

КУЛЬТИВИРУЕМЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ АЭРОЗОЛЕЙ, ВЫЯВЛЕННЫЕ ПРИ САМОЛЕТНОМ ЗОНДИРОВАНИИ АТМОСФЕРЫ НАД АРКТИЧЕСКИМИ МОРЯМИ РОССИИ

Ирина Сергеевна Андреева

Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 630559, Россия, Новосибирская область, р.п. Кольцово, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела биофизики и экологических исследований, тел. (383)363-47-00 (доб. 22 79), e-mail: andreeva_is@vector.nsc.ru

Александр Сергеевич Сафатов

Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 630559, Россия, Новосибирская область, р.п. Кольцово, доктор технических наук, зав. отделом биофизики и экологических исследований, тел. (383)363-47-00 (доб. 26 20), e-mail: safatov@vector.nsc.ru

Олеся Викторовна Охлопкова

Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 630559, Россия, Новосибирская область, р.п. Кольцово, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела биофизики и экологических исследований, тел. (383)363-47-00 (доб. 26 10), e-mail: ohlopkova_ov@vector.nsc.ru

Максим Евгеньевич Ребус

Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 630559, Россия, Новосибирская область, р.п. Кольцово, лаборант-исследователь отдела биофизики и экологических исследований, тел. (383)363-47-00 (доб. 22 79), e-mail: rebus_me@vector.nsc.ru

Галина Алексеевна Буряк

Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 630559, Россия, Новосибирская область, р.п. Кольцово, научный сотрудник отдела биофизики и экологических исследований, тел. (383)363-47-00 (доб. 25 77), e-mail: buryak@vector.nsc.ru

С применением УНУ самолета-лаборатории Ту-134 «Оптик» в сентябре 2020 года проведено зондирование атмосферы над акваториями морей Ледовитого океана: Баренцевым, Карским, Лаптевых, Восточно-Сибирским, Чукотским и Беринговым, отобраны уникальные пробы атмосферных аэрозолей на высотах от 200 и до 10000 м, включая образцы в импинджерах для выявления культивируемых микроорганизмов и их генетического анализа. В настоящей работе приводятся данные по концентрации и разнообразию бактерий и грибов, изолированных при высеве на питательные среды 24 образцов атмосферных аэрозолей, отобранных над арктическими морями России, охарактеризованы численность и состав выделяемых из образцов микроорганизмов, для 152 культур бактерий получены основные морфо-физиологические, биохимические и геномные характеристики, определена таксономическая принадлежность.

Ключевые слова: арктические моря, атмосферные аэрозоли, самолетное зондирование, микроорганизмы, метагеномный анализ

CULTIVATED AEROSOL MICROORGANISMS DETECTED DURING AIRPLANE SENSING OF THE ATMOSPHERE OVER THE ARCTIC SEAS OF RUSSIA

Irina S. Andreeva

Federal Budgetary Research Institution “State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector», Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, 630559, Koltsovo, Novosibirsk Region, Ph. D., Leading Scientist of Department of Biophysics and Ecological, phone: (383)363-47-00 (add. 22 79), e-mail: andreeva_is@vector.nsc.ru

Alexander S. Safatov

Federal Budgetary Research Institution “State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector», Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, 630559, Koltsovo, Novosibirsk Region, D. Sc., Head of Department of Biophysics and Ecological, phone: (383)363-47-00 (add. 26 20), e-mail: safatov@vector.nsc.ru

Olesya V. Ohlopkova

Federal Budgetary Research Institution “State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector», Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, 630559, Koltsovo, Novosibirsk Region, Ph. D., Senior Researcher of Department of Biophysics and Ecological, phone: (383)363-47-00 (add. 26 10), e-mail: ohlopkova_ov@vector.nsc.ru

Maksim E. Rebus

Federal Budgetary Research Institution “State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector», Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, 630559, Koltsovo, Novosibirsk Region, Research Laboratory Assistant of Department of Biophysics and Ecological, phone: (383)363-47-00 (add. 22 79), e-mail: rebus_me@vector.nsc.ru

Galina A. Buryak

Federal Budgetary Research Institution “State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector», Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, 630559, Koltsovo, Novosibirsk Region, Staff Scientist of Department of Biophysics and Ecological, phone: (383)363-47-00 (add. 25 77), e-mail: buryak@vector.nsc.ru

In September 2020, the atmosphere was probed using the Optik Tu-134 aircraft laboratory over the waters of the Arctic Ocean seas: the Barents, Kara, Laptev, East Siberian, Chukchi, and Bering seas. Unique samples of atmospheric aerosols were collected at the altitudes from 200 to 10,000 m including samples in impingers for identification and genetic analysis of culturable microorganisms. The paper presents data on the concentrations and diversity of bacteria and fungi isolated by seeding 24 samples of atmospheric aerosols collected at different altitudes over the Arctic seas of Russia. The main morphophysiological, biochemical and genomic characteristics were obtained for 152 bacterial cultures, and the taxonomic groups they belong to were determined.

Keywords: arctic seas, atmospheric aerosols, aircraft sounding, microorganisms, metagenomic analysis

Введение

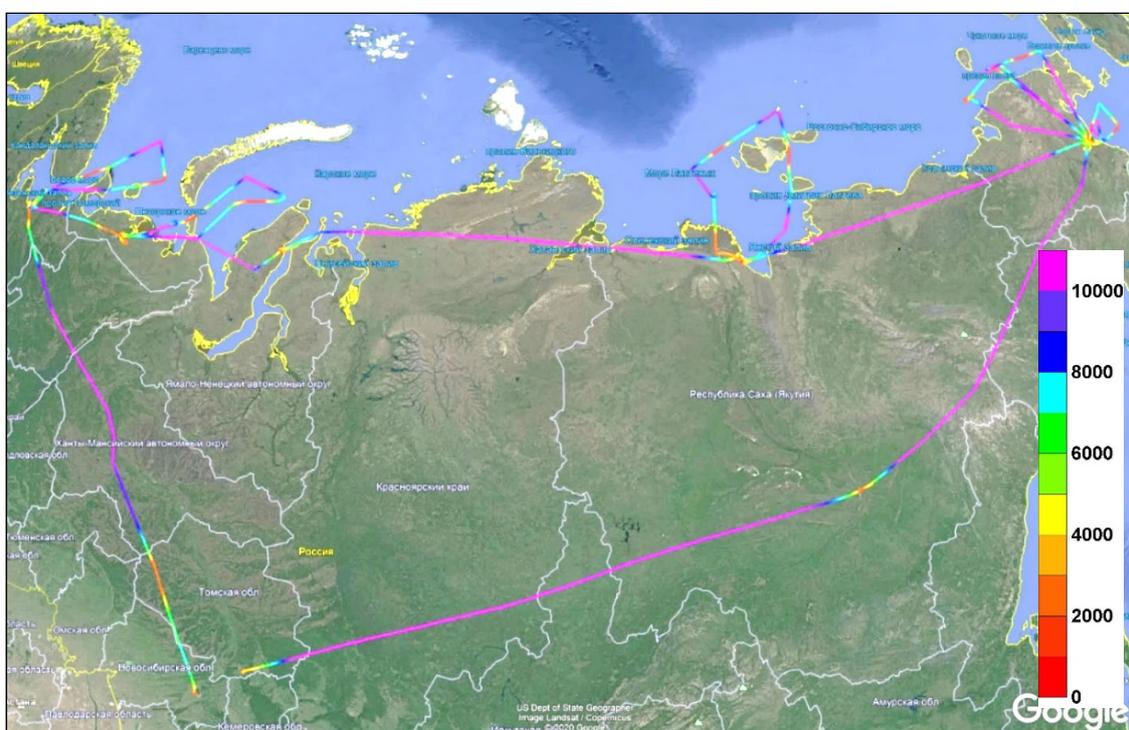
В течение нескольких десятилетий в Арктике отмечаются значительные экологические изменения, таяние ледников и вечной мерзлоты, сокращение площади льдов в Северном Ледовитом океане, что сказывается на составе биоты, включая

микроорганизмы [1, 2]. Регулярные исследования микробиологических сообществ аэрозолей арктических станций показало в качестве доминирующих видов *Aureobasidium pullulans*, *Chaetomium globosum*, *Cladosporium cladosporioides*, *Penicillium spp.* и ряда других с численностью до $2,54 \times 10^2$ КОЕ/м³ воздуха, что согласуется с результатами, полученными в других холодных регионах, таких как Антарктида [3] и Канада [4]. Значительную часть выявленных грибов составляли условные патогены человека (IV группа патогенности по СП 1.3.2322-08). При отсутствии в Арктическом регионе единой сети мониторинга для исследования атмосферы применяют самолетное зондирование [5]. Сведения о численности и видовом составе аэромикробиоты арктических Российских территорий в литературе немногочисленны, в основном касаются концентрации и состава микромицетов приземной атмосферы [6, 7], сведения о бактериях в атмосферных аэрозолях практически отсутствуют.

Целью настоящего исследования было получение данных о вертикальном распределении бактерий и грибов в аэрозолях атмосферного воздуха над Российским сектором Арктики в процессе зондирования атмосферы над акваториями морей Ледовитого океана на высотах от 200 и до 10000 м. с применением самолета-лаборатории Ту-134 «Оптик».

Материалы и методы

Схема маршрута всего эксперимента приведена на рисунке. Условия отбора проб для микробиологического анализа биоаэрозолей указаны в табл. 1.



Карта-схема маршрутов СМЛ Ту-134 "Оптик"
в районах российской Арктики

Таблица 1

Условия отбора проб для микробиологического анализа биоаэрозолей

Дата взлета	Время отбора		Сегмент полета	Высота, м	Импинджер	
	начало	конец			№ пробы	Время отбора, мин
04.09.20	21:12	21:24	Баренцево море	500-200	1	10
-«-	21:35	22:05	-«-	5000-9000-8000	2	15
-«-	22:10	22:16	-«-	5000	3	16
-«-	22:25	22:39	-«-	200	4	10
06.09.20	15:05	15:06	Карское море	500-200-500	5	9
-«-	15:35	15:53	-«-	8000-9000-8000	6	16
06.09.20	15:58	16:10	-«-	5000	7	11
-«-	16:15	16:30	-«-	500-200-2500	8	11
07.09.20	8:25	9:03	Нарьян-Мар-Сабетта	9000-8500	9	15
-«-	12:42	13:25	Сабетта-Тикси	10000	10	10
09.09.20	13:12	13:24	море Лаптевых	300-200	11	9
-«-	13:43	13:55	-«-	8800	12	10
-«-	14:01	14:14	-«-	5000	13	12
-«-	14:22	14:32	-«-	300-200	14	12
11.09.20	12:18	13:18	Тикси- Анадырь	9500-8000	15	17
15.09.20	12:36	12:50	Чукотское море	200	16	15
-«-	13:10	13:21	-«-	9000	17	10
-«-	13:27	13:34	-«-	5000-2000	18	6
-«-	13:40	13:50	-«-	250-200	19	10
16.09.20	11:03	11:40	В. Сибирское море	300-200	20	10
-«-	12:12	12:23	-«-	200	21	10
-«-	12:42	13:17	В. Сибирское море - Анадырь	8500	22	15
-«-	15:48	16:00	Анадырский залив, от берега	200	23	12
17.09.20	17:09	17:24	Анадырский залив	8600	24	10

Образцы атмосферных аэрозолей отбирали в импинджеры МЦ-50, производства ОАО «Опытно-конструкторское бюро тонкого биологического машиностроения», г. Кириши, Россия. Концентрацию, морфологию, физиологию и биохимические признаки полученных микробных изолятов определяли стандартными методами, описанными в [8]. Расчет числа культивируемых микроорганизмов в пробах, выражаемого в десятичных логарифмах числа колониеобразующих единиц (КОЕ), проводили по стандартным методикам [9]. Погрешность определения концентрации микроорганизмов для описанных выше условий культивирования составляла $\pm 0,2 \lg$.

Исследование таксономической структуры микробиомов атмосферного аэрозоля и определения отдельных компонентов состава микробного сообщества на геномном и геномном уровне проводили с применением метагеномного анализа полученных проб воздуха. При метагеномном секвенировании маркерных генов, секвенируется не весь геном, а лишь те его регионы, по которым можно установить родовую и видовую принадлежность микроорганизмов. Полученные прочтения обрабатываются в соответствии с базой данных и ряды классифицируются по базам данных фагов и бактерий (NCBI), грибов и 16S (Silva v.132) до вида и по всем таксонам. Классификация прочтений: Классификация микроорганизмов до рода проводится одним из пакетов биоинформационных программ, в настоящей работе - хэш-классификатором Kraken.

Результаты

Для микробиологического анализа в импинджеры отобрано 24 пробы атмосферных аэрозолей на высотах от 200 до 10000 м. Анализ обратных траекторий движения воздушных масс, из которых осуществлялся отбор проб, показывает, что их траектории в основном проходили через северные территории и акватории, которые не богаты мощными источниками биоаэрозолей. Следовательно, не было оснований ожидать высоких концентраций культивируемых микроорганизмов в пробах атмосферного воздуха над арктическими морями.

Концентрация культивируемых микроорганизмов, обнаруживаемых в условиях опыта, составляла $2,94 - 8,33 \times 10^3$ КОЕ/м³, что близко к полученным ранее данным для юга Западной Сибири [8]. Не выявлена зависимость численности выделяемых микроорганизмов от высоты отбора образцов аэрозолей (табл. 2).

Из полученных проб аэрозолей выделено около 200 культивируемых изолятов грибов и бактерий, используемых для дальнейшего исследования. Грибы были немногочисленны, микромицеты выявлены только в семи из 24 исследуемых проб, встречаясь как на больших высотах до 9000 м, так и в участках атмосферы 200-300 м над водной поверхностью (табл. 2). Спорообразующие бактерии, относящиеся к родам *Lysinibacillus* и *Bacillus*, изолированы из семи проб, составляя до 97 % от общего количества выделенных микробных изолятов на высотах 300-200 м и 19,3 - 33,1 % на высотах до 9000 м.

Неспороносные бактерии, изолированы из 12 образцов, как на высотах 500-200 м, так и на высотах 8000-9000-8000 м и 5000 м (табл. 2).

Кокковые формы бактерий, обнаружены в большей части проб (табл. 2), представлены как сапротрофными бактериями рода *Micrococcus*, так и группой условно-патогенных бактерий родов *Staphylococcus*, *Acinetobacter*, *Rothia* и ряда других, способных вызывать инфекционные заболевания у людей и животных с ослабленным иммунитетом. Среди изолятов этой группы обнаружены бактерии, обладающие признаками патогенности: фосфатазной, лецитиназной и гемолитической активностями.

Таблица 2

Концентрация микроорганизмов в пробах атмосферных биоаэрозолей Арктики

№ пробы	Сегмент полета	Высота, м	Время пробоотбора	Соотношение групп микроорганизмов в пробе, %				
				КОЕ/м ³ воздуха	Кокковые формы бактерий	Спорообразующие бактерии	Неспороносные палочковидные бактерии	Грибы
1	Баренцево море	500-200	10	5,50×10 ³	70	0	30	0
2	-«-	5000-9000-8000	15	4,00×10 ³	100	0	0	0
3	-«-	5000	16	4,06×10 ³	53,85	7,6	0	38,55
4	-«-	200	10	5,00×10 ³	50	50	0	0
5	Карское море	500-200-500	9	5,55×10 ³	41,16	0	58,84	0
6	-«-	8000-9000-8000	16	3,13×10 ³	7,77	0	92,23	0
7	-«-	5000	11	4,54×10 ³	0,22	0	99,78	0
8	-«-	500-200-2500	11	4,55×10 ³	100	0	0	0
9	Нарьян-Мар-Сабетга	9000-8500	15	3,33×10 ³	89,2	0	9,91	0,89
10	Сабетга-Тикси	10000	10	5,00×10 ³	100	0	0	0
11	море Лаптевых	300-200	9	5,55×10 ³	1,36	97,8	0,84	0
12	-«-	8800	10	5,00×10 ³	99,67	0	0	0,33
13	-«-	5000	12	4,17×10 ³	96,0	2,04	0,98	0,98
14	-«-	300-200	12	4,17×10 ³	8,4	91,6	0	0
15	Тикси- Анадырь	9500-8000	17	2,94×10 ³	77,8	22,2	0	0
16	Чукотское море	200	15	3,33×10 ³	10,25	74,4	15,35	0
17	-«-	9000	10	5,00×10 ³	66,7	33,3	0	0
18	-«-	5000-2000	6	8,33×10 ³	10,6	89,4	0	0
19	-«-	250-200	10	5,00×10 ³	60,0	40,0	0	0
20	Восточно-Сибирское море	300-200	10	5,00×10 ³	62,06	33,1	0,43	4,41
21	-«-	200	10	5,00×10 ³	3,02	95,9	0,05	1,03
22	Восточно-Сибирское море - Анадырь	8500	15	3,33×10 ³	77,46	19,3	3,24	0
23	Анадырский залив, от берега	200	12	3,33×10 ³	0	42,8	57,06	0,14
24	Анадырский залив	8600	10	5,00×10 ³	77,8	22,2	0	0

Обсуждение

Формирование арктической аэромикобиоты происходит как за счет поступления микроорганизмов из естественных ландшафтов, так и за счет появления бактерий и грибов, в результате возросшего в последние годы на арктической территории антропогенного переноса (инвазии). Увеличение в аэрозолях Арктики концентрации грибов родов *Penicillium*, *Aspergillus*, растущих при 37°C,

связывают с их возможной патогенностью для человека [5], что требует контроля концентрации и состава атмосферной микоты для профилактики возможных грибковых инфекций.

В работе [10] показано, что большую часть микобиоты исследуемых образцов воздуха составляли биодеструкторы различных материалов и условные патогены человека, выявлены доминирующие виды и неравномерное их распределение в воздухе жилых, рабочих помещений и на прилежащих территориях. Выявлено также доминирование темноокрашенных микроорганизмов, продуцирующих меланины, наиболее приспособленных к преодолению неблагоприятных условий среды. В наших опытах – это грибы родов *Aspergillus* и *Aureobasidium* (табл. 3).

Обращает на себя внимание присутствие в арктических аэрозолях бактерий рода *Staphylococcus*, относящихся к 4-ой группе патогенности. Такие виды, как *S. epidermidis*, *S. warneri* и *S. hominis*, выделенные из аэрозолей, выявляются прежде всего при больничных инфекциях. Наличие стафилококков в аэрозолях холодных зон обитания ранее показано в работе [11]. Выделенные из исследуемых аэрозолей бактерии рода *Acinetobacter* являются свободно живущими сапрофитами, но могут быть причиной менингитов и септицемий у человека на фоне угнетения функции иммунной системы [12]. Из числа выделенных микробных изолятов из арктических аэрозолей аналогичные сведения о возможности вызвать заболевания у пациентов с ослабленным иммунитетом известны для бактерий родов *Kocuria* [13], *Rothia* [15], *Comamonas*, [14], условно-патогенных бактерий рода *Brevundimonas* [16] и ряда других.

Движение воздушных потоков способствует переносу частиц с иммобилизованными микроорганизмами и другими биообъектами на большие горизонтальные расстояния и высоты. В арктических аэрозолях выделены сапротрофные микроорганизмы рода *Pseudarthrobacter*, представители широко распространенных родов *Bacillus*, *Lysinibacillus*, *Nocardia*, симбиотические бактерии рода *Rhizobium*. Изолированы факультативно анаэробные, галотолерантные бактерии рода *Jeotgalicoccus*, известные способностью роста при концентрации NaCl от 0,1 до 16 % [17], что косвенно свидетельствует о толерантности к обезвоживанию в неблагоприятных условиях среды.

Заключение

Микробиологический анализ исследуемых образцов атмосферных аэрозолей арктических морей России на высотах от 200 м до 10000 м показал большое разнообразие и численность микобиоты, в среднем составляющее $2-8 \times 10^3$ КОЕ/м³. Не обнаружено значительного отличия в концентрации культивируемых микроорганизмов в зависимости от высоты взятия пробы. Показано наличие условно-патогенных грибов и бактерий, включая представителей рода *Staphylococcus*, в большинстве проанализированных проб, что приводит к необходимости контроля микробиологического состава аэрозолей для профилактики инфекционных заболеваний.

По техническим причинам отбор проб не произведен для всех запланированных высот атмосферы, что не позволяет делать достаточно полные обобщения по полученным результатам. Для выявления закономерностей состава и распределения микроорганизмов в атмосфере Арктики, необходимы дальнейшие систематические исследования.

Благодарности: организаторам арктической экспедиции и команде УНУ самолета-лаборатория Ту-134 «Оптик» за возможность участия в уникальном эксперименте; Л.И. Пучковой за помощь в анализе биохимических свойств микробных изолятов; Соловьяновой Н.А. за участие в микробиологических посевах, Карташову М.Ю. за консультативную и практическую помощь в метагеномных исследованиях; Е.М. Астаховой за активное участие в изучении генома бактериальных изолятов.

Финансирование: Работа выполнена при частичной поддержке Грантов ФЦП № 075-15-2019-1630, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации соглашение № 075-15-2019-1665 и Государственного задания Роспотребнадзора.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Overpeck J., Hughen K., Hardy D., Bradley R., Case R., Douglas M., Finney B., Gajewski K., Jacoby G., Jennings A., Lamoureux S., Lasca A., MacDonald G., Moore J., Retelle M., Smith S., Wolfe A., Zielinski G. Arctic environmental change of the last four centuries // *Science*. – 1997. – Vol. 278, N 5341. – P.1251–1256.
2. Schmale J., Zieger P., Ekman A.M.L. Aerosols in current and future Arctic climate // *Nature Climate Change*. – 2021. – Vol. 11. – P. 95–105.
3. Duncan S.M., Farrell R.L., Jordan N., Jurgens J.A., Blanchette R.A. Monitoring and identification of airborne fungi at historic locations on Ross Island, Antarctic // *Polar Science*. – 2010. – Vol. 4, N 2. – P. 275–283.
4. Li D.-W., Kendrick B. A year-round outdoor aeromycological study in Waterloo, Ontario, Canada // *Grana*. – 1995. – Vol. 34, N 3. – P. 199–207.
5. Miller C.E., Griffith P.C., Goetz S.J., Hoy E.E., Pinto N., McCubbin I.B., Thorpe A.K., Hofton M., Hodkinson D., Hansen C., Woods J., Larson E., Kasischke E.S., Margolis H.A. An overview of ABoVE airborne campaign data acquisitions and science opportunities // *Environ. Res. Lett.* – 2019. – Vol. 14, N 8. – Paper 080201.
6. 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. Т. 45, № 3. С. 228–239.
7. 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 районах арктических поселений // *Гигиена и санитария*. – 2016. Т. 95, № 10. – С. 923–929.
8. Андреева И.С., Сафатов А.С., Пучкова Л.И., Емельянова Е.К., Буряк Г.А., Олькин С.Е., Резникова И.К., Охлопкова О.В. Культивируемые микроорганизмы в высотных пробах аэрозолей воздуха севера Сибири в ходе самолетного зондирования атмосферы // *Вестник Нижневартковского университета. Биологические науки*. – 2019. – № 2. – С. 3–11.
9. Ашмарин И.П., Воробьев А.А. Статистические методы в микробиологических исследованиях. – Ленинград: Гос. изд. мед. лит., 1962. – 180 с.

10. 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. – С. 16–21.
11. Pearce D.A., Bridge P.D., Hughes K.A., Sattler B., Psenner R., Russell N.J. Microorganisms in the atmosphere over Antarctica // FEMS Microbiol Ecol. – 2009. – Vol. 69, N 2. – P. 143–157.
12. Гриценко Л.З., Колоколова Е.В., Колесникова А.Г., Мишин В.В., Ананьева М.Н. Роль ацинетобактерий в возникновении проблемных инфекций // Медико-социальные проблемы семьи. – 2014. – Т. 19, № 1. – С. 122–127.
13. Moreira J.S., Riccetto A.G., da Silva M.T., Vilela M. Endocarditis by *Kocuria rosea* in an immunocompetent child // Brazil. J. Infect. Dis. – 2015. – Vol. 19, N 1. – P. 82–84.
14. Chou Y.-J., Chou J.-H., Lin K.-Y., Lin M.-C., Wei Y.-H., Arun A.B., Young C.-C., Chen W.-M. *Rothia terrae* sp. nov. isolated from soil in Taiwan // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. – 2008. – Vol. 58, Pt. 1. – P. 84–88.
15. Arda B., Aydemir S., Yamazhan T., Hassan A., Tunger A., Serter D. Comamonas testosteroni meningitis in a patient with recurrent cholesteatoma // APMIS. – 2003. – Vol. 111, N 4. – P. 474–476.
16. Lee M.R., Huang Y.T., Liao C.H., Chuang T.Y., Lin C.K., Lee S.W., Lai C.C., Yu C.J., Hsueh P.H. Bacteremia caused by *Brevundimonas* species at a tertiary care hospital in Taiwan, 2000-2010 // Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis. – 2011. – Vol. 30, N 10. – P. 1185–91.
17. Chen Y.-G., Zhang Y.-Q., Shi J.-X., Xiao H.-D., Tang S.-K., Liu Z.-X., Huang K., Cui X.-L., Li W.-J. *Jeotgalicoccus marinus* sp. nov., a marine bacterium isolated from a sea urchin // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2009. Vol. 59, Pt. 7. P. 1625-1629.

© И. С. Андреева, А. С. Сафатов, О. В. Охлопкова, М. Е. Ребус, Г. А. Буряк, 2021