

А.Г. Ширяев¹, Т.С. Булгаков², И.В. Змитрович³

ЧУЖЕРОДНАЯ МИКОБИОТА РОССИИ: ВИДОВОЙ СОСТАВ И ЕГО МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук»

³Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук

История изучения чужеродной микобиоты в России насчитывает два столетия, однако до сих пор отсутствуют аннотированные списки видов даже для наиболее хорошо изученных регионов. Для ряда регионов подведены итоги изучения отдельных модельных трофических групп. Показано, что число чужеродных видов грибов растет по экспоненте. Увеличение числа чужеродных видов грибов положительно коррелирует с богатством видового состава интродуцентов, успешность акклиматизации которых обусловлена потеплением климата.

Ключевые слова: инвазия, грибы, интродукция, изменение климата

Цитирование: Ширяев А.Г., Булгаков Т.С., Змитрович И.В. Чужеродная микобиота России: видовой состав и его многолетняя динамика // Промышленная ботаника. 2024. Вып. 24, № 2. С. 196–200. DOI: 10.5281/zenodo.13324022

Введение

Инвазионные виды наносят ущерб сельскому и лесному хозяйству, рыболовству, водоснабжению и различным компонентам городской инфраструктуры во всем мире на сумму около 0,5 триллионов долларов в год. Денежные потери, учитывая инфляцию, увеличивались в четыре раза за каждое десятилетие, начиная с 1970 г. [6]. В России экономический ущерб от деятельности инвазионной микобиоты составляет 4,46 миллиардов долларов, или 8,7 % от потерь за период с 2007 по 2019 гг. [7].

Несмотря на более чем двухвековую историю изучения чужеродных грибов в России, даже в наиболее исследованных регионах отсутствуют полноценные аннотированные списки грибов (включая чужеродные), что не позволяет объективно оценить как общее разно-

образии, так и долю чужеродных таксонов. Для подавляющего числа чужеродных видов грибов не известен «год первого выявления» в России или регионах, для многих видов отсутствует информация об основных субстратах (хозяевах), неясны способы и пути проникновения.

В мире около 3000 видов грибов и грибоподобных организмов могут быть охарактеризованы как чужеродные для своих современных местообитаний [9]. Это представители отделов Ascomycota, Basidiomycota, Chytridiomycota, Microsporidia, Oomycota [13]. На континентальном и региональном уровнях порядка 80 % видов чужеродных грибов относятся к патогенам растений, значительно меньшее число видов являются паразитами животных, гумусовыми и подстилочными сапротрофами, а также микори-

зоообразователями. Лишайники (лихенизированные грибы) и грибные патогены человека традиционно не включаются в данный перечень [9].

В России наиболее продолжительной историей изучения чужеродных видов грибов характеризуются Московская область и Москва, Ленинградская область и Санкт-Петербург, Ростовская и Свердловская области, Крым и Краснодарский край [11].

В книге «Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100)» [3] приводятся лишь четыре вида грибов и оомицетов: возбудители голландской болезни вязов (*Ophiostoma novoulmi* Brasier; Ascomycota), ржавчины ольхи (*Melampsorium hiratsukanum* S. Ito ex Hirats. f.; Basidiomycota), чумы раков (*Aphanomyces astaci* Schikora; Oomycota) и хитридиоза земноводных (*Batrachochytrium dendrobatidis* Longcore, Pessier & D.K. Nichols; Chytridiomycota). Они выявлены в различных регионах, но все четыре найдены лишь в Московской и Свердловской областях.

Для Свердловской области к настоящему времени подведены итоги изучения чужеродных грибов, развивающихся на интродуцированной дендрофлоре (сапротрофы на древесине, патогены древесных растений и микоризообразователи). Установлено, что первый гриб из данной группы был собран в г. Екатеринбурге в 1869 г. на *Quercus robur* L. Ко времени революции 1917 г. число известных чужеродных видов грибов достигло 40, а к настоящему времени известно уже 330 видов [10]. При этом выявленное число видов растет по экспоненте с каждым новым десятилетием [11]. Количество чужеродных видов грибов увеличивается в связи с быстрым ростом числа древесных интродуцентов, с которыми они ассоциированы ($r = 0,98$, $p = 0,001$). В свою очередь возможность завоза с целью акклиматизации все большего числа видов интродуцентов связана с потеплением климата. За 120 лет среднегодовая температура воздуха на Среднем Урале выросла на 3,5 °C – от 1,0 °C до 4,5 °C [4]. Установлена сильная положительная связь между числом видов грибов и среднегодовой температурой ($r = 0,99$, $p = 0,001$). За 160-летний период с момента сбора первого чужеродного вида на Среднем Урале

установлены пять пиков выявления чужеродных грибов, которые соответствуют периодам активной интродукции новых видов растений [11].

Рост по экспоненте числа выявленных видов чужеродных грибов отмечается во всех странах мира [9], и во всех исследованиях подчеркивается ведущая роль в этом процессе интродукции растений [13]. Отличия многолетней динамики для Среднего Урала и Европы заключаются лишь в истории первого выявления чужеродных видов, поскольку их изучение в европейских странах началось раньше почти на столетие.

В европейских странах на чужеродных видах древесных растений преобладают местные виды макромицетов, тогда как доля чужеродных варьирует в пределах 7–41 % от общего числа видов [13]. Схожие параметры выявлены в Екатеринбурге, где число видов чужеродных афиллофоровых грибов составляет 34 % [11]. При этом для отдельных видов древесных растений этот показатель находится в диапазоне 35–40 %, а, например, для *Acer negundo* L. достигает 46 %. С микромицетами противоположная ситуация – на многих интродуцентах развивается специфическая микобиота, в связи с чем на растениях таких экзотических для Среднего Урала родов как *Actinidia* Lindl., *Aesculus* L., *Chaenomeles* Lindl., *Cotinus* Mill., *Elaeagnus* Tourn. ex L., *Eleutherococcus* Maxim., *Morus* L., *Juglans* L., *Rhododendron* L., *Symphoricarpos* Duhamel, *Vitis* L. и др. доля чужеродных грибов достигает 74–100 %. На Среднем Урале доля чужеродных макромицетов на древесных интродуцентах в 4,3 раза ниже, чем доля чужеродных микромицетов, и они достоверно различаются ($p = 0,0001$).

В Санкт-Петербурге, Москве, Екатеринбурге от 21 до 36 % чужеродных видов грибов характеризуются всего 1–3 находками. Такие грибы не были собраны после исчерпания (исчезновения) растения-хозяина. Под исчезнувшими понимаем виды, не найденные более 50 лет. Тем не менее, есть виды, которые вновь были найдены спустя 80 лет. Например, *Ascochyta philadelphi* Sacc. & Speg. – фитопатоген на листьях *Philadelphus coronarius* L., который собирали в Екатеринбурге в 1887 г., и затем в те-

чение 135 лет этот вид не выявлялся вплоть до 2022 г., хотя его растение-хозяин непрерывно произрастало в городе все эти годы.

Несмотря на то, что Екатеринбург расположен в таежной зоне, вдали от центров видообразования растений и грибов, а также европейских и московских питомников, здесь на интродуцентах выявлено шесть новых для России видов грибов. На чужеродных древесных растениях обнаружены такие виды макромицетов как восточноазиатские *Physalacria cryptomeriae* Berthier & Rogerson и *Laetiporus cremeiporus* Y. Ota & T. Hatt. – выявленные на интродуцированных восточноазиатских *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L. f.) D.Don и *Quercus mongolica* Fisch. ex Lebed., а также *Botryobasidium rubiginosum* (Fr.) Rossman & W.C. Allen и *Physalacria inflata* (Fr.) Peck – виды преимущественно тропического распространения, собранные на *Acer negundo* и *Magnolia obovata* Thunb. Выявлен также тропический инвазионный микроскопический гриб – *Alternaria obtusa* B.W. Ferreira & R.W. Barreto, вызывающий болезнь пятнистости листьев «тропической» настурции (*Tropaeolum majus* L.), а также центральноазиатский вид *Ramularia bergeniae* Vasyag., поражающий листья бадана (*Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch.) [11].

На Среднем Урале выявлены карантинные виды грибов, которые, согласно Единому перечню карантинных объектов [2] отсутствуют или ограниченно распространены на территории ЕАЭС: *Cronartium fusiforme* Peck ex Hedge. & N.R. Hunt, *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya, *Monilinia fructicola* (G. Winter) Honey, *Puccinia horiana* Henn., *P. pelargonii-zonalis* Doidge. За прошедшие пять лет в регионе впервые выявлен ряд опасных болезней древесных растений, вызываемых чужеродными инвазионными грибами: голландская болезнь язвов, халаровый некроз ясеней, а также усыхание пихт [1, 11]. В 2022 г. на листьях каштана конского в Екатеринбурге впервые обнаружен инвазионный мучнисторосяной гриб *Erysiphe flexuosa* (Peck) U. Braun & S. Takam., а также охридский минер *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic. [10].

По предварительным подсчетам, в европейских странах в естественные местообитания

расселяются не более 10 % чужеродных видов грибов, которые переходят в категорию инвазионных видов [8]; большинство чужеродных видов остаются в антропогенных местообитаниях и приурочены в основном к культивируемым и синантропным растениям. Нами получена схожая оценка для чужеродных видов, развивающихся на древесных растениях Среднего Урала [11]. В этой связи следует отметить, что в мире отсутствует классификация чужеродных видов грибов по степени натурализации и опасности для экосистем. Разработка такой классификации является одним из приоритетных направлений наших исследований, что и позволит приступить к формированию перечня наиболее опасных видов грибов (Черного списка микобиоты) модельных регионов Российской Федерации.

В естественных условиях России с ростом континентальности климата, вероятно, снижается общее видовое богатство грибов [5, 12], в связи с чем можно предположить, что и для чужеродных видов характерна схожая тенденция. Однако по ряду показателей наши первые результаты свидетельствуют, что в континентальных районах Евразии скорость инвазий не ниже, а зачастую и выше на региональном и локальном уровнях по сравнению с территориями, расположенными в более мягком климате (Санкт-Петербург, Москва), и в хорошо изученных европейских странах.

На примере некоторых видов инвазионных патогенов (голландская болезнь язвов, мучнистая роса орешника, караганы и бузины; монилиоз косточковых и т.д.) видно, как потепление климата и обусловленное этим увеличение численности и возраста древесных растений позволяет натурализоваться в регионе наиболее опасным болезням, что впоследствии способствует их распространению и в естественные биотопы.

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект № 24-24-00271).

1. Баранчиков Ю.Н., Пономарев В.И., Кириченко Н.И., Ефременко А.А., Пашенова Н.В. Гросмания аошимы – инвазионный фитопатоген пихт сопровождает уссурийского полиграфа на Среднем Урале // *Фундаментальные*

Промышленная ботаника, 2024. Вып.24, № 2.

- и прикладные аспекты продовольственной безопасности. Сборник научных трудов VI Всероссийской научно-практической конференции (Большие Вяземы, 21–24 ноября 2023 г.). Большие Вяземы, 2023. С. 38–40.
2. *Единый* перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза. Утвержден Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 30 ноября 2016 г. N 158. С изменениями от 25 января 2022 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vniikr.ru/dokumenty/epko-eaes/> (дата обращения 01.04.2024)
 3. *Самые* опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / под ред. Ю.Ю. Дгебуадзе, В.Г. Петросяна, Л.А. Хляп. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. 688 с.
 4. *Третий* оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. СПб.: Научное издание, 2022. 124 с.
 5. *Ширяев А.Г.*, Морозова О.В. Широкий градиент разнообразия грибов и сосудистых растений в европейской части России // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2020. Т. 65, N 2. С. 245–263.
 6. *IPBES*. Summary for Policymakers of the Thematic Assessment Report on Invasive Alien Species and their Control of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services / Roy H.E., Pauchard A., Stoett P., et al. (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany, 2023. 56 p.
 7. *Kirichenko N.*, Haubrock P.J., Cuthbert R.N., Akulov E., Karimova E., Shneider Y., Liu C., Angulo E., Diagne C., Courchamp F. Economic costs of biological invasions in terrestrial ecosystems in Russia // *NeoBiota*. 2021. Vol. 67. P. 103–130.
 8. *Rabitsch W.*, Nehring S. (Hrsg.) Naturschutzfachliche Invasivitäts-bewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde terrestrische Moose, Flechten und Pilze // *BfN-Skripten* N 603. 2021. S. 1–121.
 9. *Schertle A.*, Lenzner B., Dullinger S., Moser D. Bufford J.L., Ghelardini L., Santini A., Capinha C., Monteiro M., Reino L., Wingfield M.J., Seebens H., Thines M., Dawson W., van Kleunen M., Kreft H., Pergl J., Pyšek P., Weigelt P., Winter M., Essl F. Biogeography and global flows of 100 major alien fungal and fungus-like oomycete pathogens // *Journal of Biogeography*. 2024. Vol. 51, Iss. 4. P. 599–617.
 10. *Shiryayev A.G.*, Bulgakov T.S., Zmitrovich I.V., Shiryayeva O.S., Budimirov A.S., Dudka V.A. New species of fungi for Sverdlovsk region (The Middle Urals, Russia) on alien and aborigine woody plants // *Микология и фитопатология*. 2023. Т. 57, Вып. 6. С. 417–424.
 11. *Shiryayev A.G.*, Kiseleva O.A. Greenway Planning in Ekaterinburg City: Unaccounted Phytopathological Problems of the Urban Strategy Project // *Contemporary Problems of Ecology*. 2023. Vol. 16, Iss. 4. P. 509–527.
 12. *Tedersoo L.*, Bahram M., Põlme S., Kõljalg U., Yorou N.S., Wijesundera R., Ruiz L.V., Vasco-Palacios A.M., Thu P.Q., Suija A., Smith M.E., Sharp C., Saluveer E., Saitta A., Rosas M., Riit T., Ratkowsky D., Pritsch K., Põldmaa K., Piepenbring M., Phosri C., Peterson M., Parts K., Pärtel K., Otsing E., Nouhra E., Njouonkou A.L., Nilsson R.H., Morgado L.N., Mayor J., May T.W., Majukim L., Lodge D.J., Lee S.S., Larsson K.-H., Kohout P., Hosaka K., Hiiasalu I., Henkel T.W., Harend H., Guo L., Greslebin A., Gretlet G., Geml J., Gates G., Dunstan W., Dunk C., Drenkhan R., Dearnaley J., De Kesel A., Dang T., Chen X., Buegger F., Brearley F.Q., Bonito G., Anslan S., Abell S., Abarenkov K. Global diversity and geography of soil fungi // *Science*. 2014. Vol. 346, Iss. 6213. P. 1256688.
 13. *Voglmayr H.*, Schertler A., Essl F., Krisai-Greilhuber I. Alien and cryptogenic fungi and oomycetes in Austria: an annotated checklist (2nd edition) // *Biological Invasions*. 2023. Vol. 25, Iss. 1. P. 27–38.

Поступила в редакцию: 22.04.2024

UDC 581.151

ALIEN MYCOBIOTA OF RUSSIA: SPECIES STRUCTURE AND LONG-TERM DYNAMICS

A.G. Shiryaev¹, T.S. Bulgakov², I.V. Zmitrovich³

¹Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

²Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences

³Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences

The history of studying alien mycobiota in Russia goes back two centuries, but there are still no annotated lists of species even for the most well-studied regions. For a number of regions, the results of the study of individual model trophic groups are summarized. It has been shown that the number of alien fungal species is growing exponentially. The increase in the number of alien fungal species positively correlates with the richness of species composition of introduced tree species, the success of which is due to climate warming.

Key words: invasion, fungi, introduction, climate change

Citation: Shiryaev A.G., Bulgakov T.S., Zmitrovich I.V. Alien mycobiota of Russia: species structure and long-term dynamics // *Industrial Botany*. 2024. Vol. 24, N 2. P. 196–200. DOI: 10.5281/zenodo.13324022
