

Сапротрофные и патогенные дрожжи в атмосферных аэрозолях юга Западной Сибири

И.С. Андреева¹, А.С. Сафатов¹, В.В. Морозова²,
Н.В. Тикунова², Л.И. Пучкова¹, Е.К. Емельянова^{1,3},
Н.А. Соловьянова¹, И.В. Бабкин², Г.А. Буряк^{1*}

¹Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора
630559, Новосибирская обл., р.п. Кольцово

²Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН
630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8

³Новосибирский государственный медицинский университет Минздрава России
630091, г. Новосибирск, Красный пр., 52

Поступила в редакцию 16.01.2020 г.

В результате микробиологического исследования получены данные по численности и разнообразию психротолерантных дрожжей, выделенных из образцов высотных и приземных атмосферных аэрозолей юга Западной Сибири. По совокупности определенных фенотипических и геномных признаков изоляты дрожжей были отнесены к родам *Saccharomyces*, *Candida*, *Sporidiobolus*, *Aureobasidium*, *Sporobolomyces*, *Cryptococcus*, *Rhodotorula* и др. Обнаружены как сапротрофные, так и патогенные микроорганизмы. Выявлены штаммы дрожжей рода *Aureobasidium*, активно продуцирующие экзополисахариды и меланины, являющиеся перспективными для биотехнологических разработок.

Ключевые слова: аэрозоли атмосферного воздуха, микроорганизмы, микобиота воздуха, психрофильные дрожжи, черные дрожжи, *Aureobasidium*; atmospheric aerosols, microorganisms, air mycobiota, psychrophilic yeast, black yeast, *Aureobasidium*.

Введение

Аэрозольный состав атмосферы существенно влияет на состояние окружающей среды и здоровье населения. Биоаэрозоли, имеющие в своем составе цисты простейших, пыльцу растений, споры и клетки грибов, бактерий, вирусы, белковые макромолекулы и метаболиты микроорганизмов, частицы с остатками распадающихся организмов, способны вызывать или провоцировать аллергические и инфекционные заболевания [1–3]. Дрожжевые организмы широко распространены в природе. Большая часть видов имеет высокоспециализированные места обитания в природных экосистемах; они тесно ассоциированы с живыми растениями или растительными остатками, позвоночными и беспозвоночными животными, будучи сапротрофными, патогенными или условно-патогенными микроорганизмами [4].

Значительная часть биосферы Земли, включая атмосферу, находится в условиях холода, что объясняет широкое распространение в природе психрофильных и психротолерантных микроорганизмов. Адаптацию к пониженным температурам связывают с изменением состава мембран, синтезом криопротекторов, сверхпродукцией ключевых ферментов [5]. Психрофилия не является свойством какой-то конкретной систематической группы. Холодостойкие дрожжи известны среди родов *Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Pichia*, *Torulopsis* и др. [6, 7], включающих факультативные и условно-патогенные виды родов *Aureobasidium*, *Entyloma*, *Candida*, *Rhodotorula*, *Cryptococcus*, *Malassezia*, которые вызывают аллергические реакции и микозы у людей с ослабленным иммунитетом [8]. Психрофильные патогенные дрожжи встречаются как в атмосфере территорий с мягким климатом, так и в воздухе северных территорий. В образцах атмосферного воздуха, снега и льда на территории Польши было идентифицировано 26 видов дрожжей и дрожжеподобных грибов, половина из которых – патогенные для человека (*Cryptococcus albidus*, *Debaryomyces hansenii*, *Kluyveromyces marxianus*, *Rhodotorula glutinis*, *Candida tropicalis*, *Candida intermedia*, *Candida krusei* и др.). Максимальное количество дрожжей в атмосфере наблюдалось осенью, а зимой,

* Ирина Сергеевна Андреева (andreeva@vector.nsc.ru); Александр Сергеевич Сафатов (safatov@vector.nsc.ru); Вера Витальевна Морозова (morozova@niboch.nsc.ru); Нина Викторовна Тикунова (tikunova@niboch.nsc.ru); Лариса Ивановна Пучкова (puchkova@vector.nsc.ru); Елена Константиновна Емельянова (Emelen1@yandex.ru); Надежда Алексеевна Соловьянова (solovyayanova_na@vector.nsc.ru); Игорь Викторович Бабкин (i_babkin@mail.ru); Галина Алексеевна Буряк (buriak@vector.nsc.ru).

после снегопада, их концентрация резко снижалась, в связи с чем снег рассматривается как специфическая экологическая ниша и своеобразное депо для хранения биомассы. Весной же, во время снеготаяния, происходил обратный отток микроорганизмов в атмосферу [9]. Патогенные дрожжеподобные грибы родов *Aureobasidium*, *Rhodotorula*, *Debaryomyces* и др. обнаружены в составе аэромикоты воздушной среды арктических территорий [10], фоновые пробы воздуха северных территорий (тайги Кольского п-ова) содержали споры дрожжей рода *Aureobasidium* [11].

Так как дрожжи – широко распространенные организмы, с которыми человек контактирует в любой сезон, в различных географических точках, при любых климатических и метеорологических условиях, важно осуществлять мониторинг состава аэромикоты различных регионов. Учитывая климатические условия Сибири, исследование психрофильных и психротолерантных микроорганизмов в составе атмосферных биоаэрозолей для этого региона особенно актуально. Тем не менее, несмотря на важность психрофильных организмов, они изучены крайне недостаточно, поскольку значительная часть территорий нашей страны находится в холодных климатических условиях.

В настоящей работе представлены и проанализированы данные по численности и разнообразию психротолерантных дрожжеподобных грибов, выделенных из приземных и высотных образцов атмосферных аэрозолей юга Западной Сибири.

Материалы и методы

При отборе образцов атмосферного воздуха использовали импинджеры, содержащие 50 мл раствора Хенкса (ICN Biomedicals), с расходом 50 л/мин. Высотные пробы отбирали на восьми высотах от 7000 до 500 м над лесным массивом в 50 км к югу от Новосибирска с помощью лаборатории «Оптик-Э», смонтированной на самолете Ту-134. Пробы приземного слоя атмосферы были отобраны на площадках, расположенных на территории ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора и в пос. Ключи Новосибирской обл.

Для выявления микроорганизмов пробы аэрозолей высевали на селективные питательные среды, а для обнаружения грибов применяли среду Сабуро [12]. Емкости с посевами инкубировали при температурах 28–30 и 6–10 °С для мезофильных и психротолерантных микроорганизмов соответственно. Индивидуальные колонии, выросшие на агаризованных средах, использовали для получения чистых культур и последующей их идентификации. Физиологические и биохимические свойства изолятов выделенных дрожжей изучали стандартными методами [13]. Концентрацию микроорганизмов в пробах вычисляли в соответствии с [14]. Морфологию клеток исследовали методом фазово-контрастной микроскопии с помощью микроскопа Axioskop 40 (Carl Zeiss, Германия).

Выделение меланинового пигмента проводили по методу, описанному ранее в [15]. Поглощение УФ-

и видимого излучения водными и щелочными растворами пигмента регистрировали на спектрофотометре (Genesys 5 Spectrophotometers, United States). Полученные пигменты определяли при помощи качественной реакции с $KMnO_4$, H_2O_2 , $FeCl_3$. Для наработки грибов применяли среду Чапека [12] и среду LB (Luria–Bertan; Difco, USA).

Таксономическую принадлежность грибов определяли согласно [16, 17], применяя биохимические методы и генотипирование. Для идентификации штаммов дрожжей и дрожжеподобных грибов молекулярно-генетическими методами использовали два участка генома этих микроорганизмов: ITS – последовательность межгенного рибосомального спейсера и NS – фрагмент 18S рибосомальной РНК. ДНК выделяли из суспензий микроорганизмов с помощью набора «ДНК-технология» (ООО «ДНК-технология», Россия) по методике, прилагающейся к набору. Реакцию амплификации NS-фрагмента геномной ДНК дрожжей вели с использованием олигонуклеотидов NS1 и NS8 для первого раунда полимеразной цепной реакции (ПЦР) (полученный фрагмент 1700 нуклеотидных последовательностей (н.п.)), NS1 и NS2 – для второго раунда ПЦР (полученный фрагмент ~ 600 н.п.) [18]. Реакцию амплификации ITS-фрагмента геномной ДНК вели с использованием олигонуклеотидов ITS1 и ITS4 для первого раунда ПЦР (полученный фрагмент ~ 700 н.п.), ITS3 и ITS4 – для второго раунда ПЦР (300 н.п.) [16]. В качестве матрицы использовали выделенную геномную ДНК, реакцию вели с использованием Taq-ДНК-полимеразы и буфера (Fermentas). Полученные в ходе второго раунда ПЦР ДНК-фрагменты очищали элюцией из GTG-агарозы (Lonza, Израиль). Реакцию секвенирования полученных ПЦР-фрагментов проводили с теми же олигонуклеотидами и реактивом BigDye v.3.1 (Applied Biosystems, США) в стандартных условиях. Электрофоретическое разделение продуктов реакции секвенирования вели с использованием прибора ABI Sequencing Analyzer 3500. Полученные последовательности анализировались в пакетах ABI Sequence Scanner и Sequencher v.4.1.4 и сравнивались с имеющимися в GenBank последовательностями NS и ITS-фрагментов с помощью алгоритма BLASTN.

Результаты и обсуждение

Исследования атмосферных аэрозолей в течение нескольких лет показали, что количество и таксономическое представительство микробных изолятов в образцах, взятых на разных высотах и в разное время года, значительно отличались, составляя от < 1 и до $1-5 \cdot 10^5$ кл./мл пробы. При этом общая концентрация микроорганизмов, способных расти при 6–10 °С, для разных высот составляла от $3,20 \cdot 10^2$ до $1,13 \cdot 10^5$ КОЕ/м³, в ряде образцов на 2–3 порядка превышая численность изолированных мезофильных микроорганизмов (рис. 1).

Наблюдаемое соотношение численности выделяемых жизнеспособных дрожжей с численностью других групп микроорганизмов, обнаруживаемых

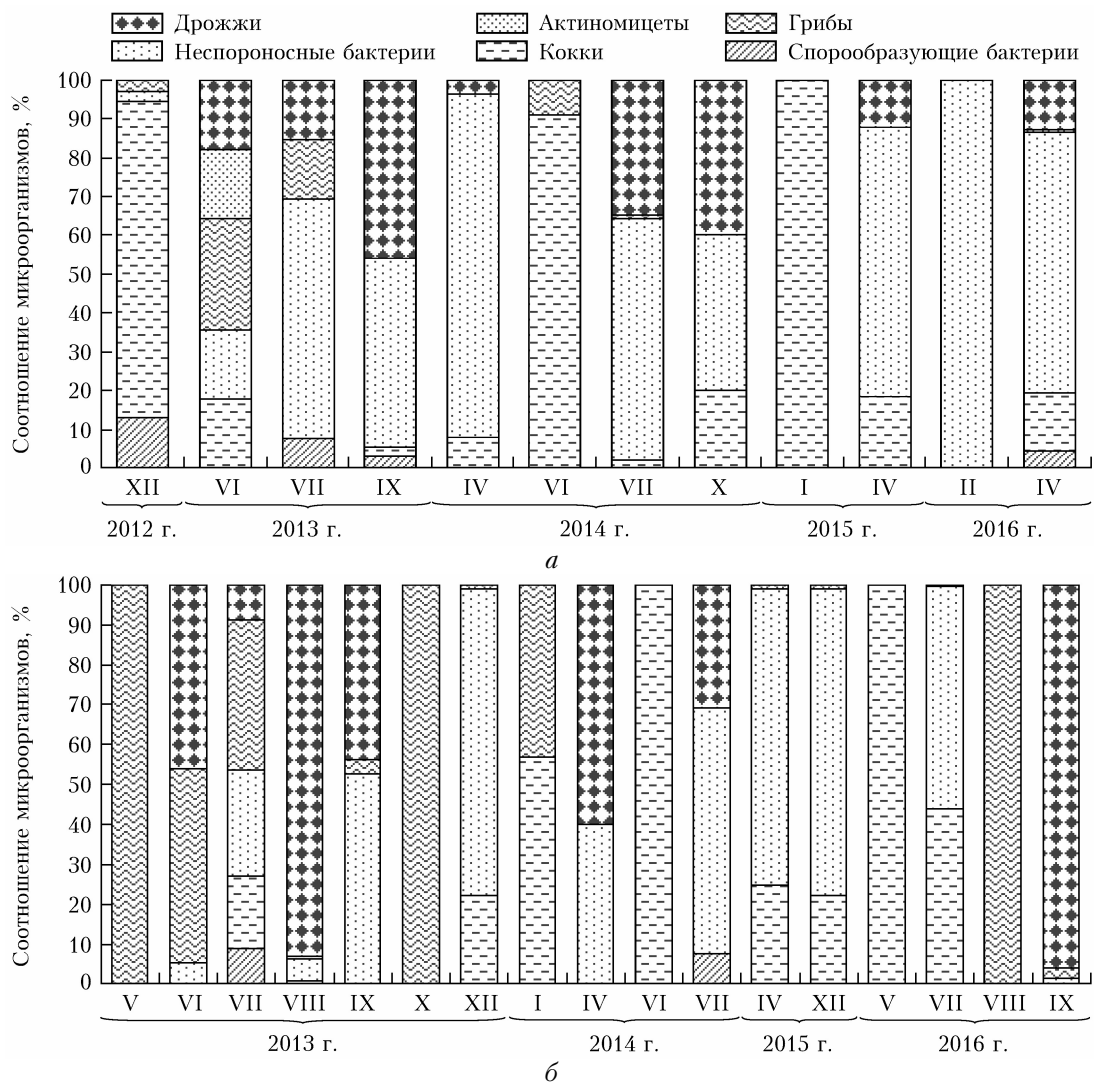


Рис. 1. Сравнительная характеристика средних суммарных концентраций психрофильных микроорганизмов разных таксономических групп, выделенных: а – из высотных, б – приземных аэрозолей атмосферного воздуха

в пробах аэрозолей в разное время года, колебалось от 0 до 80% от общего количества выделяемых микробных изолятов. Но исходя из полученных данных (рис. 1) все же можно говорить о некотором увеличении количества дрожжеподобных грибов в пробах аэрозолей в осенние месяцы и в начале весны, что, вероятно, связано с возросшим в эти периоды загрязнением атмосферных аэрозолей частицами пыли и растительных остатков.

Микроорганизмы, выделенные при пониженной температуре (6–10 °С), были представлены в большом разнообразии пигментными неспороносными бактериями и дрожжеподобными грибами. Пигменты играют защитную роль, предохраняя клетки от негативного воздействия УФ- и видимого излучения, что может объяснить обилие пигментированных форм среди микробиоты атмосферного воздуха. Из образцов аэрозолей 2014–2016 гг. выделено 146 жизнеспособных изолятов дрожжей, отнесенных по совокупности фенотипических и геномных признаков к родам *Bullera*, *Sporidiobolus*, *Aureobasidium*,

Cryptococcus, *Sporobolomyces*, *Rhodotorula*, *Candida*, *Entyloma* и ряду других.

При определении температурного диапазона роста исследуемые культуры дрожжей были инкубированы при температурах 6–10, 20–22, 28, 37 и 42 °С. Выявлено, что, за небольшим исключением, наблюдался умеренный рост штаммов при температурах от 20 до 28 °С и обильный – при 6–10 °С. Это свидетельствует о том, что температурный оптимум роста исследуемых дрожжей, как это характерно для психротолерантных микроорганизмов, сдвинут в область пониженных температур. Частично полученные данные представлены в таблице.

Штамм St-450, идентифицированный как *Rhodotorula sp.*, активно рос при температуре от 6 до 37 °С, что свойственно патогенным представителям этого рода (*R. pillmanae*, *R. pallida*, *R. marina*, *R. giutinis* и *R. rubra*), относящимся к этиологическим агентам оппортунистических микозов, развивающихся при ослаблении иммунитета и при длительных вялотекущих хронических процессах [19, 20].

Интенсивность роста исследуемых штаммов дрожжей в разных температурных диапазонах

Штамм	Температура культивирования, °С				
	6–10	20–22	28	37	42
St-436 П	++++	+	–	–	–
St-439 П	++++	+	–	–	–
St-440 П	++++	++	++	–	–
St-441 П	++++	++	++	–	–
St-448 П	++++	++	++	–	–
St-450 П	++++	++++	++++	+	–
St-451 П	++++	++	++	–	–
St-452 П	++++	++	++	–	–
St-453 П	++++	++	++	–	–
St-720 В	++++	+	–	–	–
St-795 В	++++	++	+	–	–
St-816 В	++++	++	++	±	–
St-818 П	++++	++	++	±	–
St-875 П	++++	++	++	–	–
St-879 П	++++	++	+	–	–
St-880 П	++++	++	++	–	–
St-881 П	++++	++	++	–	–
St-884 В	++++	++	++	–	–
St-889 В	++++	++	++	–	–
Dr-1 В	++++	++	++	–	–
Dr-2 В	++++	++	++	–	–
Dr-3 В	++++	++	++	–	–
Dr-84 В	++++	+	–	–	–
Dr-87 В	++++	+	–	–	–
Dr-106 В	++++	++	+	±	–
<i>S. cerevisiae</i> Y-56	–	+++	++++	++++	–
<i>C. albicans</i>	–	+++	++++	++++	–

Примечание. ++++ – обильный рост, +++ – хороший рост, ++ – умеренный рост, + – слабый рост, ± – следовый рост, – отсутствие роста; В – штамм выделен из высотной пробы, П – из приземной.

При высеве аэрозолей обнаружены также дрожжи рода *Candida*, являющиеся компонентами нормальной микрофлоры человека, но способные при ослаблении организма, длительном применении антибиотиков или хирургическом вмешательстве массово размножаться, вызывая кандидоз [19].

Распределение штаммов по филогенетическим группам коррелировало с выявленными фенотипическими признаками соответствующего рода. В то же время степень сходства с родственными видами, наблюдаемая при построении филогенетического дерева, не всегда подтверждалась данными, полученными при исследовании фенотипических признаков штаммов (рис. 2, 3), что требует дополнительных исследований для более точной их идентификации.

Штаммы St-436, St-720, St-881, Dr-84, Dr-87, согласно полученным данным, были отнесены к роду *Cryptococcus*, штаммы St-875, St-818 – к *Sporidiobolus*, штамм St-816 – к *Bullera*, штамм St-879 – к *Sporobolomyces*. Штамм Dr-106 был идентифицирован как *Rhodotorula sp.*, штамм St-795 – как *Microstroma sp.*, штамм St-439 – как *Tilletiopsis sp.* (98–99% сходства с последовательностями соответствующих штаммов в GenBank). Все вышеперечисленные штаммы выделенных дрожжей формировали розовые колонии разных оттенков и интенсивности пигментации. Штаммы дрожжей из аэрозолей отличались морфологией и размерами клеток, типом почкования, наличием капсул и внутриклеточных включений (рис. 4).

Об активном образовании баллистоспор у ряда изолированных штаммов базидиомицетов, отнесенных к родам *Sporidiobolus*, *Sporobolomyces*, *Bullera*, можно было судить по появлению на агаре мелких вторичных колоний (рис. 5).

Адаптивные признаки выделенных штаммов дрожжей, проявляющиеся в интенсивной пигментации колоний, формировании активно отстреливающихся

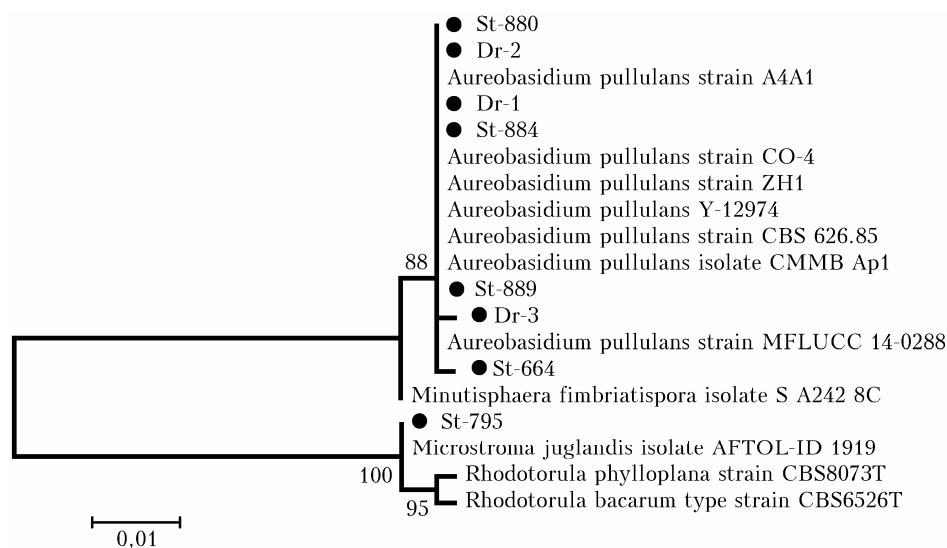


Рис. 2. Филограмма, построенная методом максимального правдоподобия на основе выровненной стопки нуклеотидных последовательностей гена 18S рибосомальной РНК, отнесенных к сумчатым грибам (отдел *Ascomycota*); черные круги – последовательности, полученные в настоящей работе; цифры – индексы статистической надежности узлов дерева (приведены значения, превышающее 70%); снизу показана шкала дивергенции; ее размер (0,01) соответствует одной замене на 100 нуклеотидов

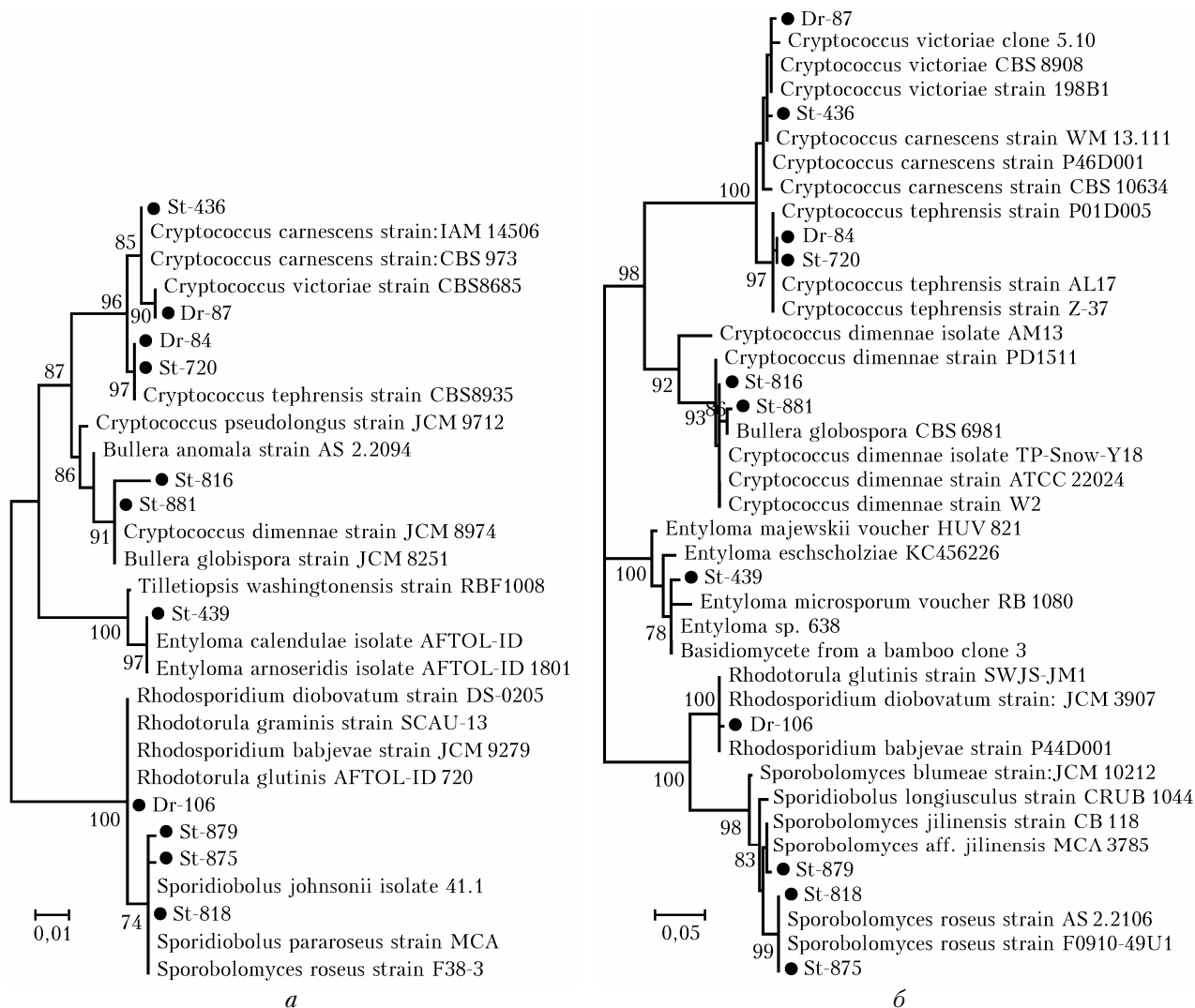


Рис. 3. Филограммы: *a* – гена 18S рибосомальной РНК; *б* – внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS), построенные методом максимального правдоподобия на основе выровненной стопки нуклеотидных последовательностей, отнесенных к базидиальным грибам (отдел *Basidiomycota*); размер шкалы дивергенции соответствует одной (*a*) и пяти (*б*) заменам на 100 нуклеотидов

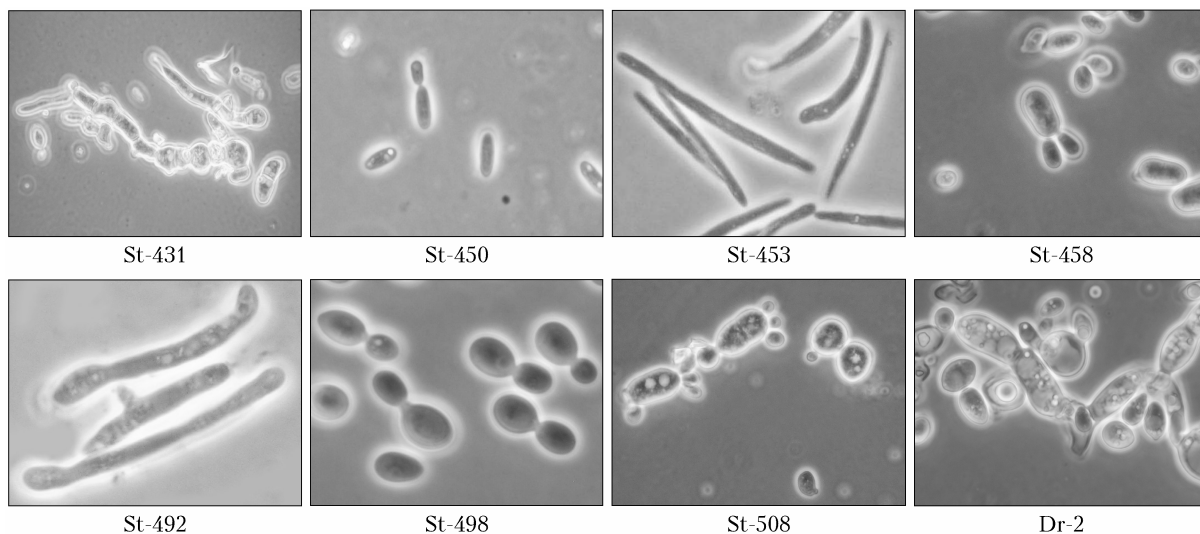


Рис. 4. Морфология клеток и особенности вегетативного размножения почкованием и делением штаммов дрожжей, выделенных из аэрозолей; фазово-контрастная микроскопия (× 2500)

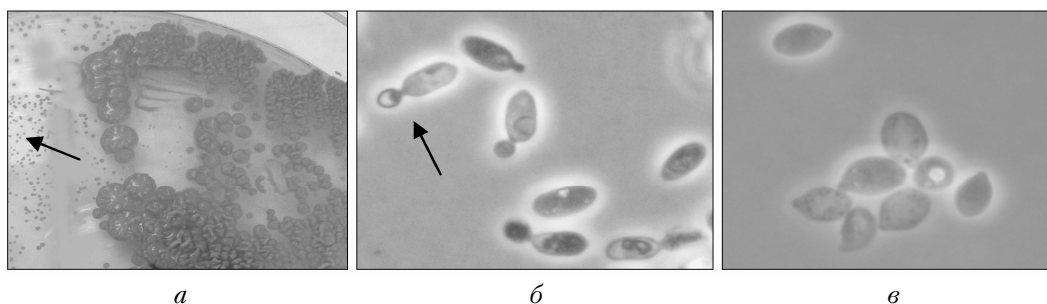


Рис. 5. Колонии, клетки и баллистоспоры штаммов базидиомицетов, выделенных из аэрозолей атмосферного воздуха: а – формирование мелких вторичных колоний (указано стрелкой) штамма дрожжей St-448 за счет отбрасываемых баллистоспор; б – клетки с баллистоспорами (указаны стрелкой) штамма St-441; в – баллистоспоры штамма St-441, отброшенные клетками на крышку чашки Петри ($\times 250$)

баллистоспор, выраженной сахаролитической активности, при отсутствии гидролитической ферментной системы свидетельствуют об их приспособленности к такой среде обитания, как филосфера. Предполагается, что дрожжи с подобными характеристиками в атмосферные аэрозоли попадают с частичками пыли и растительного опада [3].

Штаммы дрожжей St-664, St-880, St-884, Dg-1, Dg-3 и др. продуцировали черные и бурые пигменты (меланины), защищающие клетки от УФ-излучения, высушивания, замораживания, высоких концентраций солей, тяжелых металлов и радионуклидов. Также известно, что меланизированные штаммы грибов обладают большей патогенностью и устойчивостью к оксидантам по сравнению с немеланизированными [21]. В соответствии с выявленными фенотипическими признаками и по результатам молекулярно-генетического анализа (сходство по фрагментам последовательностей ITS и NS на уровне 98–99%) штаммы грибов St-664, St-880, St-884, Dg-1, Dg-3 были определены как принадлежащие к роду *Aureobasidium*, виду *A. pullulans*. Микроорганизмы рода *Aureobasidium* – космополиты, чаще всего встречающиеся на наземных частях растений и во влажной среде. Однако сообщается, что грибы вида *A. pullulans* были выделены также из крови, бронхоальвеолярного лаважа, лимфатических узлов, абсцесса селезенки, цереброспинальной жидкости [8].

Из сырой биомассы *A. pullulans* штамма St-880, наработанной на среде Чапека, с выходом 17 г/л получено 3,2 г влажного и 0,71 г сухого пигмента. Коэффициент цветности составил в среднем 2,74. Штамм *A. pullulans* St-880 обильно экстрагировал в среду полисахариды, которые отделялись от культуральной жидкости этиловым спиртом. Они представляют собой прозрачный гель, который плохо осаждается при центрифугировании и плохо растворяется в воде. Культивирование этого штамма в среде LB способствовало уменьшению синтеза меланинового пигмента и повышенному синтезу полисахаридов. На рис. 6 приведен спектр поглощения раствора пигмента в УФ- и видимой областях.

Ввиду высокой скорости и интенсивности образования меланина, обильной секреции экзополисахаридов штамм *A. pullulans* St-880 может быть

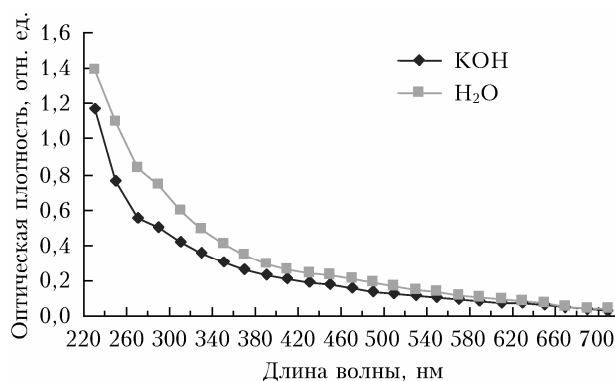


Рис. 6. Спектр поглощения пигмента, продуцируемого штаммом *A. pullulans* St-880 в 2N KOH (ромбы) и в H₂O (квадраты)

перспективен в качестве продуцента полисахаридного комплекса и пигмента меланина, используемого в медицине при разработке противовирусных, антимутажных, противоопухолевых средств [15, 22]. Для направленного целевого синтеза продуктов метаболизма штамма *A. pullulans* St-880 предполагается оптимизация условий его культивирования.

Заключение

В результате проведенного исследования показано, что в высотном и приземном атмосферном воздухе психротолерантные микроорганизмы представлены большим разнообразием видов, включая дрожжи, продуцирующие каротиноидные и меланиновые пигменты, широко применяемые в биотехнологии. Из атмосферных аэрозолей выделены жизнеспособные представители родов *Aureobasidium*, *Sporidiobolus*, *Cryptococcus*, *Candida*, *Rhodotorula* и ряда других, среди которых известны патогенные и условно-патогенные штаммы, опасные для человека. Баллистоспоры, образуемые многими из них, способствуют их повсеместному распространению, включая атмосферу. Высокая продуктивность меланиновых пигментов и возможность культивирования штамма *A. pullulans* St-880 в энергосберегающих условиях позволяет рекомендовать его для разработки профилактических и лечебных препаратов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания Роспотребнадзора и проекта YAK-Sib 2017 (CNRS, France).

1. D'Amato G., Spielsma F.T.M. Aerobiologic and clinical aspects of mould allergy in Europe // *Allergy*. 1995. V. 50, N 11. P. 870–877.
2. Davidson C.I., Phalen R.F., Solomon P.A. Airborne particulate matter and human health: A review // *Aerosol Sci. Technol.* 2005. V. 39, N 8. P. 737–749.
3. Anderson H.R. Air pollution and mortality: A history // *Atmos. Environ.* 2009. V. 43, N 1. P. 143–152.
4. Чернов И.Ю. Дрожжи в природе. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2013. 336 с.
5. Ермилова Е.В. Молекулярные аспекты адаптации прокарриот. СПб.: Изд-во Санкт-Петербург. ун-та, 2007. С. 172–179.
6. Montes M.J., Belloch C., Galiana M., Garcia M.D., Andrés C., Ferrer S., Torres-Rodriguez J.M., Guinea J. Polyphasic taxonomy of a novel yeast isolated from antarctic environment; description of *Cryptococcus victorae* sp. nov. // *Syst. Appl. Microbiol.* 1999. V. 22, N 1. P. 97–105.
7. Branda E., Turchetti B., Diolaiuti G., Pecci M., Smiraglia C., Buzzin P. Yeast and yeast-like diversity in the southernmost glacier of Europe (Calderone Glacier, Apennines, Italy) // *FEMS Microbiol. Ecol.* 2010. V. 72, N 3. P. 354–369.
8. Бакурова Н.С. Место *Aureobasidium pullulans* среди возбудителей оппортунистических инфекций человека (обзор литературы) // *Лабораторная служба*. 2018. Т. 7, № 2. С. 12–18.
9. Ejdys E., Biedunkiewicz A., Dynowska M., Sucharzewska E. Snow in the city as a spore bank of potentially pathogenic fungi // *Sci. Total Environ.* 2014. V. 470–471. P. 646–650.
10. Кирицели 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. С. 16–21.
11. Корнейкова М.В., Лебедева Е.В. Микробиота приземного воздуха различных природных и промышленных зон Мурманской области // *Микология и фитопатология*. 2017. Т. 51, № 5. С. 203–210.
12. Сэги Й. Методы почвенной микробиологии. М.: Колос, 1983. 296 с.
13. Бабьева И.П., Чернов И.Ю. Биология дрожжей. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. 239 с.
14. Ашмарин И.П., Воробьев А.А. Статистические методы в микробиологических исследованиях. Л.: МЕДГИЗ, 1962. 180 с.
15. Противовирусное средство на основе меланина: Пат. 2480227. Россия, Теплякова Т.В., Пучкова Л.И., Косонова Т.А., Булычев Л.Е., Шишкина Л. Роспотребнадзора; МКИ 2011127305/15; Заявл. 01.07.2011. Оpubл. 27.04.2013. Бюл. № 12.
16. Gardes M., Bruns D. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes – application to the identification of mycorrhizae and rusts // *Molec. Ecol.* 1993. V. 2, N 2. P. 113–118.
17. Самтон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. М.: Мир, 2001. 468 с.
18. Hoshino Y.-T. Molecular analyses of soil fungal community – methods and applications // *Soil Health and Land Use Management / M.S. Hernandez-Soriano (ed.) // InTech*. 2011. P. 279–304. DOI: 10.5772/31231.
19. Miceli M.H., Dnaz J.A., Lee S.A. Emerging opportunistic yeast infections // *Lancet Infect. Dis.* 2011. V. 11, N 2. P. 142–151.
20. Tuon F.F., Costa S.F. *Rhodotorula* infection. A systematic review of 128 cases from literature // *Rev. Iberoam. Micol.* 2008. V. 25, N 3. P. 135–40.
21. Гесслер Н.Н., Егорова А.С., Белозерская Т.А. Меланиновые пигменты грибов в экстремальных условиях существования (обзор) // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2014. Т. 50, № 2. С. 125–134.
22. Montefiori D.C., Zhou J. Selective antiviral activity of synthetic soluble L-tyrosine and L-dopa melanins against human immunodeficiency virus in vitro // *Antiviral Res.* 1991. V. 15, N 1. P. 11.

I.S. Andreeva, A.S. Safatov, V.V. Morozova, N.V. Tikunova, E.K. Emelyanova, N.A. Solovyanova, I.V. Babkin, G.A. Buryak, L.I. Puchkova. **Saprophytic and pathogenic yeasts in atmospheric aerosols of southern Western Siberia.**

As a result of microbiological research, information on the number and diversity of psychrotolerant yeast isolated from high-altitude and ground-based samples of atmospheric aerosol in the south of Western Siberia were obtained. In certain phenotypic and genomic characteristics, the yeast isolates were referred to the genera *Saccharomyces*, *Candida*, *Sporidiobolus*, *Aureobasidium*, *Sporobolomyces*, *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, and other. Both saprophytic and pathogenic microorganisms were detected. The strain of yeasts of the genus *Aureobasidium* actively producing exopolysaccharides and melanin and being perspective for biotechnological developments were revealed.