

Кирцидели И.Ю.¹, Власов Д.Ю.^{1,2}, Зеленская М.С.², Баранцевич Е.П.³, Новожилов Ю.К.¹, Крыленков В.А.², Чуркина И.В.³, Соколов В.Т.⁴

АНТРОПОГЕННАЯ МОДИФИКАЦИЯ МИКОБИОТЫ НА ОСТРОВЕ ВИЗЕ В КАРСКОМ МОРЕ

¹ФГБУН Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук, 197376, Санкт-Петербург;

²ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», 199034, Санкт-Петербург;

³Северо-Западный федеральный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 197341, Санкт-Петербург;

⁴ФГБУ Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, 199397, Санкт-Петербург

Введение. В статье приведены результаты микологического исследования почв, субстратов и аэромикоты на острове Визе в Карском море, одного из самых северных поселений России.

Материал и методы. Выделение микромицетов из почв и антропогенных материалов проводилось стандартными микробиологическими методами посева. Забор проб воздуха проводился при помощи пробоотборников на питательные среды. Идентификацию микромицетов проводили с применением стандартных методик и определителей, включая секвенирование части изолятов по регионам ITS1 и ITS2.

Результаты. Результаты микологического анализа проб о. Визе показали наличие микромицетов в большинстве изученных проб. Отмечено явное доминирование тёмноокрашенных грибов на антропогенно привнесённых материалах. Идентифицировано 59 видов микроскопических грибов. В почвах было выделено 40 видов. Из них в антропогенно загрязнённых почвах выделено 30 видов, а в контрольных «чистых» почвах – 17 видов. Из материалов искусственного и естественного происхождения было выделено 25 видов микромицетов. Отмечается общая тенденция снижения видового разнообразия и численности микромицетов по мере возрастания глубины почвы. В антропогенно загрязнённых почвах не только изменялся видовой состав, но и встречаемость доминантных видов. Расчёт индексов микологической опасности (I_m) показал критические значения (более 8) для комплексов микромицетов антропогенно загрязнённой почвы.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности использования структуры комплексов микромицетов в качестве индикаторного показателя антропогенного воздействия на экосистемы Арктики.

Ключевые слова: микобиота; микробные сообщества; Арктика; высокие широты; антропогенное влияние; антропогенные субстраты; почва; аэромикота.

Для цитирования: Кирцидели И.Ю., Власов Д.Ю., Зеленская М.С., Баранцевич Е.П., Новожилов Ю.К., Крыленков В.А., Чуркина И.В., Соколов В.Т. Антропогенная модификация микобиоты на острове Визе в Карском море. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(11): 1058-63. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-11-1058-63>

Для корреспонденции: Кирцидели Ирина Юрьевна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. отдела микологии Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН. E-mail: microfungi@mail.ru

Kirtsideli I.Yu.¹, Vlasov D.Yu.^{1,2}, Zelenskaya M.S.², Barantsevich E.P.³, Novozhilov Yu.K.¹, Krylenkov V.A.², Churkina I.V.³, Sokolov V.T.⁴

ANTHROPOGENIC MODIFICATION OF MYCOBIOTA ON VIZE ISLAND (IN THE KARA SEA)

¹Botanical Institute of Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, 197376, Russian Federation;

²Saint-Petersburg State University, St. Petersburg, 199034, Russian Federation;

³V.A. North-western Almazov Federal Medical Research Center, 197341, St. Petersburg, Russian Federation;

⁴Arctic and Antarctic Research Institute, 199397, St. Petersburg, Russian Federation

This article presents the results of mycological studies of soils, substrate and airborne fungi on the Vize island in the Kara Sea (one of the most northern settlements of Russia). Mycological analysis of samples from the Vize island showed the presence of microfungi in most of the studied samples. There is a domination of dark-colored fungi on anthropogenically introduced materials. Among the introduced microfungi a significant proportion of the species known as destructors of materials, as well as the conditional pathogens of humans. 59 species of microfungi were identified. 40 microfungi species were isolated from soils. 30 species were isolated from anthropogenic contaminated soils and 17 in control ("pure") soils. There is a general tendency to the reduction the species diversity and the number of microfungi as the soil depth increases. In anthropogenic contaminated soils, not only the species composition changed, but also the dominant species. The calculation of mycological hazard indices (I_m) showed critical values (more than 8) for microfungi complexes of anthropogenic contaminated soil. The obtained data indicate a qualitative difference in the complexes of microfungi in control and contaminated soils. 25 species of microfungi were isolated from artificial and natural materials. Dark-colored microfungi dominated the anthropogenic substrates. The predominant group of microfungi from artificial and natural materials were known as destructors of various materials and as human pathogens. The airborne fungi of the studied territories were characterized by low numbers and species composition. In general, the share of conditionally pathogenic microfungi in the studied habitats of the island Vize

ranged from 33% to 75%. The obtained data testify of expediency to using the structure of microfungi complexes as an index the of anthropogenic impact on ecosystems of the Arctic.

Key words: *microbial communities; mycobiota; Arctic; anthropogenic influence; anthropogenic substrates; soil; air.*

For citation: Kirtsideli I.Yu., Vlasov D.Yu., Zelenskaya M.S., Barantsevich E.P., Novozhilov Yu.K., Krylenkov V.A., Churkina I.V., Sokolov V.T. Anthropogenic modification of mycobiota on Vize Island (in the Kara Sea). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(11): 1058-63. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-11-1058-63>

For correspondence: Irina Yu. Kirtsideli, MDF, Ph.D., DSci., a leading researcher of the Mycology department of the Komarov Botanical Institute of Russian Academy of Science, Botanical Institute of Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, 197376, Russian Federation. E-mail: microfungi@mail.ru

Information about authors:

Kirtsideli I.Yu., <http://orcid.org/0000-0002-4736-2485>; Vlasov D.Yu., <http://orcid.org/0000-0002-0455-1462>; Zelenskaya M.S., <http://orcid.org/0000-0003-3588-8583>; Barantsevich E.P., <http://orcid.org/0000-0002-4800-3345>; Novozhilov Yu.K., <http://orcid.org/0000-0001-8875-2263>; Krylenkov V.A., <http://orcid.org/0000-0002-7103-3091>; Sokolov V.T. <http://orcid.org/0000-0003-2975-5619>; Churkina I.V., <http://orcid.org/0000-0002-9259-7152>.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. We thank the high-latitude Arctic expedition Arctic and Antarctic Research Institute for the organization and financing of the expedition. The work was partially carried out within the framework of the state assignment according to the thematic plan of the Botanical Institute named after. V.L. Komarov of the Russian Academy of Sciences on the subject No. 01201255604, to the grants of the Russian Science Foundation 17-16-01030 and RFBR 16-04-01649, as well as the program of basic research of the Presidium of the Russian Academy of Sciences.

Received: 28 February 2018
Accepted: 18 October 2018

Введение

Процессы жизнедеятельности человека неразрывно связаны с окружающей его средой обитания, оказывающей прямое или косвенное, немедленное или отдалённое воздействие на жизнедеятельность человека и его здоровье [1]. Территории, освоенные человеком, постоянно расширяются. При этом активная хозяйственная деятельность на новых территориях сопровождается изменением природной среды, нарушением существующих биоценологических связей с ограниченной способностью к их восстановлению [2].

Особенно заметные изменения наблюдаются в экосистемах высоких широт, где под влиянием человека происходит трансформация природных комплексов, сформировавшихся в суровых экологических условиях [3–5]. Происходящие процессы проявляются как на макро-, так и на микроуровне. Микроорганизмы составляют основу функционирования экосистем в экстремальных условиях высоких широт. Именно по этой причине особое внимание уделяется исследованию состава и структуры микробных сообществ как в Арктике, так и в Антарктике [6–11]. Наряду с бактериями ведущую роль в экосистемах высоких широт играют микроскопические грибы. Они способны быстро адаптироваться к условиям экологического стресса, колонизировать различные природные и антропогенные материалы, часто оказывая заметное влияние на условия жизни полярников. Пути распространения микроскопических грибов в Арктике могут быть различными. Так, споры микромитозов перемещаются на большие расстояния с воздушными потоками, переносятся морской водой, но главное – распространяются человеком вместе с контаминированными материалами и продуктами. В последние годы было показано, что комплексы микроскопических грибов в биоценозах Арктики и Антарктики служат надёжным и чувствительным показателем состояния полярных экосистем [12–15].

Основными природными резервуарами микромитозов в естественных биоценозах Арктики служат почвы и грунты, растения и растительные остатки. В антропогенно изменённых местообитаниях в качестве питательного субстрата могут выступать привнесённые материалы (естественного и искусственного происхождения) [16, 17]. Микроскопические грибы часто обнаруживаются в полярных поселениях внутри помещений, где они способны расти на отделочных материалах, предметах быта,

продуктах питания и находиться в воздушной среде. Привнесённые человеком виды грибов, обладающие широкими адаптационными возможностями, оказываются и во внешней среде, что может приводить, например, к изменению структуры сложившихся природных почвенных микробных сообществ [18, 19]. Особый интерес к микроскопическим грибам связан с их способностью повреждать различные материалы, а также вызывать заболевания людей и некоторых животных [20–22]. Поэтому важной задачей мониторинговых исследований в Арктике становится выявление условий увеличения опасных для человека групп микроорганизмов и возможных путей их контакта с человеком, анализ процессов модификации микробиоты и контроль распространения микромитозов в районах активной хозяйственной деятельности.

Цель работы – исследование комплексов микроскопических грибов с выявлением условных патогенов человека в контрольных («чистых») и антропогенно загрязнённых почвах и грунтах, в воздушной среде и на различных материалах в районе автономного поселения на острове Визе в Карское море.

Материал и методы

Материал для исследования был собран в период с 2009 по 2011 г. и в 2014 г. в ходе выполнения научно-исследовательских работ Российской арктической экспедиции, организованной Арктическим и Антарктическим научно-исследовательским институтом. Остров (или Земля) Визе располагается в Карском море, координаты: 79°24' N и 76°58' E. Площадь острова составляет 288 км, протяжённость – 35 км, максимальная ширина – 9 км. Рельеф острова равнинный с небольшими холмами, максимальная высота 22 м над уровнем моря. Остров находится в природной зоне арктических пустынь; растительность крайне скудна и представлена мхами, накипными лишайниками и несколькими видами цветковых растений. Климат суровый, температура самых тёплых месяцев чуть выше нуля. Среднегодовое количество осадков около 225 мм, в основном в виде снега. На острове Визе самый холодный абсолютный максимум температуры среди всех населённых пунктов России [23].

Почвы, подвергающиеся антропогенному влиянию, были выбраны на территории станции. Для отбора образцов контрольных («чистых») почв и грунтов были выбраны участки, максимально удалённые от территории

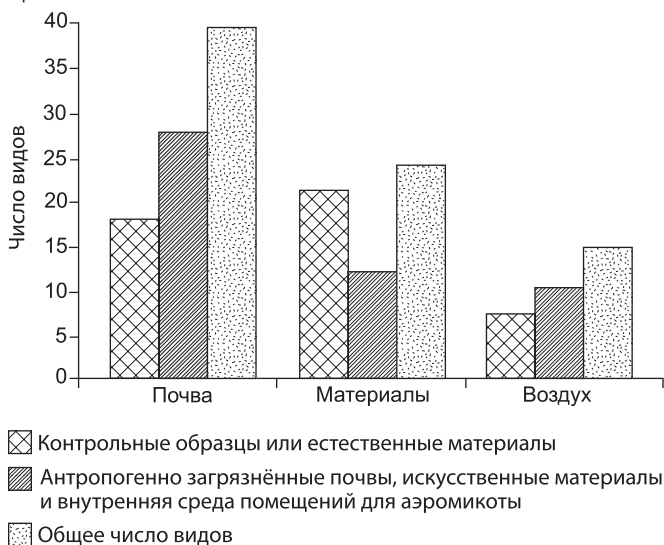


Рис. 1. Распределение числа выделенных видов микроскопических грибов по исследованным местообитаниям.

станции и находящиеся в зональных плакорных сообществах. Пробы отбирались с соблюдением стерильности. Выделение микроорганизмов из почв и грунтов проводилось стандартными методами посева на агаризированные питательные среды. Численность грибов подсчитывали на среде Чапека и Сабуро. Для более полного выделения видового состава микроскопических грибов также использовали метод обрастания частиц почвы на питательных средах [24].

Были исследованы материалы естественного и антропогенного происхождения. Первые были представлены костями животных и растительными субстратами, а вторые – синтетическими материалами, окрашенными металлическими изделиями, в том числе целлюлозосодержащими субстратами (бумагой, картоном, ДСП, тканью). Пробы были отобраны во внешней среде (на открытом воздухе). Образцы материалов помещали в стерильные ёмкости, а выделение микроскопических грибов проводилось в лабораторных условиях прямым посевом мелких фрагментов на питательную среду. Кроме того использовали смывы с материалов, для чего образцы помещали в колбы со стерильной водой, встряхивали в течение 20 мин, после чего 1 мл полученной суспензии переносили на питательные среды.

Отбор микробиологических проб воздушной среды в жилых и рабочих помещениях, на территории станции и на контрольных участках осуществляли при помощи аспиратора ПУ-1Б (сертифицированное в России пробоотборное устройство для взятия проб воздуха), через который прокачивали воздух в объеме 250–1000 л, осаждая микроорганизмы в чашки Петри на питательную среду. При взятии пробы прибор располагали на уровне около 1 м от поверхности. Каждая проба отбиралась в трехкратной повторности на агаризованные питательные среды Чапека, Сабуро и мясо-пептонный агар (МПА). Весь биологический материал сохраняли в судовой ледовой камере при температуре -15°C до окончания рейса экспедиционного судна. В лабораторных условиях чашки инкубировали при температуре $+5$, $+15$ и $+25^{\circ}\text{C}$, подсчитывали количество выросших колоний и производили пересчёт колониеобразующих единиц (КОЕ) на 1 куб. м воздуха (в соответствии с руководством по эксплуатации прибора

ПУ-1Б). После этого осуществляли отсев чистых культур микромицетов для идентификации. Часть штаммов доминирующих видов проверяли на способность к росту при температуре $+37^{\circ}\text{C}$ (признак потенциальной патогенности в отношении человека). Определение микромицетов проводили на основе культурально-морфологических признаков по определителям российских и зарубежных авторов.

В отдельных случаях были использованы молекулярные методы (как правило, для идентификации дрожжей и стерильного мицелия). Образцы ДНК исследуемых грибов секвенировали по регионам *ITS1* и *ITS2*. Полученные нуклеотидные последовательности сравнивали при помощи программы BLAST с нуклеотидными последовательностями, имеющимися в открытой базе данных на сайте NCBI [25]. Названия и положение таксонов унифицировали с использованием базы данных CBS (www.indexfungorum.org/Names/fungi.asp).

Расчет индекса микологической опасности проводили по формуле:

$$Im = D \cdot C,$$

где D – изменение разнообразия (числа видов потенциально патогенных видов грибов по сравнению с контролем); C – изменения обилия потенциально патогенных видов грибов по сравнению с контролем. Значение $Im \geq 4$ рассматривается как ситуация микологической опасности [26].

Результаты

Всего из исследованных искусственных или природных материалов, контрольных и антропогенно загрязнённых почв, а также воздушной среды было выделено 59 видов микроскопических грибов, принадлежащих к 33 родам (табл. 1) и трём подотделам: *Zygomycotina*, *Ascomycotina*, *Basidiomycotina*.

Подотдел *Zygomycotina* представлен 9 видами родов *Mortierella*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Umbelopsis* (15% от общего числа видов). Большая часть видов принадлежит к подотделу *Ascomycotina*. Наибольшим числом видов (8 видов) представлен род *Penicillium* и его телеоморфы. Роды *Aspergillus*, *Cadophora*, *Cladosporium*, *Mucor* и *Oidiodendron* насчитывали по 3–4 вида. Остальные роды включали по 1–2 вида.

В почвах было выявлено и идентифицировано 40 видов микроскопических грибов. Из них в антропогенно загрязнённых почвах – 30 видов, а в контрольных почвах – 17 видов. Общими оказались 7 видов микромицетов (17% от общего числа видов в почвах) (рис. 1).

В антропогенно загрязнённых почвах не только изменялся видовой состав, но и встречаемости микромицетов. Например, частота встречаемости видов *Acremonium charticola*, *Cadophora malorum*, *Pseudogymnoascus pannorum* (*Geomyces pannorum*) снижалась в почвах, подвергающихся антропогенному воздействию (рис. 2). В то же время частота встречаемости грибов *Cladosporium cladosporioides*, *Mucor hiemalis*, *Penicillium glabrum* в антропогенно изменённых почвах увеличивалась, а некоторые виды были найдены только в нарушенных почвах, которые могут рассматриваться как инвазивные виды.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в антропогенно загрязнённых почвах встречаются как аборигенные, так и инвазивные виды. Это приводит к увеличению видового разнообразия в данных местообитаниях. При этом общая численность микроскопических грибов остаётся на достаточно низком уровне. Наиболее богатой как по видовому составу микроскопических гри-

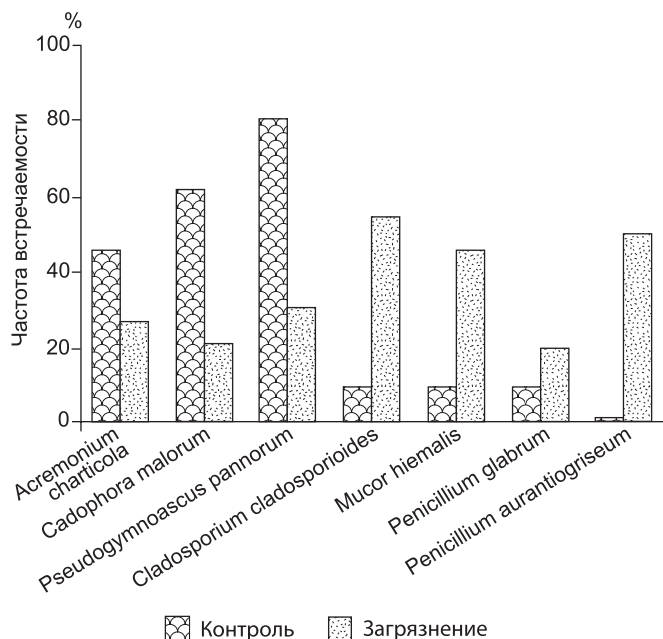


Рис. 2. Частота встречаемости некоторых видов микроскопических грибов в контрольных и антропогенно загрязнённых почвах.

бов, так и по их численности оказалась проба верхнего горизонта почвы (глубина 0–5 см), где были выявлены виды, известные как деструкторы материалов в антропогенной среде. По мере возрастания глубины почвы и мёрзлого грунта отмечается устойчивая общая тенденция к снижению видового разнообразия и численности микромицетов (рис. 3).

Стоит отметить, что увеличение числа видов происходит за счёт представителей родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Trichoderma*, которые известны как условно-патогенные микроскопические грибы, способные вызывать заболевания человека.

Расчёт индексов микологической опасности (Im) для комплексов микромицетов антропогенно загрязнённой почвы составлял более 8. Результаты исследований свидетельствуют о присутствии потенциально патогенных микроскопических грибов в антропогенно загрязнённых почвах.

Аэромикота арктических территорий крайне бедна [27–29]. В воздушной среде о. Визе по сравнению внешней средой отмечено резкое увеличение численности микроскопических грибов и бактерий в помещениях. Изменение численности микроскопических грибов на территории станций также можно рассматривать как существенное (рис. 4). Отмечено резкое экспоненциальное снижение численности микромицетов при переходе от внутренней среды помещений к внешней среде. В состав аэромикоты о. Визе вошли всего 15 видов. Из них во внутренней среде (в жилых и рабочих помещениях станции) было отмечено 11 видов. Во внешней среде аэромикота насчитывала 8 видов.

Из субстратов искусственного и естественного происхождения было выделено 25 видов микроскопических грибов. При этом из естественных субстратов выделен 21 вид, а из материалов искусственного происхождения – 12 видов. Общими оказались 8 видов (32% от общего числа видов на данных субстратах). Интересно отметить, что если в почвах и аэромикоте отмечено увеличение видового разнообразия грибов в антропогенных местообитаниях,

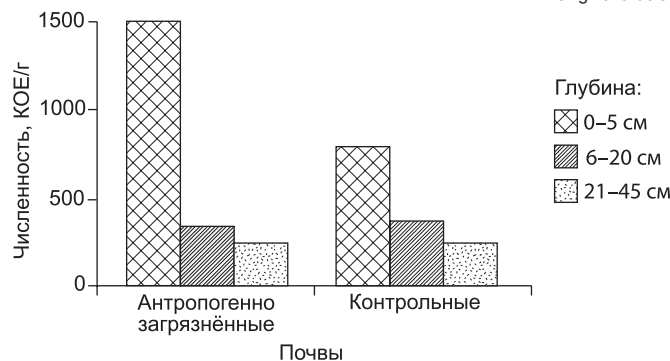


Рис. 3. Изменение численности почвенных микроскопических грибов с глубиной профиля почвы.

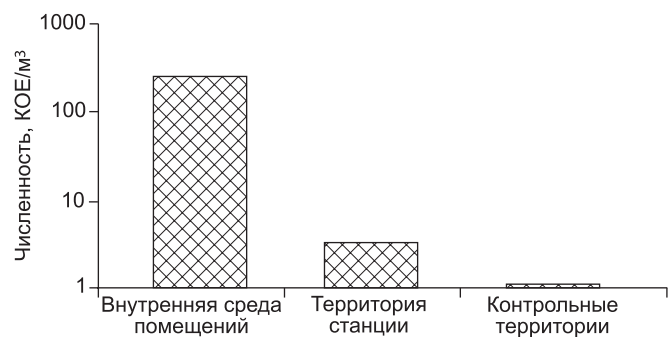


Рис. 4. Численность микромицетов в аэромикоте о. Визе.

то при сравнении состава микромицетов на природных и искусственных субстратах большее видовое разнообразие отмечено на природных субстратах (во многом за счёт привнесённой древесины, которая рассматривается нами как природный материал). Преобладающими видами на изученных субстратах оказались известные деструкторы материалов, отмечавшиеся в различных экологических условиях. Возможно, что эти виды могли быть интродуцированы в экосистемы Арктики. В целом полученные данные свидетельствуют о значительном сходстве видового состава антропогенно загрязнённых почв и антропогенных субстратов.

Известно, что микроскопические грибы являются одними из наиболее распространённых в окружающей среде источников аллергенов, поскольку свыше 300 видов обладают аллергенными свойствами. Эти грибы особенно опасны для людей, иммунитет которых ослаблен. Проведённые нами ранее эксперименты показали, что ряд арктических изолятов, например, *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger* и *Mucor sp.* способны к выживанию и росту при температуре +37°C, что свидетельствует об их потенциальной опасности для человека (условные патогены) [27].

Среди микроскопических грибов, выявленных в различных местообитаниях на о. Визе, от 33 до 75% являются условно-патогенными [30] (рис. 5). Индуцировать микогенную аллергию могут виды *Aureobasidium pullulans*, *Chaetomium globosum*, виды родов *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Phoma*, *Penicillium*, *Rhodotorula*, что указывает на необходимость контроля численности и видового состава микроскопических грибов в районах расположения арктических поселений.

Полученные данные подтверждают возможности использования характеристик комплексов микроскопических грибов при оценке состояния окружающей среды и

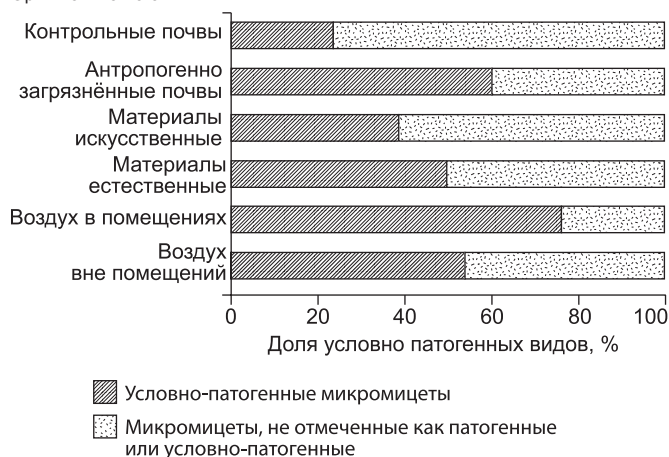


Рис. 5. Доля условно патогенных микроскопических грибов в почвах, на субстратах и в аэромикоте в районе арктической станции на о. Визе.

антропогенного воздействия на неё. Контроль микробиологических показателей позволит улучшить качество жизни человека в экстремальных условиях высоких широт.

Заключение

Результаты микологического анализа проб почвы, материалов и воздушной среды о. Визе показали наличие микромицетов в большинстве изученных проб. Отмечено явное доминирование тёмноокрашенных грибов на антропогенно привнесённых материалах. Среди микромицетов-интродуцентов значительную долю составили известные деструкторы материалов, а также условные патогены человека. Несомненно, что микобиота антропогенных субстратов сформирована видами, привнесёнными человеком в экосистемы Арктики, тогда как в образцах почвы присутствуют микромицеты, характеризующие типичный видовой комплекс арктических почв. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности использования структуры комплексов микромицетов в качестве индикаторного показателя антропогенного воздействия на экосистемы Арктики.

Благодарность. Благодарим ВАЭ ААНИИ за организацию и финансирование экспедиционных работ.

Финансирование. Работа частично выполнялась в рамках гос. задания согласно тематическому плану Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН по теме № 01201255604, при поддержке грантами РФФИ 17-16-01030, РФФИ 16-04-01649 и СПбГУ (Мероприятие 1. Проект «Урбанизированные экосистемы Арктического пояса Российской Федерации: динамика, состояние и устойчивое развитие»), а также программой фундаментальных исследований Президиума РАН.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

(пп. 1, 3–11, 21, 23, 28 см. References)

2. Матвеева Н.В., Заноха Л.Л., Афонина О.М., Потемкин А.Д., Патова Е.Н., Давыдов Д.А., Андреева В.М., Журбенко М.П., Конорева Л.А., Змитрович И.В., Ежов О.Н., Ширяев А.Г., Кирцидели И.Ю. *Растения и грибы полярных пустынь Северного полушария*. СПб.: Марафон; Российская академия наук, Ботанический институт им. В.Л. Комарова; 2015.
12. Кирцидели И.Ю., Власов Д.Ю., Баранцевич Е.П., Крыленков В.А., Соколов В.Т. Распространение терриогенных микромицетов в водах Арктических морей. *Микология и фитопатология*. 2012; 46 (5): 306-310.
13. Кирцидели И.Ю., Воробьев Н.И., Терещенков О.М. Влияние промышленного загрязнения на сообщества почвенных микро-

мицетов лесотундры полуострова Таймыр. *Микология и фитопатология*. 1995; 29 (4): 12-19.

14. Кирцидели И.Ю., Томилин Б.А. Почвенные микромицеты Архипелага Северная Земля. *Микология и фитопатология*. 1997; 31 (6): 1-6.
15. Кирцидели И.Ю. Почвенные микромицеты Арктических тундр почвенные микромицеты арктических тундр таймырского побережья Карского моря. *Микология и фитопатология*. 1999; 33 (1): 19-24.
16. Кирцидели И.Ю., Абакумов Е.В., Тешебаев Ш.Б., Зеленская М.С., Власов Д.Ю., Крыленков В.А., Рябушева Ю.В., Соколов В.Т., Баранцевич Е.П. Микробные сообщества в районной арктических поселений. *Гигиена и санитария*. 2016; 95 (10): 923-929.
17. Зеленская М.С., Кирцидели И.Ю., Власов Д.Ю., Крыленков В.А., Соколов В.Т. Микромицеты – биодеструкторы в биогеоценозах Арктики. *Проблемы региональной экологии*. 2013; (5): 135-41.
18. Кирцидели И.Ю., Власов Д.Ю., Баранцевич Е.П., Крыленков В.А., Соколов В.Т. Комплексы микроскопических грибов в почвах и грунтах полярного острова Известия ЦИК (Карское море). *Микология и фитопатология*. 2014; 48(6): 25-31.
20. Марфенина О.Е., Бубнова Е.Н., Семенова Т.А., Иванова А.Е., Данилогорская А.А. Грибы рода *Aspergillus*: распространение и условия накопления в разных природных средах (на примере Европейской части России). *Микология и фитопатология*. 2014; 48 (3): 139-150.
22. Козлова Н.С., Баранцевич Н.Е., Иванова Л.В., Гоик В.Г., Шварц А.П., Мокрова Е.В., Баранцевич Е.П. Чувствительность к антибактериальным препаратам стафилококков, циркулирующих в многопрофильном стационаре. *Проблемы медицинской микологии*. 2015; 17(4): 58-62.
24. Звягинцев Д.В. *Методы почвенной микробиологии и биохимии*. М.: МГУ; 1991.
25. Пестова Н.Е., Баранцевич Е.П., Рыбкова Н.С., Козлова Н.С., Баранцевич Н.Е. Изучение эффективности применения метода секвенирования ДНК по фрагменту гена 16S рРНК для идентификации микроорганизмов. *Профилактическая и клиническая медицина*. 2011; 4 (41): 54-55.
26. Марфенина О.Е. Антропогенное изменение комплексов микроскопических грибов в почвах. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. М.; 1999.
27. Кирцидели И.Ю., Власов Д.Ю., Крыленков В.А., Соколов В.Т. Аэромикота в районах расположения арктических станций России в акваториях Белого, Баренцева и Карского морей. *Микология и фитопатология*. 2011; 45(3): 228-239.
29. Кирцидели И.Ю., Власов Д.Ю., Крыленков В.А., Ролле Н.Н., Баранцевич Е.П., Соколов В.Т. Сравнительное исследование аэромикоты арктических станций по Северному морскому пути. *Экология человека*. 2018; 4: 16-21.
30. Санитарные правила СП 1.3.2322-08 «Безопасность работы с микроорганизмами III - IV групп патогенности (опасности) и возбудителями паразитарных инфекций»

References

1. Gulińska J., Rachlewicz G., Szczuciński W., Baralkiewicz D., Kózka M., Bulska E., Burzyk M. Soil Contamination in High Arctic Areas of Human Impact, Central Spitsbergen, Svalbard. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2003; 12 (6): 701-707.
2. Matveeva N.V., Zanolka L.L., Afonina O.M., Potemkin A.D., Patova E.N., Davydov D.A., Andreeva V.M., Zhurbenko M.P., Konoreva L.A., Zmitrovich I.V., Ezhov O.N., Shiryayev A.G., Kirtsideli I.Yu. *Plants and fungi of the polar deserts of the Northern Hemisphere*. Komarov Botanical Institute RAS. SPb; 2015. ((In Russian).
3. Connell L.B., Rodriguez R.R., Redman R.S., Dalluge J.J. Cold-Adapted Yeasts in Antarctic Deserts. In: Buzzini P., Margesin R. (eds). *Cold-adapted Yeasts*. Springer, Berlin, Heidelberg; 2014: 75-98.
4. Hassan N., Rafiq M., Hayat M., Shah A.A. Hasan F. Psychrophilic and psychrotrophic fungi: a comprehensive review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 2016; 15(2): 147-172.
5. Selbmann L., De Hoog G.S., Zucconi L., Isola D., Onofri S. Black

- yeasts in cold habitats. In: Buzzini P., Margesin R. (eds) *Cold-adapted yeasts*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg; 2014: 173-190.
6. Sterflinger K., Tesei D., Zakharova K. Fungi in hot and cold deserts with particular reference to microcolonial fungi. *Fungal ecology*. 2012; 5(4):453-462.
 7. Timling I., Walker D. A., Nusbaum C., Lennon N. J., Taylor D. L. Rich and cold: diversity, distribution and drivers of fungal communities in patterned-ground ecosystems of the North American Arctic. *Molecular ecology*; 2014. 23 (13):3258-72
 8. Zalar P., Gunde-Cimerman N. Cold-Adapted Yeasts in Arctic Habitats. In: Buzzini P., Margesin R. (eds) *Cold-adapted yeasts*. Springer, Berlin, Heidelberg; 2014: 49-74.
 9. Arenz B.E., Blanchette R.A. Distribution and abundance of soil fungi in Antarctica at sites on the Peninsula, Ross Sea Region and McMurdo Dry Valleys. *Soil Biology and Biochemistry*. 2011; 43(2): 308-315.
 10. Cox F., Newsham K.K., Bol R., Dungait J.A., Robinson C.H. Not poles apart: Antarctic soil fungal communities show similarities to those of the distant Arctic. *Ecology letters*. 2016; 19 (5): 528-36.
 11. Buzzini P., Branda E., Goretti M., Turchetti B. Psychrophilic yeasts from worldwide glacial habitats: diversity, adaptation strategies and biotechnological potential. *FEMS Microbiol Ecol*. 2012; 82(2): 217-41.
 12. Kirtsideli I.Yu., Vlasov D.Yu., Barantsevich E.P., Krylenkov V.A., Sokolov V.T. Distribution of terrigenous microfungi in arctic seas. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2012; 46(5): 306-310. (In Russian).
 13. Kirtsideli I.Yu., Vorobev N.I., Tereshenkov O.M. Influence of industrial pollution on the communities of soil micromycetes of forest tundra in Taimyr peninsula. *Mikologiya i fitopatologiya*. 1995; 29 (4): 12-19. (In Russian).
 14. Kirtsideli I.Yu., Tomilin B. A. Soil micromycetes of Severnaya Zemlia Archipelago. *Mikologiya i fitopatologiya*. 1997; 31 (6): 1-6 (In Russian).
 15. Kirtsideli I.Yu. Soil micromycetes from arctic tundras of Kara sea Taymir coast. *Mikologiya i fitopatologiya*. 1999; 33 (1): 19-24. (In Russian).
 16. Kirtsideli I. Yu., Abakumov E. V., Teshebaev Sh. B., Zelenskaya M. S., Vlasov D. Yu., Krylenkov V. A., Ryabusheva Yu. V., Sokolov V. T., Barantsevich E. P. Microbial communities in regions of the arctic settlements. *Gigiena i sanitariya*. Moscow. 2016; 95(10): 923-929. (In Russian).
 17. Zelenskaya M.S., Kirtsideli I. Yu., Vlasov D. Yu., Krylenkov V. A., Sokolov V. T. Micromycetes - Biodestructors in ecosystems of the Arctic. *Problemy regional'noi ekologii*. 2013; 5: 135-141. (In Russian).
 18. Kirtsideli I. Yu., Vlasov D. Yu., Barantsevich E. P., Krylenkov V. A., Sokolov V. T. Complexes of microscopic fungi in soils of polar islands Izvestii TsIK (Kara Sea). *Mikologiya i fitopatologiya*. 2014; 48(6): 365-371. (In Russian).
 19. Kirtsideli I. Yu., Vlasov D. Yu., Novozhilov Ju. K., Abakumov E. V., Barantsevich E. P. Assessment of Anthropogenic Influence on Antarctic Mycobiota in Areas of Russian Polar Stations. *Contemporary Problems of Ecology*. 2018; 11(5): 449-457.
 20. Marfenina O. E., Bubnova E. N., Semenova T. A., Ivanova A. E., Danilogorskaya A. A. Microfungi of the genus *Aspergillus*: distribution and accumulation in different conditions of natural environments (on example of European Russia). *Mikologiya i fitopatologiya*. 2014; 48(3): 139-150. (In Russian).
 21. Anaissie E., McGinnis M., Pfäller M. *Clinical Mycology*. Churchill Livingstone, 2nd edition. 2009. 700 p.
 22. Kozlova N.S., Barantsevich N.E., Ivanova L.V., Goik V.G., Barantsevich E.P. Sensitivity to antibiotics of different origin enterobacteriaceae in a multidisciplinary hospital. *Problemy medicinskoj mikologii*. 2015. 17(4): 58-62. (In Russian).
 23. Mark Nuttall. *Encyclopedia of the Arctic*. Routledge; 2012.
 24. Zvyagintsev D.V. Methods of Soil Microbiology and Biochemistry. Moscow: MSU, 1991. 303 p. (In Russian).
 25. Pestova N.E., Barantsevich E.P., Ribkova N.S., Kozlova N.S., Barantsevich N.E. Study of effectiveness of sequenceness of fragement of 16S RRNA gene in idenrification of microorganisms. *Profilakticheskaja i klinicheskaja medicina*. 2011. 4 (41): 54-55. (In Russian).
 26. Marfenina O.E. Antropogenic changes in complexes of microfungi in soils.: Diss. Moscow; 1999. (In Russian).
 27. Kirtsideli I. Yu., Vlasov D. Yu., Krylenkov V. A., Sokolov V. T. Aeromikota in locations of the Russian Arctic stations in the water areas of the White, Barents and Kara Seas. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2011; 45(3): 228-239. (In Russian).
 28. Kirtsideli I. Yu., Vlasov D. Yu., Abakumov E. V., Barantsevich E. P., Novozhilov Yu. K., Krylenkov V. A., Sokolov V. T. Airborne fungi in arctic settlement Tiksi (Russian Arctic, coast of the Laptev Sea). *Czech Polar reports*. 2017; 7 (2): 300-310.
 29. Kirtsideli I. Yu., Vlasov D. Yu., Krylenkov V. A., Rolle N. N., Barantsevich E. P., Sokolov V. T. Comparative Study of Airborne Fungi at Arctic Stations Near Water Area of the Northern Sea Route. *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. 2018; 4: 16-21. (In Russian).
 30. Sanitary rules SP 1.3.2322-08 "Security work with microorganisms of III - IV pathogenicity groups (hazard) and agents of parasitic infections "(In Russian).

Поступила 28.02.2018

Принята к печати 18.10.2018