

Национальная академия микологии
ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

**СОВРЕМЕННАЯ МИКОЛОГИЯ
В РОССИИ**

Том 9

**МАТЕРИАЛЫ ПЯТОГО СЪЕЗДА
МИКОЛОГОВ РОССИИ**

Москва
2022

ББК 28.591
УДК 58-616.5
С56

Главный редактор
Сергеев А.Ю.
Заместитель главного редактора
Кураков А.В.

Редакционная коллегия:

Белозерская Т.А.	Левитин М.М.
Бибикова М.В.	Мокеева В.Л.
Биланенко Е.Н.	Мухин В.А.
Бурова С.А.	Озерская С.М.
Бондарцева М.А.	Сидорова И.И.
Воронина Е.Ю.	Ткаченко О.Б.
Гагкаева Т.Ю.	Тремасов М.Ю.
Еланский С.Н.	Толпышева Т.Ю.
Журбенко М.П.	Шнырева А.В.
Кураков А.В.	Чекунова Л.Н.

С56 Современная микология в России. – Т. 9. Материалы 5 Съезда микологов России.
М.: Национальная академия микологии, 2022. – 436 с.

В девятый том периодического сборника научных трудов “Современная микология России” вошли 6 выпусков, содержащих 11 глав материалов Пятого Съезда микологов России, посвященные теоретическим и прикладным вопросам микологии: от генетики и морфологии до грибных биотехнологий. Труды делегатов Съезда, имеющие преимущественное значение для медицины и ветеринарии, вышли в сборнике “Успехи медицинской микологии” за 2022 год.

ББК 28.591
УДК 58-616.5

*Издано в Российской Федерации в рамках программы
и по рекомендации Ученого Совета Национальной академии микологии*

ISBN 978-5-901578-36-0

к высокой влажности при высоко стоящем уровне болотных вод. Эти группы макромицетов хорошо выявляются при ординации или кластеризации количественных данных учетов на площадках. Предварительные данные баркодинга коллекции макромицетов верховых болот. В настоящее время проведен баркодинг половины запланированных образцов и получено 74 последовательности. Из 37 таксонов, определенных по морфологическим признакам, баркодинг показал несколько больше. Поиск ближайшего сходства в BLAST (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) показал высокое сходство с определенными видами в 30 случаях (в том числе 6 – с типовыми образцами), при этом морфологические таксоны подтверждались с помощью поиска ближайшего сходства в BLAST. Остальные таксоны относятся к сложным группам (*Cortinarius sect. Telamonia*, *Cortinarius sect. Dermocybe*, *Galerina*, *Мусена*, *Гимнопус*, *Гимнопилус*), молекулярно-генетическая классификация которых и базы данных последовательностей еще находятся в разработке. В таких группах баркодинг позволил выделить таксоны внутри сложно идентифицируемых морфо-видов. Например, морфологический *Cortinarius aff. bififormis* распался на три таксона: *C. armeniacus*, *C. bififormis/kaufmanianus*, *C. albovariegatus*; морфологический *Cortinarius aff. huronensis* – *C. davemallochii* и *C. bataillei*; морфологический *Cortinarius aff. glandicolor* – *C. glandicolor* и *C. coleoptera*. Продолжение работы по баркодингу и анализы полученных последовательностей позволят уточнить видовое разнообразие макромицетов верховых болот на молекулярно-генетическом уровне.

Список литературы

1. Artz R. 2013. Microbial community structure and carbon cycling in peatlands. In: Baird A. et al. (Eds) Carbon Cycling in Northern Peatlands. v. 184. John Wiley & Sons, Washington, D.C. P. 111–129.
2. Myers B., Webster K.L., McLaughlin J.W., Basiliko N. 2012. Microbial activity across a boreal peatland nutrient gradient: the role of fungi and bacteria. *Wetlands Ecological Management* 20, 77–88, <https://doi.org/10.1007/s11273-011-9242-2>.
3. Rydin H., Jørgensen J.K., Hooijer A. 2006. The biology of peatlands. Oxford University Press, New York. 343 p.
4. Чернов И.Ю. (Ed.). 2013. Функционирование микробных комплексов в верховых торфяниках – анализ причин медленной деструкции торфа. Товарищество научных изданий КМК, М. 128 с.
5. Thormann M. 2006. The Role of Fungi in Boreal Peatlands. In: Wieder R.K., et al. (Eds.), *Boreal Peatland Ecosystems, Ecological Studies*. Springer Berlin Heidelberg, P. 101–123.
6. Thormann M.N., Rice A.V. 2007. Fungi from peatlands. *Fungal diversity* 24, 241–299.
7. Головченко А.В., Кураков А.В., Семенова Т.А., Звягинцев Д.Г. 2013. Обилие, разнообразие, жизнеспособность и факториальная экология грибов в торфяниках. *Почвоведение* 1, 80–97.
8. Lodge D.J., Ammirati J.F., O'Dell T.E. et al. 2004. Terrestrial and lignicolous macrofungi. In: Mueller G.M. et al. (Eds). *Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods*. Elsevier Academic Press, Amsterdam, Boston. P. 127–172.
9. Dyukarev E., Filippova N., Karpov D., et al. 2021. Hydrometeorological dataset of West Siberian boreal peatland: a 10-year record from the Mukhrino field station. *Earth Syst. Sci. Data*, 13, 2595–2605, <https://doi.org/10.5194/essd-13-2595-2021>.
10. Wu Q., Thiers B., Pfister D. 2004. Preparation, preservation, and use of fungal specimens in herbaria. In: Mueller G.M. et al. (Eds). *Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods*. Elsevier Academic Press, Amsterdam, Boston. P. 23–36.
11. Filippova N. 2021. Plot-based observations of macrofungi in raised bogs in Western Siberia (2014–2020). Version 1.27. Yugra State University Biological Collection (YSU BC). Sampling event dataset <https://doi.org/10.15468/e9g5ri> accessed via GBIF.org on 2021-12-03.
12. Filippova N. 2022. Plot-based observations of macrofungi in raised bogs in Western Siberia (2014–2021). Version 1.31. Yugra State University Biological Collection (YSU BC). Sampling event dataset <https://doi.org/10.15468/e9g5ri> accessed via GBIF.org on 2022-08-21.
13. Hansen L., Knudsen H. (Eds.) 2018. *Funga Nordica. Nordsvamp: Denmark*. V. 1, 2. 1083 p.
14. Gardes M., Bruns T. 2008. ITS Primers with enhanced specificity for Basidiomycetes – Application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology*, 2, 113–118, 10.1111/j.1365-294X.1993.tb00005.x.

ВИДОВОЙ СОСТАВ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ БОЛЕЗНЕЙ ХВОИ И ПОБЕГОВ СОСНЫ В ГОРОДСКИХ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

EDN: HXGTVE

Головченко Л.А.¹, Дишук Н.Г.¹, Пантелеев С.В.²

¹Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

²Институт леса НАН Беларуси, г. Гомель, Республики Беларусь

Видовой состав возбудителей болезней сосны составляют как высоко опасные виды, способные вызывать усыхание и отмирание растений, так и умеренно и мало опасные. Однако в последние десятилетия в Республике Беларусь и в соседних странах отмечено проникновение и распространение инвазивных фитопатогенов, возрастание вредности возбудителей, не имевших ранее хозяйственной значимости [1, 2]. Сведения о значительном числе бо-

лей хвои и побегов сосны в Беларуси долгое время оставались фрагментарными, целенаправленное их изучение начато недавно [3, 4].

В период 2016–2022 гг. сотрудниками лаборатории защиты растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси проведено обследование аборигенного (*Pinus sylvestris*) и интродуцированных видов сосны на урбанизированных территориях республики: в зеленых насаждениях

Минска, областных и районных центров. Идентификацию возбудителей болезней проводили по общепринятым в фитопатологии и микологии методикам, верификацию – методами метагеномного анализа и секвенирования (в лаборатории геномных исследований и биоинформатики Института леса НАН Беларуси). В данной работе приведены краткие результаты проведенного обследования.

Видовое разнообразие сосен на урбанизированных территориях республики невелико. В основном, это старые экземпляры сосны обыкновенной в парках, скверах, улицах, сбор образцов хвои и побегов с которых крайне затруднителен, а также отдельные, относительно молодые, экземпляры интродуцированных видов сосен и группы из них на территориях около администраций, бизнес-центров и т.п. В результате обработки собранного микологического материала выявлены 12 видов микромицетов: *Lecanosticta acicola* (Thüm.) Syd. (на *Pinus nigra*), *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko & B. Sutton. (на *P. mugo*, *P. nigra*), *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) M. Morelet. (на *P. mugo*, *Pinus* sp.), *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chevall. (на *P. mugo*, *P. nigra*, *P. sylvestris*), *Cyclaneusma minus* (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter. (на *P. mugo*, *P. nigra*), *Truncatella hartigii* (Tubeu) Steyaert. (на *Pinus* sp.), *Pestalotiopsis funerea* (Desm.) Steyaert (на *P. mugo*), *Neocatenulostroma germanicum* (Crous & U. Braun) Quaedvl. & Crous. (на *P. mugo*, *P. nigra*), *Cladosporium* sp. (на *Pinus nigra*), *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. (на *P. nigra*), *Phoma* комплекс (на *P. nigra*), *Aureobasidium pullulans* (de Bary & Löwenthal) G. Arnaud (на *P. nigra*).

Среди выявленных микромицетов следует отметить виды, способные вызывать преждевременное опадение хвои, усыхание и гибель молодых сосен, ослабление взрослых деревьев. Среди них инвазивный вид *Lecanosticta acicola* – возбудитель коричневого пятнистого ожога хвои сосны, который во многих странах наносит значительный ущерб сосновым насаждениям, в Беларуси является карантинным объектом. По всей кроне на хвоинках появляются желтые и коричневатобурые пятна широко-клиновидной формы, некротические полосы с желтой каймой. На некоторых хвоинках отмечается пожелтение и побурение верхней части. Пораженная хвоя постепенно усыхает и при прикосновении легко осыпается. Много опавшей хвои задерживается на ветках в кроне сосны. Возбудитель болезни высоко вредоносный, так как заражает не только старую, но и молодую хвою, не достигшую однолетнего возраста. В период проведения исследований выявлен единственный случай болезни на хвое сосны черной в насаждениях Минска.

Диплодиоз, или болезнь увядания вершинных побегов сосны (возбудитель – гриб *Sphaeropsis sapinea*), а также склеродерриевый, или побеговый, рак хвойных пород (возбудитель – гриб *Gremmeniella abietina*) выявлены на разных видах сосны, как на молодых, так и на старых деревьях, повсеместно. До сих пор дискуссионным остается вопрос, являются ли эти виды чужеродными для республики. Независимо от этого, поражение сосен этими грибами приводит к значительному снижению декоративности насаждений, а для молодых деревьев это высоко вредоносные виды, поражение которыми может иметь разрушительные последствия – приводить к усыханию и гибели растений [1].

Повсеместно на урбанизированных территориях распространен возбудитель обыкновенного шютте (гриб *Lophodermium pinastri*). Гриб встречается во всех районах выращивания сосны, поражает сосну обыкновенную, кедровую сибирскую, горную, черную и другие виды [5, 6]. Считается, что взрослым насаждениям обыкновенное шютте не наносит существенного ущерба [5, 7], однако в

период проведения исследования мы регулярно выделяли данный вид из однолетней хвои, что указывает на его потенциально высокую вредоносность.

Болезнь пожелтения хвои сосны (возбудитель – гриб *Cyclaneusma minus*) также распространена на урбанизированных территориях республики повсеместно. Поражается хвоя всех возрастов, в том числе однолетняя, ветки с усыхающей хвоей располагаются по всему периметру кроны. По литературным данным, болезнь вызывает усыхание и опадение одно- и двух-летней хвои, ослабление молодых сосен в культурах и подроста, в период эпифитотий способна наносить значительный экономический ущерб [2, 5].

В большинстве проанализированных образцов хвои сосны горной и черной, часто в комплексе с другими грибами, присутствовал также гриб *Neocatenulostroma germanicum*, вредоносность которого и инвазионный статус пока неясны. В соседних странах исследователи рассматривают этот вид как потенциально опасный, вызывающий побурение хвои [8].

Песталоциеподобные грибы, вызывающие некротическое поражение побегов и гниль хвои-нок (*Pestalotiopsis funerea*, *Truncatella hartigii*) на соснах встречались редко, в основном, на ослабленных растениях, в комплексе с другими микромицетами. Способны наносить значительный ущерб в питомниках, вызывая гибель хвои и ветвей, а также стволиков сеянцев и молодых саженцев [1].

Следует отметить, что в основном спектр грибной инфекции был поливидовым: практически в каждом исследуемом образце хвои, побегов сосны отмечено наличие более чем одного вида грибов. Вполне возможно, что фитопатогенные комплексы могут характеризоваться большей вредоносностью, по сравнению с моноинфекциями. Аддитивный характер взаимоотношений грибов в патосистемах может вызывать появление новых или изменение типичных симптомов болезни, что усложняет постановку диагноза и затрудняет разработку защитных мероприятий. Сведения по биологии большинства вышеупомянутых патогенов, их встречаемости, вредоносности, путях распространения на территории республики пока разрозненны и немногочисленны. В связи с их потенциальной вредоносностью, проведение фитосанитарного мониторинга будет продолжено.

Список литературы

1. Жуков А.М., Гниненко Ю.И., Жуков П.Д. Опасные малоизученные болезни хвойных пород в лесах России: изд. 2-е, испр. и доп. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2013. – 128 с.
2. Drenkhan R., Hanso M. Recent invasion of foliage fungi of pines (*Pinus* spp.) to the North-ern Baltics // *Forestry Studies*. – 2009. – Vol. 51. – P. 49-64.
3. Головченко Л.А., Дишук Н.Г., Пантелеев С.В., Баранов О.Ю. Новый инвазивный вид *Mycosphaerella dearnessii* в составе микобиоты хвои сосны на территории Беларуси // *Весті НАН Беларусі. Сер. біял. навук.* – 2020. – Т. 65, № 1. – С.98-105.
4. Головченко Л.А., Дишук Н.Г., Пантелеев С.В., Баранов О.Ю. Новые данные о распространении инвазивного вида *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet на территории Беларуси // *Весті НАН Беларусі. Сер. біял. навук.* – 2021. – Т. 66, № 2. – С. 147-158.
5. Кузьмичев Е.П., Соколова Э.С., Мозолевская Е.Г. Болезни древесных растений: справочник [Болезни и вредители в лесах России. Том 1.]. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 120 с.

6. Синадский Ю.В. Сосна. Ее вредители и болезни. – М.: Наука, 1983. – 344 с.
7. Федоров Н.И. Лесная фитопатология: учеб. для студентов специальности «Лесное хозяйство». – Мн.: БГТУ, 2004. – 462 с.
8. Markovskaja S., Kačergius A., Davydenko S. First record of *Neocatenulostroma germanicum* on pines in Lithuania and Ukraine and its co-occurrence with *Dothistroma* spp. and other pathogens // *Forest Pathology*. – 2016. – Vol. 46, Iss. 5. – P. 522-533.

ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ БЕЗЛИНЗОВОЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ И ОПТИЧЕСКОГО, В ТОМ ЧИСЛЕ ЛАЗЕРНОГО АЭРОЗОЛЬНОГО АНАЛИЗА В ПРИЛОЖЕНИИ К АНАЛИЗУ СПОР НА ЧИПЕ И В ПРОЕКЦИОННЫХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ШЛИРЕН-ЯЧЕЙКАХ: ИДЕНТИФИКАЦИЯ И МОНИТОРИНГ

Градов О.В.¹, Жуланов Ю.В.^{2,3}, Макавеев П.Ю.^{1,2,3}, Марнаутов Н.А.⁴

¹ ФИЦ ХФ РАН им. Н.Н. Семенова РАН, Москва

² ИФА РАН им. А. М. Обухова РАН, Москва

³ НИФХИ им. Л. Я. Карпова, Москва

⁴ ИБХФ РАН им. Н.М. Эмануэля, Москва

Общеизвестна роль грибных спор в формировании биогенных аэрозолей, в том числе аэрозолей, проникающих в жилища человека и имеющих прямое отношение к санитарии и гигиене [1,2]. Поэтому логичным представляется внедрение методов контроля аэро-золей с распознаванием образов в мониторинге воздушных сред помещений в целях медицинской микологии. В то же время, реализовать в режиме онлайн-мониторинга подсчет отдельных типов спор классическими лабораторными методами типа цитометрии и флуоресцентного сортирования с использованием меток, очевидно, не представляется возможным. Поэтому надо искать новые методы анализа, эксплицируя их из физики аэро-золевых систем как таковых – без химической модификации и внедрения меток (label-free analysis).

С классических работ коллектива академика И.В. Соколова-Петрянова по аэрозолям, завершившихся разработкой промышленных диффузионных аэрозольных спектрометров, а также автоматов, использовавшихся для анализа облачности атмосферы Венеры [3-6], известны принципы построения оптических установок контроля аэродисперсных систем с различными углами регистрации [7]. Эти схемы контроля используются и в XXI в. [8,9].

Подобные установки превосходят по угловым характеристикам обычные цитометры: «так как вид функции... зависит также и от угла, под которым собирается рассеянный свет, и от апертуры приемника», возможно улучшить «чувствительность амплитуды импульса к коэффициенту преломления... для углов сбора рассеянного света 75-105° и 31-54°»... «для частиц размером от 0,5 мкм и выше». При этом, «...благоприятные условия для раздельной регистрации создаются при углах 31-54°» [7]. То есть, на схеме с пере-страиваемым углом, работающей на принципах микрорефрактометрического анализа, можно получить больше информации о габитусе спор, чем в стандартных цитометрах, использующих окрашивание образца флуорохромами, так как стандартные проточные цитометры детектируют только: а) рассеяние света под малыми углами (от 1° до 10°); б) рассеяние света под углом 90°; так как вся информация снимается по множеству флуоресцентных каналов (от 2х до 20, но это требует использования соответствующей номен-клатуры дорогостоящих красителей). Но, в то же время, классические аэрозольные методы с различными углами контроля, не ведут к получению достаточно полной информации о габитусе частиц, что является необходимым для постановки задач идентификации в количественной спорометрии. Поэтому необходим комплементарный метод контроля габитуса спор на входе в аэрозольный счетчик или же в самой измерительной ячей-

ке (в ряде специальных случаев возможен также анализ *in situ* в плоскости фильтров, но этот подход мы не рассматриваем в настоящем докладе).

Одним из наиболее современных методов контроля аэрозолей является безлинзовая, в том числе голографическая (то есть, по определению, многоугольная по схеме измерения) микроскопия [10,11]. Она используется также для анализа биоаэрозолей [12,13]. На том же принципе голографической регистрации действуют безлинзовые цитометры [14-17]. Такие приборы могут быть использованы и для анализа грибков (например – дрожжей [18]) и их спор (например, для микроспоридий [19]). При использовании технологий распознавания образов и машинного обучения [20,21], позволяющих идентифицировать микроструктуры на чипе или в проекционной ячейке, данный метод может быть использован как референс-метод или способ валидации видовой или таксономической идентификации спор на входе в аэрозольный счетчик. Калибровку такого оборудования спорами можно осуществлять на установках с аэрозольными генераторами спор [22-24].

Список литературы

1. Kanaani H., Hargreaves M., Ristovski Z., Morawska L. Deposition rates of fungal spores in indoor environments, factors effecting them and comparison with non-biological aerosols // *Atmospheric Environment*. – 2008. – V. 42. – Iss. 30. – P. 7141-7154.
2. Zhu C., Kawamura K., Fukuda Y., Mochida M., Iwamoto Y. Fungal spores overwhelm biogenic organic aerosols in a midlatitudinal forest // *Atmospheric Chemistry and Physics*. – 2016. – V. 16. – Iss. 11. – P. 7497-7506.
3. Zhulanov Y. V., Mukhin L. M., Nenarokov D. F. Aerosol counts in venus clouds-preliminary VEGA-1 and VEGA-2 density profiles h= 63-47-km // *Soviet Astronomy Letters*. – 1986. – Vol. 12. – P. 49-52.
4. Жуланов Ю. В., Мухин Л. М., Ненарокров Д. Ф. О механизмах формирования облачного слоя атмосферы Венеры // Доклады Академии наук СССР. — 1987. — Т. 295, № 2. — С. 330-334.
5. Жуланов Ю.В., Мухин Л.М., Ненарокров Д.Ф., Лушников А.А., Петрянов И.В. О структуре облачного слоя атмосферы Венеры (проект “Bera”) // Доклады Академии наук СССР. — 1987. — Т. 292, № 6. — С. 1329-1333.
6. Жуланов Ю.В., Мухин Л.М., Ненарокров Д.Ф., Лушников А.А., Петрянов-Соколов И.В. Спектры размеров частиц облачного слоя атмосферы Венеры (эксперимент “Bera”) / Ю. В. Жуланов, Л. М. Мухин, Д. Ф. Нена-