshen A. M. Influence of *Picea abies* logs on the distribution of vascular plants in old-growth spruce forests // Forests. 2024. No. 15(5). Art. 884. doi: 10.3390/f15050884

Kirk P. M., Cannon P. F., Minter D. W., Stalpers J. A. Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi. 10th ed. Wallingford: CAB International, 2008. 771 p.

Menzel P., Ng K., Krogh A. Fast and sensitive taxonomic classification for metagenomics with Kaiju // Nat. Commun. 2016. Vol. 7(1). Art. 11257. doi: 10.1038/ncomms11257

Powell M. J. Blastocladiomycota // Handbook of the Protists. 2nd ed. / Eds. J. Archibald, A. G. B. Simpson, C. H. Slamovits. Cham: Springer, 2017a. P. 1497–1521.

Powell M. J. Chytridiomycota // Handbook of the Protists. 2nd ed. / Eds. J. Archibald, A. G. B. Simpson, C. H. Slamovits. Cham: Springer, 2017b. P. 1523–1558.

Powell M. J., Letcher P. M., James T. Y. Ultrastructural characterization of the host-parasite interface between *Allomyces anomalus* (Blastocladiomycota) and *Rozella allomycis* (Cryptomycota) // Fungal Biol. 2017. Vol. 121(6-7). P. 561–572. doi: 10.1016/j.funbio.2017.03.002

Quandt C. A., Beaudet D., Corsaro D., Walochnik J., Michel R., Corradi N., James T. Y. The genome of an intranuclear parasite, *Paramicrosporidium saccamoebae*, reveals alternative adaptations to obligate intracellular parasitism // eLife. 2017. Vol. 6. e29594. doi: 10.7554/eLife.29594

Redecker D., Schüßler A. Glomeromycota systematics and evolution // The Mycota. Vol. VII. Part A. Systematics and Evolution. 2nd ed. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2014. P. 251–270.

Reynolds N. K., Benny G. L., Ho H. M., Hou Y.-H., Crous P. W., Smith M. E. Phylogenetic and morphological analyses of the mycoparasitic genus *Piptocephalis* // Mycologia. 2019. Vol. 111(1). P. 54–68. doi: 10.1080/00275514.2018.1538439

Rondon M. R., Goodman R. M., Handelsman J. The Earth's bounty: assessing and accessing soil microbial diversity // Trends Biotechnol. 1999. Vol. 17(10). P. 403–409. doi: 10.1016/s0167-7799(99)01352-9

Schoch C. L., Ciufu S., Domrachev M., Hotton C. L., Kannan S., Khovanskaya R., Leipe D., McVeigh R., O'Neill K., Robbertse B., Sharma S., Soussov V., Sullivan J. P., Sun L., Turner S., Karsch-Mizrachi I.

NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools // Database. 2020. Vol. 2020. Art. baaa062. doi: 10.1093/database/baaa062

Shorohova E., Kapitsa E. Stand and landscape scale variability in the amount and diversity of coarse woody debris in primeval European boreal forests // For. Ecol. Manag. 2015. Vol. 356. P. 273–284. doi: 10.1016/j.foreco.2015.07.005

Yahr R., Schoch C. L., Dentinger B. T. M. Scaling up discovery of hidden diversity in fungi: impacts of barcoding approaches // Philos. Trans. R Soc. Lond. B. 2016. Vol. 371(1702). Art. 20150336. doi: 10.1098/rstb.2015.0336

References

Benny G. L., Humber R. A., Morton J. B. Zygomycota: zygomycetes. Systematics and evolution. *The Mycota. Vol. VII. Part A. Systematics and Evolution*. 1st ed. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag; 2001. P. 113–146.

Bondartseva M. A., Krutov V. I., Lositskaya V. M., Yakovlev E. B., Skorokhodova S. B. Fungi of the Kivach Strict Nature Reserve (an annotated list of species). *Flora and fauna of nature reserves*. Moscow: Grif i K^o; 2001. 90 p. (In Russ.)

Borovich E. A., Kozhin M. N., Ignashov P. A., Kirillova N. R., Kopeina E. I., Kravchenko A. V., Kuznetsov O. L., Kutenkov S. A., Melekhin A. V., Popova K. B., Razumovskaya A. V., Sennikov A. N., Fadeeva M. A., Khimich Yu. R. Noteworthy records of plants, lichens and fungi in the Murmansk Region. II. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2020;1:17–33. (In Russ.). doi: 10.17076/bg1078

Corradi N. Microsporidia: eukaryotic intracellular parasites shaped by gene loss and horizontal gene transfers. *Annu. Rev. Microbiol.* 2015;69:167–183. doi: 10.1146/annurev-micro-091014-104136

Davis W. J., Amses K. R., Benny G. L., Carter-House D., Chang Y., Grigoriev I., Smith M. E., Spatafora J. W., Stajich J. E., James T. Y. Genome-scale phylogenetics reveals a monophyletic Zoopagales (Zoopagomycota, Fungi). *Mol. Phylogenet. Evol.* 2019;133: 152–163. doi: 10.1016/j.ympev.2019.01.006

Dzurendova S., Losada C. B., Dupuy-Galet B. X. Micromycota fungi as powerful cell factories for modern biorefinery. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2022; 106:101–115. doi: 10.1007/s00253-021-11720-1

Fadeeva M. A., Kravchenko A. V. The role of protected areas in the Karelian part of the Green Belt of Fennoscandia in the conservation of lichens. *Problemy lesnoi fitopatologii i mikologii: Mat-ly IX Mezhdunar. konf., posvyashch. 90-letiyu so dnya rozhdeniya prof. N. I. Fedorova (Minsk, 19–24 oktyabrya 2015) = Problems of forest phytopathology and mycology: Proceed. IX international conf. (Minsk, Oct. 19–24, 2015)*. Minsk: BSTU; 2015. P. 225–228. (In Russ.)

Garibova L. V., Lekomtseva S. N. Fundamentals of mycology: morphology and taxonomy of fungi and fungi-like organisms. Moscow: KMK; 2005. 220 p. (In Russ.)

Gorodnichev R. M., Pestryakova L. A., Ushnit-skaya L. A., Levina S. N., Davydova P. V. Methods of

environmental research. Fundamentals of statistical data processing: a study guide. Yakutsk: SVFU; 2019. 94 p. (In Russ.)

Gruninger R. J., Puniya A. K., Callaghan T. M., Edwards J. E., Youssef N., Dagar S. S., Fliegerova K., Griffith G. W., Forster R., Tsang A., McAllister T., Elshahed M. S. Anaerobic fungi (phylum Neocallimastigomycota): advances in understanding their taxonomy, life cycle, ecology, role and biotechnological potential. *FEMS Microbiol. Ecol.* 2014;90:1–17. doi: 10.1111/1574-6941.12383

Hartwright L. M., Hunter P. J., Walsh J. A. A comparison of *Olpidium* isolates from a range of host plants using internal transcribed spacer sequence analysis and host range studies. *Fungal Biol.* 2010;114(1):26–33. doi: 10.1016/j.mycres.2009.09.008

Humber R. A. Entomophthoromycota: a new overview of some of the oldest terrestrial fungi. *Biology of Microfungi. Ser. Fungal Biology*. Switzerland: Springer; 2016. P. 127–145. doi: 10.1007/978-3-319-29137-6

Index Fungorum. 2025. CABI checklist Database. URL: <http://www.indexfungorum.org> (accessed: 15.04.2025).

James T. Y., Pelin A., Bonen L., Ahrendt S., Sain D., Corradi N., Stajich J. E. Shared signatures of parasitism and phylogenomics unite cryptomycota and microsporidia. *Curr. Biol.* 2013;23:1548–1553. doi: 10.1016/j.cub.2013.06.057

Kazartsev I., Shorohova E., Kushnevskaya E. Decaying *Picea abies* log bark hosts diverse fungal communities. *Fungal Ecology*. 2018;33:1–12. doi: 10.1016/j.funeco.2017.12.005

Kikeeva A. V., Romashkin I. V., Nukolova A. Y., Fomina E. V., Kryshen A. M. Influence of *Picea abies* logs on the distribution of vascular plants in old-growth spruce forests. *Forests*. 2024;15(5):884. doi: 10.3390/f15050884

Kirk P. M., Cannon P. F., Minter D. W., Stalpers J. A. Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi. 10th ed. Wallingford: CAB International; 2008. 771 p.

Kotkova V. M., Krutov V. I., Ruokolainen A. V. Aphylophore fungi in the Kivach Nature Reserve. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2006;10:40–51. (In Russ.)

Kotkova V. M., Ruokolainen A. V. Study of aphylophoroid fungi in the Kivach State Nature Reserve. *Zapovedniki i natsional'nye parki – nauchno-issledovatel'skie laboratorii pod otkrytym nebom: Mat-ly Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem (Petrozavodsk, 12–14 okt. 2021 g.) = Nature reserves and national parks – open-air research laboratories: Proceed. of the All-Russ. scientific and practical conf. with int. part. (Petrozavodsk, Oct. 12–14, 2021)*. Petrozavodsk; 2021. P. 116–118. (In Russ.)

Krutov V. I., Shubin V. I., Predtechenskaya O. O., Ruokolainen A. V., Kotkova V. M., Polevoi A. V., Humala A. E., Yakovlev E. B. Fungi and insects – consorts of forest-forming tree species of Karelia. Petrozavodsk: KarRC RAS; 2009. 199 p. (In Russ.)

Kuznetsov O. L. (ed.). The Red Data Book of the Republic of Karelia. Belgorod: Konstanta; 2020. 448 p. (In Russ.)

Menzel P., Ng K., Krogh A. Fast and sensitive taxonomic classification for metagenomics with Kaiju. *Nat. Commun.* 2016;7(1):11257. doi: 10.1038/ncomms11257

Novozhilov Yu. K., Malysheva V. F., Malysheva E. F., Shchepin O. N., Azarov D. V., Zmitrovich I. V., Volobuev S. V., Kovalenko A. E. Hidden diversity of fungi and fungi-like protists in natural ecosystems: problems and prospects. *Biosfera = Biosphere*. 2016;8(2):202–215. (In Russ.)

Perevedentseva L. G. Mycology: fungi and fungi-like organisms: a study guide. Perm': Perm. gos. un-t; 2009: 199 p. (In Russ.)

Perevedentseva L. G. Mycology: a study guide. Perm: PSNRU; 2022. 168 p. (In Russ.). URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/perevedenceva-mikologiya.pdf> (accessed: 15.04.2025).

Powell M. J. Blastocladiomycota. *Handbook of the Protists*. 2nd ed. Cham: Springer; 2017. P. 1497–1521.

Powell M. J. Chytridiomycota. *Handbook of the Protists*. 2nd ed. Cham: Springer; 2017. P. 1523–1558.

Powell M. J., Letcher P. M., James T. Y. Ultrastructural characterization of the host-parasite interface between *Allomyces anomalus* (Blastocladiomycota) and *Rozella allomycis* (Cryptomycota). *Fungal Biol.* 2017;121(6-7):561–572. doi: 10.1016/j.funbio.2017.03.002

Predtechenskaya O. O. Herbarium of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences. M. V. Freundling's collection of fungi. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2022;1:105–116. (In Russ.). doi: 10.17076/bg1533

Quandt C. A., Beaudet D., Corsaro D., Walochnik J., Michel R., Corradi N., James T. Y. The genome of an intranuclear parasite, *Paramicrosporidium saccamoebae*, reveals alternative adaptations to obligate intracellular parasitism. *eLife*. 2017;6:e29594. doi: 10.7554/eLife.29594

Redecker D., Schüßler A. Glomeromycota systematics and evolution. *The Mycota. Vol. VII. Part A. Systematics and Evolution*. 2nd ed. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag; 2014. P. 251–270.

Reynolds N. K., Benny G. L., Ho H. M., Hou Y.-H., Crous P. W., Smith M. E. Phylogenetic and morphological analyses of the mycoparasitic genus *Piptocephalis*. *Mycologia*. 2019;111(1):54–68. doi: 10.1080/00275514.2018.1538439

Rondon M. R., Goodman R. M., Handelsman J. The Earth's bounty: assessing and accessing soil microbial diversity. *Trends Biotechnol.* 1999;17(10):403–409. doi: 10.1016/s0167-7799(99)01352-9

Ruokolainen A. V., Kotkova V. M. New and rare for the Republic of Karelia species of aphylophoroid fungi (Basidiomycota). *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra*

tra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS. 2016;3:90–96. doi: 10.17076/bg190

Schoch C. L., Ciufu S., Domrachev M., Hotton C. L., Kannan S., Khovanskaya R., Leipe D., Mcveigh R., O'Neill K., Robbertse B., Sharma S., Soussov V., Sullivan J. P., Sun L., Turner S., Karsch-Mizrachi I. NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. *Database*. 2020;2020:baaa062. doi: 10.1093/database/baaa062

Shiryayev A. G., Ruokolainen A. V. Clavarioid fungi of the Kivach Strict Nature Reserve: changes in the diversity of the middle boreal mycobiota along longitudinal gradient. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2017;6:48–60. (In Russ.). doi: 10.17076/bg548

Shorohova E., Kapitsa E. Stand and landscape scale variability in the amount and diversity of coarse woody debris in primeval European boreal forests. *For. Ecol. Manag.* 2015;356:273–284. doi: 10.1016/j.foreco.2015.07.005

Shorokhova E. V. Stores and ecosystem functions of coarse woody debris in taiga forests: DSc (Dr. of Chem.) thesis. St. Petersburg; 2020. 291 p. (In Russ.)

Skorokhodova S. B. Additions to the mycobiota checklist of the Kivach Strict Nature Reserve. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2013;2:105–107. (In Russ.)

Sokolova Yu. Ya. Origin of *Microsporidia* and their systematical position among eukaryotes. *Mikologiya i fitopatologiya = Mycology and Phytopathology*. 2009;43(3):177–192. (In Russ.).

Sukhov A. V. Information about rare and endangered flora found in the Kivach State Nature Reserve. *Fungi. Kivach State Nature Reserve*. 2020. (In Russ.) URL: https://zapkivach.ru/upload/iblock/195/Griby_spisok_redkikh_vidov_Kivach_2020.pdf (accessed: 15.04.2025).

Sukhov A. V. Information about rare and endangered flora found in the Kivach State Nature Reserve. *Lichens. Kivach State Nature Reserve*. 2020. (In Russ.). URL: https://zapkivach.ru/upload/iblock/698/Lishayniki_spisok_redkikh_vidov_Kivach_2020.pdf (accessed: 15.04.2025).

Timofeev S. A., Senderskiy I. V., Zhuravlev V. S., Dolgikh V. V. Microsporidia and their closest relatives: current ideas about the evolution of a unique group of extreme parasites. *Parazitologiya = Parasitology*. 2020;54(5):355–370. (In Russ.). doi: 10.31857/S1234567806050016

Yahr R., Schoch C. L., Dentinger B. T. M. Scaling up discovery of hidden diversity in fungi: impacts of barcoding approaches. *Philos. Trans. R Soc. Lond. B*. 2016;371(1702):20150336. doi: 10.1098/rstb.2015.0336

Поступила в редакцию / received: 22.04.2025; принята к публикации / accepted: 07.10.2025.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Нуколова Анна Юрьевна

младший научный сотрудник

e-mail: a.nukolova@yandex.ru

CONTRIBUTORS:

Nukolova, Anna

Junior Researcher

Кикеева Анастасия Вячеславовна

научный сотрудник

e-mail: avkikeeva@mail.ru

Фомина Елена Викторовна

младший научный сотрудник

e-mail: efen4okfomina@yandex.ru

Ромашкин Иван Вадимович

канд. биол. наук, старший научный сотрудник

e-mail: ivanromashkin1991@mail.ru

Данилов Лаврентий Глебович

канд. биол. наук, младший научный сотрудник

e-mail: danilov@spbu.ru

Крышень Александр Михайлович

д-р биол. наук, главный научный сотрудник

e-mail: kryshen@krc.karelia.ru

Kikeeva, Anastasiia

Researcher

Fomina, Elena

Junior Researcher

Romashkin, Ivan

Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher

Danilov, Lavrentii

Cand. Sci. (Biol.), Junior Researcher

Kryshen, Alexander

Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher