

И. Ю. Кирцидели<sup>1</sup>, Д. Ю. Власов<sup>2</sup>, Е. П. Баранцевич<sup>3</sup>, В. А. Крыленков<sup>4</sup>

## Аэромикота арктических и антарктических станций России

I. Yu. Kirtsideli, D. Yu. Vlasov, E. P. Barantsevich, V. A. Krylenkov  
Airborne fungi in the air of Russian Arctic and Antarctic stations

<sup>1</sup>Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург  
microfungi@mail.ru

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>3</sup>Федеральный центр сердца, крови и эндокринологии им. В. А. Алмазова

<sup>4</sup>Арктический и антарктический научно-исследовательский институт

Показано, что видовой состав микроскопических грибов в воздушной среде арктических и антарктических станций представлен сравнительно небольшим числом видов. Рассмотрены факторы, влияющие на интегральные показатели аэромикоты. Формирование аэромикоты на территориях арктических и антарктических станций происходит как за счет естественных ландшафтов, так и за счет интродуцированных видов, развитие которых связано с деятельностью человека. Адаптация части интродуцированных изолятов к обитанию в естественных и антропогенно нарушенных ценозах ограничена температурным фактором. Структура комплексов микромицетов на территории населенных пунктов зависит от антропогенного фактора и может служить индикатором состояния среды. В состав аэромикоты жилых и рабочих помещений входят виды, ассоциированные с антропогенным фактором, часть которых, являясь вирулентными, может представлять опасность для здоровья человека.

**Ключевые слова:** микроскопические грибы, микромицеты, аэромикота, Арктика, Антарктика, антропогенное воздействие, потенциальная вирулентность, индикаторы.

Микроскопические грибы являются космополитическими организмами, развивающимися в различных местообитаниях. Их численность и видовой состав в аэромикоте зависит от климатической зоны, погодных условий, антропогенного влияния конкретных местообитаний и т. д. Многочисленные работы, посвященные исследованиям различных аспектов обитания микроскопических грибов в воздушной среде, сформировали отдельную область микологии — аэромикологию. Как правило, исследования аэромикоты затрагивают средние широты и южные зоны, высокие широты исследованы значительно меньше.

Микроскопические грибы, встречающиеся во внутренней среде жилых и рабочих помещений, широко изучаются во всем мире. Факты негативного воздействия микроскопических грибов на здоровье человека подтверждены многочисленными работами. В настоящее время, по нормативам Всемирной организации здравоохранения (WHO, 1990), число спор

грибов в воздухе жилых помещений не должно превышать допустимый уровень в 500 КОЕ/м<sup>3</sup>. Однако стоит отметить, что в высоких широтах организм человека подвергается многочисленным экстремальным воздействиям, что может приводить к снижению уровня иммунитета. Воздействие микроскопических грибов может вызывать проблемы со здоровьем у людей, проживающих в данных условиях. Степень риска во многом зависит от того, какие именно виды микроскопических грибов развиваются в помещении и какими свойствами обладают данные изоляты, так как разные микромицеты обладают разной степенью потенциальной опасности для человека. Патогенность микроскопических грибов определяется комплексом свойств, позволяющих микромицете развиваться в организме человека. К факторам патогенности микроорганизмов традиционно относят такие адаптивные свойства, как способность расти и развиваться при температуре 37 °С и выше, способность к образованию ряда экзоферментов.

Активное освоение Арктики и в перспективе возможное появление поселений в Антарктике оказывает заметное влияние на экосистемы высокоширотных регионов. Особое значение приобретают проблемы обеспечения безопасной жизнедеятельности людей в суровом климате этих труднодоступных, удаленных областей.

Цель данной работы состояла в изучении аэромикоты в жилых и рабочих помещениях арктических и антарктических станций, т. е. крайне малочисленных поселений, изолированных от «большого мира». Данная аэромикота формируется, с одной стороны, из инфекционного материала, завезенного вместе с продуктами питания, строительными и отделочными материалами, одеждой и личными вещами людей и т. д.; с другой — из аэромикоты естественных ландшафтов, имеющей крайне низкую численность и ограниченный видовой состав. Внутренний микроклимат и санитарное состояние помещений также служат факторами, влияющими на формирование аэромикоты. Проблема развития условно патогенных и вирулентных видов, способных вызывать аллергические и микотические заболевания человека, может стоять особенно остро

в замкнутых системах жилых и рабочих помещений высоких широт.

Материалы для наших исследований были отобраны в летний период, т. е. в июле — августе 2010 и 2011 гг. в Арктике и в декабре — феврале 2008–2014 гг. в Антарктиде. Пробы воздуха отбирали при помощи аспиратора ПУ-1Б и Burkard. Определяли способность микромицетов к росту при температурах от 4 до 37 °С.

В Арктике аэромикота исследовалась в поселках и на территории полярных станций на о. Сосновец (акватория Белого моря); о. Колгуев, ст. Белый Нос, ст. Малые Кармакулы (архипелаг Новая Земля), о. Хейса (архипелаг Земля Франца Иосифа), пос. Варандей, пос. Шойна (акватория Баренцева моря); о. Вайгач, пос. Амдерма, ст. Марре-Сале, пос. Усть-Кара, о. Известий ЦИК, о. Белый, о. Визе, ст. Колба, пос. Диксон (акватория Карского моря); пос. Тикси (акватория моря Лаптевых). В Антарктике — на станциях Мирный, Молодежная, Дружная-4, Прогресс-1, Прогресс-3, Новолазаревская, Ленинградская и Беллинсгаузен.

Численность микромицетов во всех исследованных местообитаниях была крайне низкой и в воздушной среде различных помещений варьировала от  $56 \pm 5$  до  $670 \pm 75$  и от  $28 \pm 8$  до  $506 \pm 52$  КОЕ на  $\text{м}^3$  в помещениях арктических и антарктических станций соответственно. В жилых и рабочих помещениях станций этот показатель в большей степени зависел от санитарного состояния помещений, чем от географического фактора. Например, наибольшая численность микромицетов в воздухе жилого помещения в Арктике отмечена на о. Визе, где одновременно с этим отмечаются самые низкие показатели встречаемости грибов в воздушной среде природных экосистем.

На территории населенных пунктов или станций численность микромицетов составляла от 0.1 до 150 КОЕ в  $1 \text{ м}^3$  воздуха. Минимальная численность грибов в воздушной среде поселений зафиксирована в районах антарктических станций и островов, расположенных в акватории Северного Ледовитого океана. Влияние на интегральные характеристики аэромикоты на территории арктических и антарктических станций и поселений, по-видимому, оказывает ряд факторов.

1. Величина населенного пункта и связанные с этим изменения структуры почвы и растительного покрова. Так, арктические станции, расположенные на одной широте, могут быть представлены отдельными зданиями или находиться на территориях арктических поселков. Они заметно различаются между собой по составу и численности грибов в воздушной среде: если аэромикота малонаселенных территорий практически не отличается от таковой естественных экосистем, то в местах более крупных поселений интегральные характеристики аэромикоты возрастают в 2–3 раза.

2. Географическая широта. В Арктике численность грибов во внешней воздушной среде станций последовательно снижалась с широтой. Крайне низкая численность микромицетов в воздушной среде отмечена на островах Северного Ледовитого океана.

3. Аэромикота на островах в целом беднее, чем на материковых территориях, находящихся на той же широте. Вероятно, это объясняется сильными ветрами с моря, которые снижают численность микромицетов в воздушной среде островных территорий.

Видовой состав микромицетов в закрытых помещениях станций ограничен и представлен 56 видами, из них 47 видов представлено в аэромикоте арктических и 38 видов — в аэромикоте антарктических станций. Более 50 % являлись общими для арктических и антарктических станций.

Наибольшая частота встречаемости отмечена для видов *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Aspergillus niger* Tiegh., *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) G. A. de Vries, *Geomyces pannorum* (Link) Sigler et J. W. Carmich (*Pseudogymnoascus pannorum* (Link) Minnis et D. L. Lindner), *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx, *P. dipodomys* (Frisvad, Filt. et Wicklow) Banke, Frisvad et S. Rosend., *P. lanosum* Westling, *P. spinulosum* Thom, *Rhodotorula* sp.

В Арктике формирование аэромикоты в помещениях удаленных строений происходит как за счет естественных ландшафтов, так и за счет интродуцированных видов, развитие которых связано с деятельностью человека. Для антарктических станций характерно преобладание видов, интродуцированных человеком. Сравнительный анализ видового состава изученных местообитаний показал наибольшее сходство между составом аэромикоты на территории малонаселенных станций или поселков и примыкающих к ним естественных ценозов. Сходство аэромикоты более крупных населенных пунктов — поселков — и примыкающих территорий заметно ниже. Наименьшие значения коэффициентов сходства были получены при сравнении аэромикоты жилых и рабочих помещений с естественными ценозами.

Так, микромицеты рода *Aspergillus* (*A. niger* Tiegh. и *A. sydowii* (Bainier et Sartory) Thom et Church) были выявлены в составе аэромикоты жилых и рабочих помещений в Арктике, а также в воздушной среде населенных пунктов. При этом они не отмечались в составе аэромикоты естественных ценозов. Такая же закономерность отмечена в отношении встречаемости грибов из рода *Mucor*. Для ряда видов наблюдается противоположная тенденция. Так, например, психротрофные микроскопические грибы *Aureobasidium pullulans* (de Bary) G. Arnaud, несмотря на широкое распространение в аэромикоте естественных местообитаний, практически не отмечались в жилых и рабочих помещениях Арктики. Это свидетельствует о селективном отборе в аэромикоте и формировании специфических комплексов микромицетов, который проходит в замкнутых помещениях арктических станций.

В пределах одной географической зоны основное влияние на формирование микобиоты воздушной среды оказывает антропогенный фактор. Полученные данные свидетельствуют о значении аэромикоты как чувствительного индикатора состояния внешней среды

и антропогенного воздействия. На территории станций в районах материковой Арктики численность и видовое разнообразие аэромикоты могли превышать аналогичные показатели в жилых и рабочих помещениях. В районах арктических островов и Антарктиды всегда отмечалась обратная зависимость.

Способность к росту при низких температурах отмечена соответственно у 87 и 64 % изолятов арктических и антарктических станций. Способность к росту при температурах более 37 °С показали соответственно 21 и 24 % изолятов. В результате эксперимента установлено, что изоляты видов *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata*, *Metacordyceps chlamydosporia* (Н. С. Evans) G. H. Sung, J. M. Sung, Hywel-Jones et Spatafora, *Mucor* sp., *Penicillium aurantiogriseum* и др. обладают способностью к выживанию и росту при температуре 37 °С, что свидетельствует об их потенциальной опасности для человека (как вирулентных видов). Эти грибы, по-видимому, являются привнесенными вместе со строительными материалами, оборудованием, продуктами питания или личными вещами. Изоляты этих же видов были отмечены и в аэромикоте во внешней среде на

территории станций, куда они, по-видимому, попали из жилых и рабочих помещений.

Способность большинства полученных изолятов развиваться при пониженных температурах может свидетельствовать об их адаптации к условиям высоких широт и/или о происхождении изолятов из местных субстратов (почвы, грунтов, растений и т. д.).

Таким образом, доля потенциально патогенных (вирулентных) изолятов микроскопических грибов в аэромикоте арктических и антарктических станций достаточно высока и при неблагоприятных условиях это может оказывать влияние на здоровье людей в экстремальных условиях высоких широт.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости контроля численности условно патогенных грибов в жилых и рабочих помещениях полярных станций.

#### Список литературы

- WHO. Indoor air quality: biological contaminants: Report on a WHO meeting // WHO Regional publications. Europ. Ser. 1990. № 31. P. 1–67.