

Концентрация и изменчивость состава микромицетов в атмосферном аэрозоле юга Западной Сибири

А.С. Сафатов¹, Т.В. Теплякова¹, Б.Д. Белан², Г.А. Буряк¹, И.Г. Воробьева¹,
И.Н. Михайловская¹, М.В. Панченко², А.Н. Сергеев^{1*}

¹ Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии
«Вектор» Роспотребнадзора
633159, Новосибирская область, Новосибирский район, пос. Кольцово
² Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН
634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1

Поступила в редакцию 4.03.2009 г.

Представлены результаты двухлетнего наблюдения за концентрацией и представительством различных родов низших грибов (микромицетов) в атмосферном воздухе юга Западной Сибири. Обнаружено, что концентрация микромицетов в пробах атмосферного воздуха подвержена большой вариабельности: она может изменяться в последовательно взятых пробах от менее чем 10 до нескольких тысяч жизнеспособных микроорганизмов в 1 м³.

Всего в исследованных образцах было идентифицировано 18 родов микромицетов, которые относятся к трем подотделам (*Zygomycotina*, *Ascomycotina*, *Deuteromycotina*). Среди них отмечены представители тех родов, которые содержат потенциально патогенные для человека микромицеты (например, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Trichoderma* и др.). В тех же пробах выявлены представители родов микромицетов, чьи полезные свойства могут быть использованы в современной биотехнологии (такие как *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Ganoderma*).

Ключевые слова: атмосферный аэрозоль, мониторинг, биоаэрозоли, грибы.

Введение

Значительную часть жизнеспособных микроорганизмов, обнаруживаемых в атмосферном аэрозоле, составляют низшие грибы (микромицеты). Они могут, распространяясь в составе аэрозолей, вызывать различные заболевания человека, животных и растений. В частности, в работе [1] приведены данные по межконтинентальному переносу заболеваний растений, вызываемых различными низшими грибами. В литературе имеется много данных для других регионов мира о присутствии тех или иных родов грибов в атмосферном воздухе (см., например, [2–11]), однако в большинстве своем они приводятся для внутрисезонных измерений, не носят систематического характера и не включают высотных измерений. Настоящая статья посвящена двухлетнему детальному наблюдению за концентрацией и представительством различных родов микромицетов в атмосферном воздухе юга Западной Сибири.

Материалы и методы

В статье представлены данные, полученные при анализе проб атмосферного аэрозоля, взятых в течение двух лет (с июня 2006 по май 2007 г. и с июня 2007 по май 2008 г.) в процессе самолетного зондирования атмосферы и в наземных измерениях, проведенных на юге Западной Сибири.

Отбор проб атмосферного воздуха

Высотные пробы брались в последней декаде каждого месяца в 50 км к югу от Новосибирска с помощью лаборатории «Оптик-Э», смонтированной на самолете АН-30Д. Самолет пролетал в дневное время над лесным массивом последовательно на высотах 7000, 5500, 4000, 3000, 2000, 1500, 1000 и 500 м. Образцы воздуха отбирались в стерильные импинджеры. Время пробоотбора на каждой высоте составляло 8–10 мин. Наземные пробы воздуха отбирали на те же импинджеры в течение 30 мин с расходом 50 л/мин на площадках, расположенных на территории ФГУН ГНЦ ВБ «Вектор» и в пос. Ключи Новосибирского района. Наземные пробы в районе пос. Ключи в окрестностях Новосибирского академгородка отбирались ежедневно в течение 7 дней месяца в различные сезоны. В течение одних суток в середине месяца проводилось по четыре отбора проб на площадке ФГУН

* Александр Сергеевич Сафатов (safatov@vector.nsc.ru); Тамара Владимировна Теплякова (teplyakova@vector.nsc.ru); Борис Денисович Белан (bbd@iao.ru); Галина Алексеевна Буряк (buriyak@vector.nsc.ru); Ирина Геннадьевна Воробьева; Ирина Николаевна Михайловская; Михаил Васильевич Панченко (pmv@iao.ru); Александр Николаевич Сергеев (serg@vector.nsc.ru).

Данные по концентрации микромицетов, обнаруженных в высотных пробах, КОЕ/м³

Месяц пробоотбора	Высота, м							
	500	1000	1500	2000	3000	4000	5500	7000
Июнь 2006	250	0	0	0	0	0	0	83
Июль 2006	—	125	83	208	0	250	42	42
Август 2006	583	333	0	167	42	417	208	83
Сентябрь 2006	333	250	542	83	42	125	83	42
Октябрь 2006	542	208	0	0	0	42	0	125
Ноябрь 2006	0	0	0	0	0	0	83	83
Декабрь 2006	42	0	0	0	42	0	0	0
Январь 2007	0	0	0	0	0	0	0	0
Февраль 2007	167	458	0	0	0	0	0	0
Март 2007	0	0	125	0	0	0	42	208
Апрель 2007	0	0	83	83	42	83	0	0
Май 2007	0	42	1042	0	0	0	0	0
Июнь 2007	292	0	42	42	0	42	0	0
Июль 2007	—	—	—	—	—	—	—	—
Август 2007	83	0	42	0	42	42	42	0
Сентябрь 2007	208	42	0	0	0	0	0	0
Октябрь 2007	83	0	0	0	0	0	0	125
Ноябрь 2007	83	0	0	0	0	0	0	0
Декабрь 2007	0	0	0	0	0	0	42	0
Январь 2008	0	0	0	0	83	0	0	0
Февраль 2008	83	125	0	0	0	0	0	83
Март 2008	0	0	0	0	0	83	0	0
Апрель 2008	—	—	—	—	—	—	—	—
Май 2008	125	42	0	42	0	125	0	42

Примечание. «—» — отсутствие данных.

Анализ содержания жизнеспособных микромицетов в пробах

Концентрацию жизнеспособных микроорганизмов определяли стандартными методами. Пробы высевали на чашки Петри, содержащие среду Сабуро [12]. При необходимости готовили последовательные разведения проб. Учет и описание культурально-морфологических признаков выросших колоний грибов проводили в два срока (5-е и 14-е сут) с целью более полного учета грибов, в том числе находящихся в покоящихся стадиях развития и требующих для прорастания на питательной среде более длительного времени. Качественный учет включал описание морфологии колоний всего разнообразия выросших грибов, микроскопию выделенных штаммов.

С использованием микроскопа AXIOSCOP ZEISS были получены фотоизображения конидиеносцев, конидий и мицелия некоторых штаммов. Для идентификации микромицетов использовали стандартные руководства и определители [13–19]. После определения рода выделенных изоляторов проводили пересев отдельных культур грибов на питательную среду для создания коллекции чистых культур и дальнейшего исследования их свойств.

Расчет числа жизнеспособных микроорганизмов в пробах, выражаемый в колониеобразующих единицах (КОЕ), проводили по стандартным методикам, при этом количество микроорганизмов усредняли по 3–4 параллелям рассеянных на 4–5 различных средах проб. Стандартная ошибка определения концентрации микроорганизмов в таких условиях не превышает $\pm 0,2 \log_{10}$. С учетом объемов проб атмосферного воздуха, отбираемых для анализа, минимальный порог обнаружения концентрации жизнеспособных грибов в атмосфере составлял для высотных проб 40 КОЕ/м³, для наземных — 11 КОЕ/м³.

Результаты и обсуждение

Изучение проб атмосферного воздуха дало следующие результаты.

В распределении количества и встречаемости отдельных таксонов в составе комплекса микромицетов, обнаруженных в пробах атмосферного воздуха, по месяцам не было выявлено определенной тенденции (табл. 1–3) подобно тому, как это обнаружено для жизнеспособных микроорганизмов на юге Западной Сибири [20]. Поскольку в исследованных образцах атмосферного воздуха доля жизнеспособных бактерий превосходит таковую для микромицетов, то скорее всего циклическое годовое изменение концентрации микромицетов, как и для полной концентрации жизнеспособных микроорганизмов, будет достоверно проявляться только при длительных сроках наблюдения [20]. Вероятно, можно будет также обнаружить и внутрисуточную изменчивость концентрации микромицетов.

Таблица 2

Данные по концентрации микромицетов, обнаруженных в атмосфере в точке пробоотбора на площадке ФГУН ГНЦ ВБ «Вектор», КОЕ/м³

Месяц пробоотбора	Время пробоотбора			
	10 ⁰⁰ –10 ³⁰	16 ⁰⁰ –16 ³⁰	22 ⁰⁰ –22 ³⁰	04 ⁰⁰ –04 ³⁰
Июнь 2006	167	11	211	822
Июль 2006	178	322	611	622
Август 2006	278	344	689	800
Сентябрь 2006	633	711	444	333
Октябрь 2006	89	11	33	33
Ноябрь 2006	22	33	11	311
Декабрь 2006	100	100	22	144
Январь 2007	78	78	156	122
Февраль 2007	100	11	33	22
Март 2007	0	11	11	33
Апрель 2007	44	11	89	167
Май 2007	711	833	444	544
Июнь 2007	178	178	300	489
Июль 2007	444	156	300	267
Август 2007	356	467	0	533
Сентябрь 2007	67	56	67	111
Октябрь 2007	222	222	144	89
Ноябрь 2007	22	78	56	33
Декабрь 2007	500	478	100	78
Январь 2008	0	11	0	44
Февраль 2008	0	0	333	0
Март 2008	11	11	22	0
Апрель 2008	156	22	33	0
Май 2008	33	0	11	111

Таблица 3

Данные по концентрации микромицетов, обнаруженных в атмосфере в точке пробоотбора на площадке в п. Ключи, КОЕ/м³

Сезон пробоотбора	Дата начала пробоотбора (день 1-й)	День пробоотбора						
		1	2	3	4	5	6	7
Лето 2006	04.07.06	247	153	117	142	117	244	197
Осень 2006	10.10.06	39	33	36	42	67	19	28
Зима 2007	01.02.07	25	28	3	0	169	11	8
Весна 2007	04.05.07	203	22	11	17	22	53	36
Лето 2007	05.07.07	78	47	33	61	92	308	—
Осень 2007	03.09.07	22	42	75	53	22	64	11
Зима 2008	29.01.08	31	3	6	0	0	0	3
Весна 2008	29.04.08	50	17	19	0	17	6	25

Примечание. «—» — отсутствие данных.

Отметим, что на полученные данные о концентрации микромицетов могут заметным образом влиять погодные условия: в зависимости от того, из какого региона воздушные массы пришли в точку измерения, они в той или иной мере обогащены биоаэрозолями; выпадающие осадки или полный штиль могут снижать концентрацию жизнеспособ-

ных микроорганизмов в атмосфере. Однако, как показано в [21], такие изменения значительно меньше разброса данных, приводимых в настоящей работе. Высокая вариабельность концентрации жизнеспособных микроорганизмов ранее была отмечена в [22].

Всего в исследованных образцах было идентифицировано 18 родов микромицетов, которые относятся к трем подотделам (*Zygomycotina*, *Ascomycotina*, *Deuteromycotina*). За период исследования отмечено изменение соотношения идентифицированных родов микромицетов в зависимости от места отбора проб (табл. 4).

За первый год исследований наибольшее разнообразие грибов зарегистрировано в высотных пробах. Во втором году исследований наблюдалось резкое сокращение (более чем в 2 раза) биоразнообразия микромицетов. В пробах атмосферного воздуха, взятых на площадке ФГУН ГНЦ ВБ «Вектор», количество родов грибов несколько увеличилось. В точках отбора в пос. Ключи число родов микроскопических грибов за время проведения исследований практически не изменилось. За этот период произошли качественные изменения состава родов микроскопических грибов, выделенных из проб аэрозолей воздуха (табл. 5).

Таблица 4

Количество родов грибов, выделенных в пробах атмосферного воздуха за время проведения работ

Место отбора проб	Количество родов обнаруженных грибов	
	июнь 2006–май 2007	июнь 2007–май 2008
ФГУН ГНЦ ВБ «Вектор»	13	15
Высотные пробы	15	7
п. Ключи	10	10

Таблица 5

Микромицеты, выделенные из проб атмосферного воздуха за время проведения исследований

Род гриба	Место отбора проб					
	Площадка ФГУН ГНЦ ВБ «Вектор»		Высотные пробы		Площадка в п. Ключи	
	1-й год работ	2-й год работ	1-й год работ	2-й год работ	1-й год работ	2-й год работ
<i>Alternaria</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Aspergillus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Aureobasidium</i>	+	+	—	+	+	+
<i>Basidiomycetes</i>	+	+	—	+	—	+
<i>Botrytis</i>	—	+	—	—	—	+
<i>Cephalosporium</i>	+	+	+	—	—	+
<i>Cladosporium</i>	+	+	+	+	+	—
<i>Drechslera</i>	—	—	+	—	—	—
<i>Fusarium</i>	+	+	+	—	+	+
<i>Ganoderma</i>	+	—	—	—	—	—
<i>Geotrichum</i>	—	+	—	—	—	+
<i>Mucor</i>	—	—	+	+	—	—
<i>Mycelia sterilia</i>	—	—	—	—	—	+
<i>Penicillium</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Rhizopus</i>	—	—	+	—	—	—
<i>Stereum</i>	+	—	—	—	—	—
<i>Trichoderma</i>	—	+	+	—	—	—
<i>Verticillium</i>	+	+	+	+	—	—
Неидентифицированные	+	+	+	+	+	+

Полученные данные не позволяют выявить высотную зависимость суммарной концентрации микромицетов, а также их отдельных родов, хотя известно, что счетная концентрация аэрозоля при увеличении высоты до 7 км падает более чем на порядок [23]. Вместе с тем полученные многолетние данные для жизнеспособных микроорганизмов на юге Западной Сибири выявили уникальную зависимость, а точнее независимость их концентрации до высоты 7 км [24]. Поскольку в общей численности жизнеспособных микроорганизмов бактерии составляют основную часть, а микромицеты несколько меньшую долю, такая зависимость не выглядит уникальной.

Изучение биоразнообразия грибов в атмосферном аэрозоле юга Западной Сибири показывает, что эти микроорганизмы являются, как правило, структурными и функциональными компонентами наземных экосистем. Среди микромицетов, выявленных в пробах атмосферного воздуха (см. табл. 5), есть виды, способные вызывать различные заболевания растений, животных и человека. Присутствие спор грибов родов *Aspergillus*, *Cladosporium* и *Penicillium* в воздухе и жилых помещениях обычно рассматривают как фактор риска для здоровья человека, поскольку представители этих грибов являются продуцентами аллергенов и некоторых микотических заболеваний [10, 25]. Известно, что и в состав микобиоты помещений входят микромицеты из окружающей среды, опасные для здоровья человека. В музеях обнаружены виды родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Trichoderma* и др., обладающие потенциальной способностью вызывать микозы [26].

Поражает разнообразие встречающихся в образцах видов рода *Aspergillus*, различающихся по цвету колоний и микроморфологии. Среди них встречаются виды, образующие на питательной среде клейстотеции, в которых формируются сумкоспоры. Образование этой стадии развития гриба лишней раз подтверждает тот факт, что грибы этого рода относятся к сумчатым грибам-аскомицетам, но они чаще встречаются в несовершенной стадии, только с конидиальным спороношением.

Давно известна токсинообразующая способность аспергилловых грибов, и во многих странах уделяется внимание изучению загрязнения токсинами этих грибов продукции растениеводства [11, 27]. Из числа фитопатогенных грибов в пробах были выявлены представители родов *Fusarium*, *Cladosporium*, *Botrytis*, *Drechslera* и *Cephalosporium*. Доминирующими в пробах атмосферного воздуха видами были грибы родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* и *Alternaria*, которые также отмечены и для других регионов СНГ, таких, например, как Аджария, Санкт-Петербург [10, 11].

Имея мощный ферментативный аппарат, грибы могут разрушать многие материалы, созданные человеком, — деревянные конструкции, строительные материалы и даже авиационное топливо [28–30]. Учитывая опасность биоповреждений, в строительные нормативы с 1997 г. введен термин «биологи-

чески активные среды», а для проведения регламентных технических осмотров самолетов ученые предлагают ввести обязательные контрольные анализы топлива и топливных систем с использованием стандартных микологических и микробиологических методов и включить схемы их проведения в соответствующие нормативные документы [29].

Среди грибов, обнаруженных в рассевах проб атмосферного воздуха, имеются и такие, которые могут использоваться после соответствующего изучения в качестве продуцентов различных биологически активных веществ. Иногда выросшие колонии представляли собой смесь двух и более видов грибов, которые различались по цвету, а при исследовании под микроскопом были видны гифы микрофильных грибов, паразитирующих в мицелии других видов (рис. 1).

Из числа таких микрофильных грибов можно также производить отбор продуцентов фибринолитических ферментов [31], что является актуальным для медицины. В этом плане представляют интерес грибы-ксилотрофы, которые широко распространены в природе, поскольку участвуют в деструкции целлюлозы и лигнина. Речь идет не только о базидиальных грибах, хорошо известных по их плодовым телам, но и таких базидиомицетах, как стереумовые грибы, играющие значительную роль в деструкции древесины. Эти грибы были идентифицированы в пробах по наличию у них «пряжек» — особых структур на гифах.

Поскольку во всем мире возрос интерес к базидиальным грибам, проявляющим иммуномодулирующий, противоопухолевый, антивирусный эффект, представители стереумовых грибов могут быть интересны для изучения этих свойств. Среди выросших колоний во всех пробах присутствовали темноокрашенные грибы, содержащие пигмент меланин. Интерес к нему растет, так как обнаружено, что, помимо функции регулятора процессов клеточного метаболизма, меланин играет роль универсального протектора при воздействии на клетку физико-химических факторов мутагенной и канцерогенной природы [32]. К грибам, содержащим меланин, относятся некоторые виды родов *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Aureobasidium* и др. В НИИ биологии при Иркутском госуниверситете из гриба *Aspergillus carbonarium* получен высококачественный водорастворимый меланин [33], который может быть использован в животноводстве для повышения продуктивности молочного стада и бройлеров и укрепления иммунитета человека. Грибные меланины используются в Беларуси для получения мазей от кожных заболеваний [34]. Интерес представляет часто встречающийся в рассевах отобранных проб гриб из рода *Aureobasidium* (рис. 2).

На основе одного из его видов в Республике Беларусь на заводе начато производство нового плазмозаменяющего вещества [34]. Дальнейшее развитие медицинской биотехнологии новых лекарственных препаратов зависит от поиска эффективных продуцентов среди природного разнообразия.

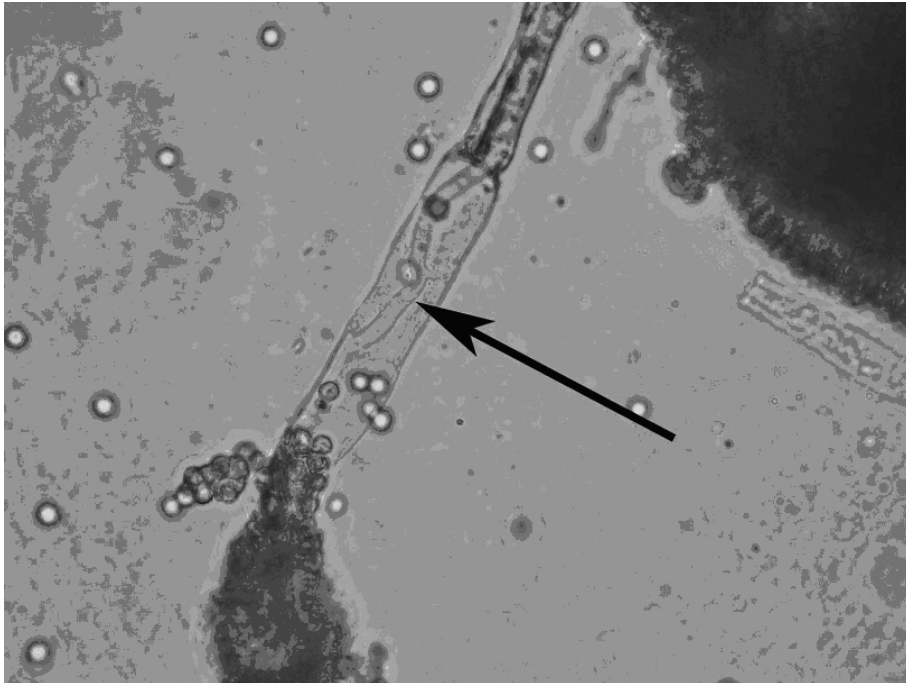


Рис. 1. Микофильный гриб (показан стрелкой) внутри конидиеносца гриба рода *Aspergillus*. Увеличение 1000 крат

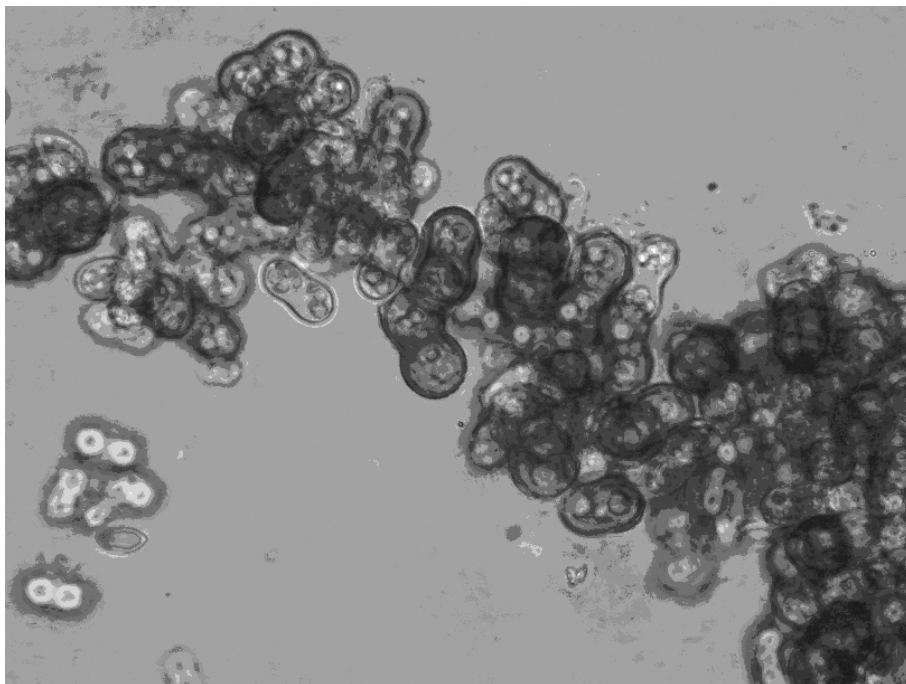


Рис. 2. Конидии гриба рода *Aerobasidium* из рассева пробы, отобранной в 10.00–10.30 15.03.07 на площадке ФГУН ГНЦ ВБ «Вектор». Увеличение 1000 крат

Заключение

Проведенные наблюдения показали, что концентрации микромицетов в пробах атмосферного воздуха подвержены большой вариабельности. Полученные результаты не позволили выявить зависимости сезонной вариации их концентрации и представительства в наземных и высотных пробах атмосферного воздуха юга Западной Сибири.

Показано, что в пробах атмосферного воздуха присутствуют микромицеты большого числа различных родов. Среди них отмечены представители тех родов, которые содержат потенциально патогенные для человека микромицеты (такие как *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Trichoderma* и др.). Вместе с тем в тех же пробах выявлены представители тех родов микромицетов, чьи полезные свойства могут быть использованы

в современной биотехнологии (такие как *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Ganoderma*).

Кроме того, необходимо еще раз подчеркнуть, что как концентрация, так и представительство микромицетов в различных пробах атмосферного воздуха юга Западной Сибири проявляют очень высокую вариабельность. Поэтому для получения достоверных годовых, высотных и других зависимостей их численности и представительства в пробах атмосферного воздуха необходимо проведение многолетних исследований.

Работа выполнена при частичной поддержке МНТИЦ, проект № 3275.

1. Brown J.K.M., Hovmoller M.S. Aerial dispersal of pathogens on the global and continental scales and its impact on plant disease // Science. 2002. V. 297. N 5581. P. 537–541.
2. Stepalska D., Wotek J. Variation in fungal spore concentrations of selected taxa associated to weather conditions in Cracow, Poland, in 1997 // Aerobiologia. 2005. V. 21. N 1. P. 43–52.
3. Awad A.H.A. Vegetation: A source of air fungal biocontaminant // Aerobiologia. 2005. V. 21. N 1. P. 53–61.
4. Huang C.-Y., Lee C.-C., Li F.-C., Ma Y.-P., Su H.-J. J. The seasonal distribution of bioaerosols in municipal landfill sites: a 3-yr study // Atmos. Environ. 2002. V. 36. N 27. P. 4385–4395.
5. Adhikari A., Sen M.M., Gupta-Bhattacharya S., Chanda S. Airborne viable, non-viable, and allergenic fungi in a rural agricultural area of India: a 2-year study at five outdoor sampling stations // Sci. Total Environ. 2004. V. 326. N 1–3. P. 123–141.
6. Liao C.-M., Luo W.-C. Use of temporal/seasonal- and size-dependent bioaerosol data to characterize the contribution of outdoor fungi to residential exposures // Sci. Total Environ. 2005. V. 347. N 1–3. P. 78–97.
7. Fang Z., Quyang Z., Hu L., Wang X., Zheng H., Lin X. Culturable airborne fungi in outdoor environments in Beijing, China // Sci. Total Environ. 2005. V. 350. N 1–3. P. 47–58.
8. Lin W.-H., Li C.-S. Associations of Fungal Aerosols, Air Pollutants, and Meteorological Factors // Aerosol Sci. and Technol. 2000. V. 32. N 4. P. 359–368.
9. Pyri I., Kapsanaki-Gotsi E. A comparative study on the airborne fungi in Athens, Greece, by viable and non-viable sampling methods // Aerobiologia. 2007. V. 23. N 1. P. 3–15.
10. Иванова А.М., Карцидели И.Ю. Комплекс микроскопических грибов в воздухе Санкт-Петербурга // Микология и фитопатология. 2007. Т. 41. Вып. 1. С. 40–46.
11. Верулидзе Г.Р., Болквадзе В.И., Абуладзе Д.А., Болквадзе Ц.И. Видовой и количественный состав спор микроскопических грибов воздуха в различных регионах Аджарии по сезонам // Материалы 6-й Международной конф. (Минск, 2–6 июня 2008 г.) «Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии». Минск, 2008. Т. 1. С. 15–16.
12. Сэги Е. Методы почвенной микробиологии. М.: Колос, 1983. 295 с.
13. Билай В.И. Основы общей микологии. Киев: Вища школа, 1974. С. 327–331.
14. Билай В.И. Фузарии. Киев: Наук. думка, 1977. 442 с.
15. Билай В.И., Коваль Э.З. Аспергиллы. Киев: Наук. думка, 1988. 204 с.
16. Коваль Э.З. Определитель энтомофильных грибов СССР. Киев: Наук. думка, 1974. 258 с.
17. Мельник В.А. Определитель грибов России. СПб.: Наука, 2000. 371 с.
18. Определитель низших растений / Под ред. Л.И. Курсанова. М.: Сов. наука, 1956. Т. 4. 449 с.
19. Hibbett D.S., Binder M., Bischoff J.F., Blackwell M., Cannon P.F., Eriksson O.E., Huhndorf S., James T., Kirk P.M., Lücking R., Thorsten Lumbsch H., Lutzoni F., Matheny P.B., McLaughlin D.J., Powell M.J., Redhead S., Schoch C.L., Spatafora J.W., Stalpers J.A., Vilgalys R., Aime M.C., Aptroot A., Bauer R., Begeerow D., Benny G.L., Castlebury L.A., Crous P.W., Dai Y.C., Gams W., Geiser D.M., Griffith G.W., Gueidan C., Hawksworth D.L., Hestmark G., Hosaka K., Humber R.A., Hyde K.D., Ironside J.E., Kõljalg U., Kurtzman C.P., Larsson K.H., Lichtwardt R., Longcore J., Miadlikowska J., Miller A., Moncalvo J.M., Mozley-Standridge S., Oberwinkler F., Parmasto E., Reeb V., Rogers J.D., Roux C., Ryvarden L., Sampaio J.P., Schüssler A., Sugiyama J., Thorn R.G., Tibell L., Untereiner W.A., Walker C., Wang Z., Weir A., Weiss M., White M.M., Winka K., Yao Y.J., Zhang N. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi // Mycol. Res. 2007. V. 111. N 5. P. 509–547.
20. Safatov A.S., Andreeva I.S., Buryak G.A., Marchenko V.V., Marchenko Yu.V., Olkin S.E., Reznikova I.K., Repin V.E., Sergeev A.N., Penenko V.V., Tsvetova E.A., Arshinov M.Yu., Belan B.D., Panchenko M.V., Tolmachev G.N., Baklanov A.M., Koutsenogii K.P., Makarov V.I., Popova S.A. The results of 7-year monitoring of the biogenic components of atmospheric aerosol in Southwestern Siberia // Chem. Eng. Transact. 2006. V. 10. P. 401–406.
21. Harrison R.M., Jones A.M., Biggins P.D.E., Pomeroy N., Cox C.S., Kid S.P., Hobman J.L., Brown N.L., Beswick A. Climate factors affecting bacterial count in background air samples // Int. J. Biometeorol. 2005. V. 49. N 3. P. 167–178.
22. Borodulin A.I., Safatov A.S., Shabanov A.N., Yarygin A.A., Khutorova O.G., Belan B.D., Panchenko M.V. Physical characteristics of concentration fields of tropospheric bioaerosols in the South of Western Siberia // J. Aerosol Sci. 2005. V. 36. N 5–6. P. 785–800.
23. Панченко М.В., Полькин В.В. Представление о микроструктуре тропосферного аэрозоля Сибири на основе измерений фотоэлектрическим счетчиком // Оптика атмосф. и океана. 2001. Т. 14. № 6–7. С. 526–537.
24. Safatov A., Buryak G., Andreeva I., Olkin S., Reznikova I., Sergeev A., Belan B., Panchenko M., Simonenkov D., Tolmachev G. Altitude profiles of biogenic components of atmospheric aerosols in southwestern Siberia // Chem. Eng. Transact. 2008. V. 16. P. 225–232.
25. Кононенко Г.П., Буркин А.А. Токсикообразующая способность грибов рода *Aspergillus* и оценка загрязненности циклопиазоновой кислотой кормовой продукции // Микология и фитопатология. 2008. Т. 42. Вып. 2. С. 178–184.
26. Богомолова Е.В., Миненко Е.А., Карцидели И.Ю. Потенциальная вирулентность микромицетов, изолированных из музейных помещений // Микология и фитопатология. 2007. Т. 41. Вып. 2. С. 113–119.
27. Хмельницкий И.И., Винокурова Н.Г., Баскунов Б.П., Аринбасаров Б.У. Грибы рода *Aspergillus*: распространение, синтез микотоксинов // Успехи медицинской микологии. М.: Национальная академия микологии. 2003. Т. 1. С. 137–139.
28. Андреюк Е.И., Билай В.И., Коваль Э.З., Козлова И.А. Микробная коррозия и ее возбудители. Киев: Наук. думка, 1980. 288 с.

29. Кондратюк Т.А., Харкевич Е.С., Захарченко В.А., Наконечная Л.Т., Рой А.А., Жданова Н.Н., Пашкевич Р.Е. Биоповреждение авиационного топлива ТС-1 микроскопическими грибами // Микология и фитопатология. 2007. Т. 41. Вып. 5. С. 442–448.
30. Харбашивили М.В., Хохашивили И.А., Кутателадзе Л.Ю., Квинтадзе Г.И. Биодegradация нефтепродуктов микроскопическими грибами // Материалы 6-й Междунар. конф. (Минск, 2–6 июня 2008 г.) «Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии». Минск, 2008. Т. 2. С. 216–217.
31. Теплякова Т.В. Биоэкологические аспекты изучения и использования хищных грибов-гифомицетов. Новосибирск, 1999. 252 с.
32. Борщевская М.И., Васильева С.М. Развитие представлений о биохимии и фармакологии меланиновых пигментов // Вопросы медицинской химии. 1999. Т. 45. Вып. 1. С. 13–23.
33. Огарков Б.Н., Огаркова Г.Р., Самусенок Л.В. Грибы – защитники, целители и разрушители. Иркутск: ГУ НЦ РВХ ВСИЦ СО РАМН, 2008. 248 с.
34. Литвинова Е.В., Скрипко А.Д., Дедюшко Н.А., Гриневич Л.Н., Трухачева Т.В. Лекарственные средства на основе субстанций микробного происхождения // Материалы 6-й Междунар. конф. (Минск, 2–6 июня 2008 г.) «Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии». Минск, 2008. Т. 2. С. 60–62.

A.S. Safatov, T.V. Teplyakova, B.D. Belan, G.A. Buryak, I.G. Vorob'eva, I.N. Mikhailovskaya, M.V. Panchenko, A.N. Sergeev. Atmospheric aerosol fungi concentration and diversity in the south of Western Siberia.

The results of two-year observation on atmospheric aerosol fungi concentration and diversity in the south of Western Siberia are presented. It is found that fungi concentration in the samples of atmospheric air may change dramatically: from less than 10 up to several thousands culturable fungi in cubic meter.

A total of 18 genera of fungi referring to 3 subdivisions (*Zygomycotina*, *Ascomycotina*, *Deuteromycotina*) were identified in the studied samples. There are some fungi strains in these samples that are potentially pathogenic for human health which refer to genera *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Trichoderma*, etc. There are some fungi strains in the same samples which may be useful in contemporary biotechnology. These fungi refer to genera *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Ganoderma*, etc.