

Зависимость концентрации культивируемых микроорганизмов и суммарного белка от метеоусловий в окрестностях г. Новосибирска

А.С. Сафатов^{✉1}, Н.А. Лаптева¹, С.Е. Олькин¹, И.С. Андреева¹,
Г.А. Буряк¹, М.Е. Ребус¹, И.К. Резникова¹, Т.Ю. Аликина²,
О.А. Батурина², М.Р. Кабилов^{2*}

¹Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора
6340559, Новосибирская область, р.п. Кольцово

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

Поступила в редакцию 08.02.2024;
после доработки 01.04.2024;
принята к печати 02.04.2024

По результатам трехлетних измерений проведено исследование зависимости концентрации культивируемых микроорганизмов и суммарного белка от метеопараметров: направления и скорости ветра, солнечной радиации, температуры, атмосферного давления, относительной и абсолютной влажности. Отбор проб осуществлялся на площадке ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора (р.п. Кольцово Новосибирской области) с одновременной фиксацией метеоусловий. Концентрацию суммарного белка определяли методом флуоресценции реагента, связывающегося с белком, а концентрацию культивируемых микроорганизмов — стандартными культуральными методами. Метеоданные поступали с метеопоста, расположенного вблизи точки пробоотбора. Анализ данных показывает, что концентрации биологических компонент в аэрозоле растут с увеличением средних температуры, абсолютной влажности и освещенности в течение пробоотбора и снижаются с ростом средних значений относительной влажности, скорости ветра и атмосферного давления.

Ключевые слова: биоаэрозоли, концентрация культивируемых микроорганизмов, концентрация суммарного белка, метеопараметры; atmospheric bioaerosol, culturable microorganism concentration, total protein concentration, meteorological parameter.

Введение

Аэрозоли — неотъемлемая составляющая атмосферы. Заметную их часть представляют биоаэрозоли. Согласно определению, данному в [1]: «биоаэрозоль — это аэрозоль, содержащий частицы биологического происхождения или несущие биологическую активность, которые могут воздействовать на живых существ через инфекционные, аллергические, токсические, фармакологические или другие процессы. Размеры частиц лежат в диапазоне от 0,5 до 100 мкм по аэродинамическому диаметру». Среди различных

компонент, входящих в состав биоаэрозоля, с нашей точки зрения, наиболее важными являются микроорганизмы.

Кроме хорошо изученного воздействия аэрозоля на перераспределение радиационных потоков в атмосфере [2, 3] и образование ледяных ядер или капель воды на аэрозольных частицах в облаках [4, 5] с последующим выпадением дождя и снега, биоаэрозоли могут вызывать инфекционные и неинфекционные заболевания человека, животных и растений, а также содержать суммарный белок, который является индикатором биогенного происхождения соединений в биоаэрозолях.

Концентрации суммарного белка и культивируемых микроорганизмов в атмосфере зависят от многих факторов. Во-первых, от типа, мощности и местоположения источников биоаэрозолей. Такими источниками являются растительность, почва, водоемы, человек, животные и др. [6–14]. Во-вторых, от путей переноса в атмосфере биоаэрозоля от локальных и удаленных источников к точке пробоотбора. По пути от источника биоаэрозоля до точки отбора пробы происходят перемешивание биоаэрозоля

*Александр Сергеевич Сафатов (safatov@vector.nsc.ru); Наталья Александровна Лаптева (lapteva@vector.nsc.ru); Сергей Евгеньевич Олькин (olkin@vector.nsc.ru); Ирина Сергеевна Андреева (andreeva@vector.nsc.ru); Галина Алексеевна Буряк (buriak@vector.nsc.ru); Максим Евгеньевич Ребус (rebus_me@vector.nsc.ru); Ирина Константиновна Резникова (reznikova@vector.nsc.ru); Татьяна Юрьевна Аликина (alikhina@niboch.nsc.ru); Ольга Анатольевна Батурина (baturina@niboch.nsc.ru); Марсель Расимович Кабилов (kabilov@niboch.nsc.ru).

с другими аэрозолями, осаждение, вымывание осадками и его трансформация (изменение химического состава частиц) [11, 15–23]. В-третьих, в зависимости от метеоусловий и их изменений (температура, влажность, солнечная радиация и др.) при переносе культивируемых микроорганизмов и от времени переноса наблюдается инактивация микроорганизмов — потеря ими возможности культивирования в стандартных условиях [21, 24–35]. В-четвертых, выявляемая концентрация культивируемых микроорганизмов зависит от условий пробоотбора и метода культивирования [3, 4 32].

Учитывая вышесказанное, очевидно, что экспериментально измеряемые концентрации культивируемых микроорганизмов и суммарного белка подвержены действию такого большого количества разнообразных факторов, что связать эти величины с источниками биоаэрозолей, их транспортом и другими факторами, действующими на пути от источников до попадания в пробы, на теоретическом уровне не представляется возможным.

Цель настоящей работы — исследование зависимости концентрации культивируемых микроорганизмов и суммарного белка от метеопараметров в локации пробоотбора: направления и скорости ветра, температуры, влажности, освещенности и давления.

Материалы и методы

Отбор атмосферного аэрозоля осуществлялся на площадке ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора (р.п. Кольцово Новосибирской области). Для определения концентрации суммарного белка один раз в месяц отбирали непрерывно три пробы в течение 4,5 ч и одну пробу в течение 8,5 ч на фильтры АФА-ХА-20 с расходом 50 ± 5 л/мин. Для определения концентрации культивируемых микроорганизмов пробы отбирали двумя способами: 1) один раз в месяц — в импинджеры четыре раза в сутки по 30 мин с расходом 50 ± 5 л/мин; 2) один раз в две недели на мембранные фильтры из политетрафторэтилена фирмы Sartorius (ФРГ) (диаметр фильтра 48 мм, эффективный размер пор 1,2 мкм) с расходом 85 ± 5 л/мин. Время отбора при использовании второго метода составляло 12 ч: с 09:00 до 21:00 и с 21:00 до 09:00 следующего дня.

Фиксация метеопараметров осуществлялась ежеминутно с помощью метеокомплекса Vantage Pro 2 (DAVIS, Италия), расположенного на высоте примерно 4 м от точки пробоотбора. Все измеренные величины усреднялись за время отбора проб.

Для измерения концентрации суммарного белка в пробах применяли флуорометрический метод, основанный на приобретении белком интенсивной флуоресценции после его модификации флуорогенным реактивом [36]. В качестве модифицирующих реагентов использовали 3–4-карбоксибензоил хинолин-2-карбоксальдегид — реагент, образующий при взаимодействии с белками флуоресцирующие

производные с более высоким квантовым выходом, чем у других красителей.

Концентрацию культивируемых микроорганизмов из импинджеров определяли по методу, описанному в [37]; концентрацию из проб, отобранных на мембранные фильтры, — по методу [38]. Число колоний в пробах вычисляли методом Кербера [39].

Результаты и обсуждение

Полученные в локации пробоотбора зависимости концентрации суммарного белка и культивируемых микроорганизмов от метеопараметров представлены на рис. 1–5.

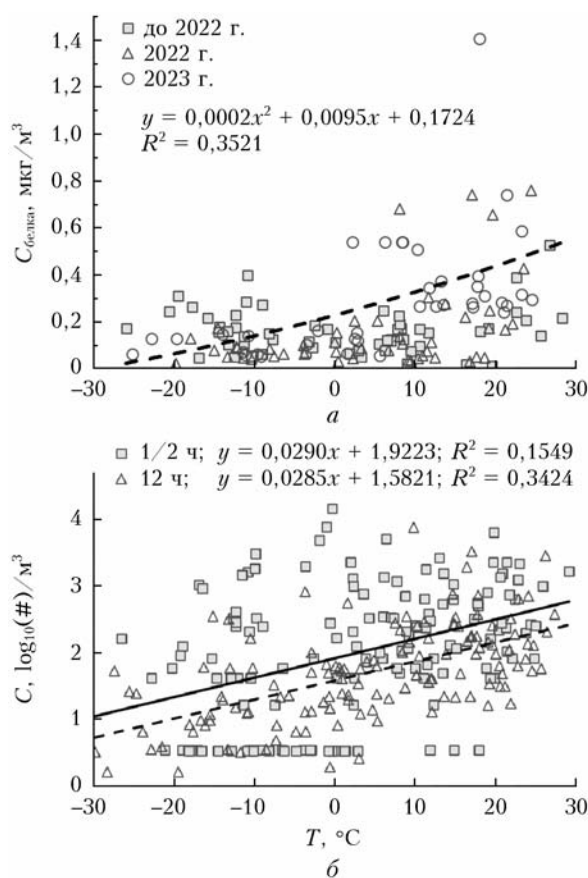


Рис. 1. Зависимости концентраций суммарного белка (а) и культивируемых микроорганизмов (б) от средней температуры во время отбора проб. Здесь и далее на рисунках сплошная линия тренда — для получасового пробоотбора, пунктирная — для 12-часового

Прежде всего, отметим, что статистически средние значения дневных и ночных концентраций культивируемых микроорганизмов и суммарного белка не различимы на уровне значимости 95%. Приведенные на рис. 1 зависимости концентрации культивируемых микроорганизмов и суммарного белка от температуры, несмотря на высокую вариабельность данных, показывают, что с ростом температуры обе концентрации растут. Аналогичные

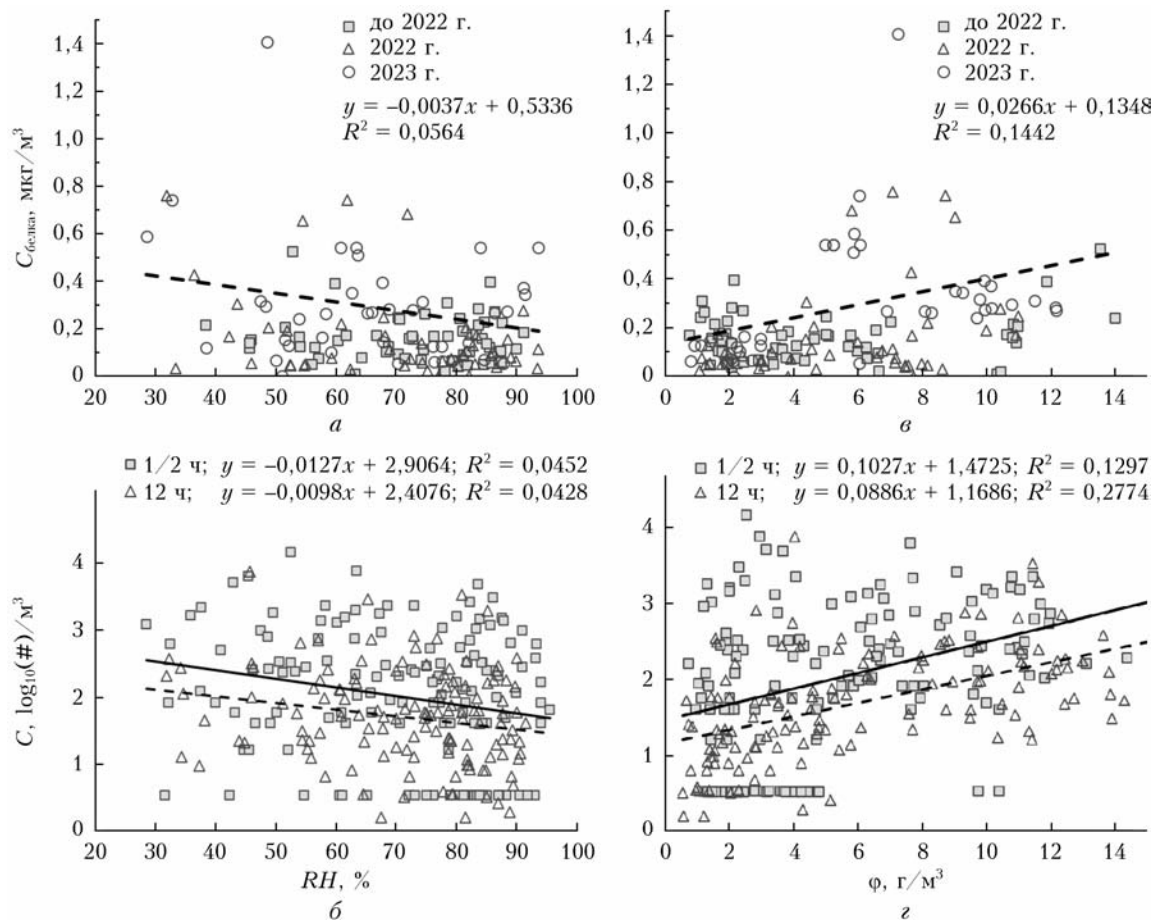


Рис. 2. Зависимости концентраций суммарного белка (а, в) и культивируемых микроорганизмов (б, г) от средних относительной (а, б) и абсолютной влажности (в, г) во время отбора проб

зависимости концентрации микроорганизмов от температуры получены и для других регионов (см., например, [32, 40, 41]). Этот факт, скорее всего, связан с тем, что в теплое время года большинство как локальных, так и удаленных источников биоаэрозолей исследуемого региона имеют большую мощность по сравнению с холодным временем. При этом очевидно, что факторы, инактивирующие микроорганизмы (вымывание и воздействие солнечного излучения, изменение влажности и др.), проявляются в меньшей степени. Обратим также внимание на то, что в среднем обнаруживаемые концентрации культивируемых микроорганизмов при получасовом пробоотборе в импинджеры в три раза выше, чем при 12-часовом. Это указывает на то, что пробоотбор в течение 12 ч на мембранные фильтры из политетрафторэтилена сопровождается заметной потерей жизнеспособности культивируемых микроорганизмов.

Обратим внимание на высокую вариабельность данных по концентрациям культивируемых микроорганизмов и суммарного белка, которая вызвана большой изменчивостью атмосферных процессов и ограниченным числом проведенных измерений.

Как видно из данных, приведенных на рис. 2, с ростом относительной влажности в период пробоотбора происходит уменьшение наблюдаемой кон-

центрации суммарного белка и культивируемых микроорганизмов. Скорее всего, это связано с тем, что аэрозольные частицы, попадающие в пробу, при высокой относительной влажности обводняются в большей степени и, следовательно, более эффективно осаждаются за счет седиментации. При высокой относительной влажности микроорганизмы при 12-часовом пробоотборе сохраняются на мембранном фильтре лучше (линии трендов на рис. 2, б сближаются). Также необходимо отметить, что многие микроорганизмы быстрее инактивируются при высокой относительной влажности [32, 42–44], что, вероятно, также дает свой вклад в наблюдаемые на рис. 2, б тенденции.

Абсолютная влажность существенно зависит от температуры, поэтому при увеличении температуры концентрации культивируемых микроорганизмов и суммарного белка должны демонстрировать рост, что и наблюдается в наших исследованиях.

Зависимости концентрации культивируемых микроорганизмов от средней скорости ветра в период пробоотбора (рис. 3, б) аналогичны представленным в работе [40]. Незначительное уменьшение концентрации культивируемых микроорганизмов и небольшой рост концентрации суммарного белка с ростом средней скорости ветра находятся в пределах доверительного интервала на уровне 95% проведенных

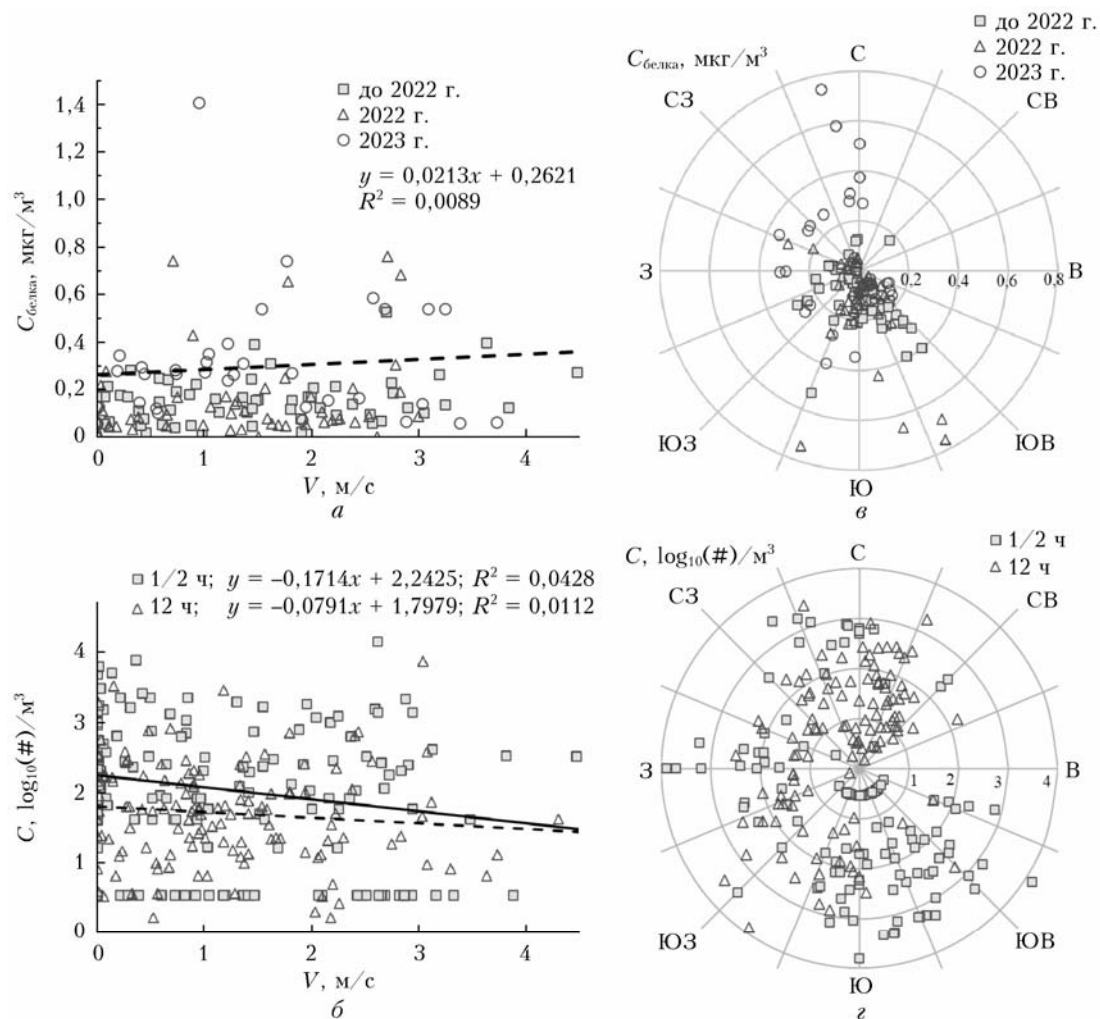


Рис. 3. Зависимости концентраций суммарного белка (а, в) и культивируемых микроорганизмов (б, г) от средних скорости ветра (а, б) и его направления во время отбора проб (в, г)

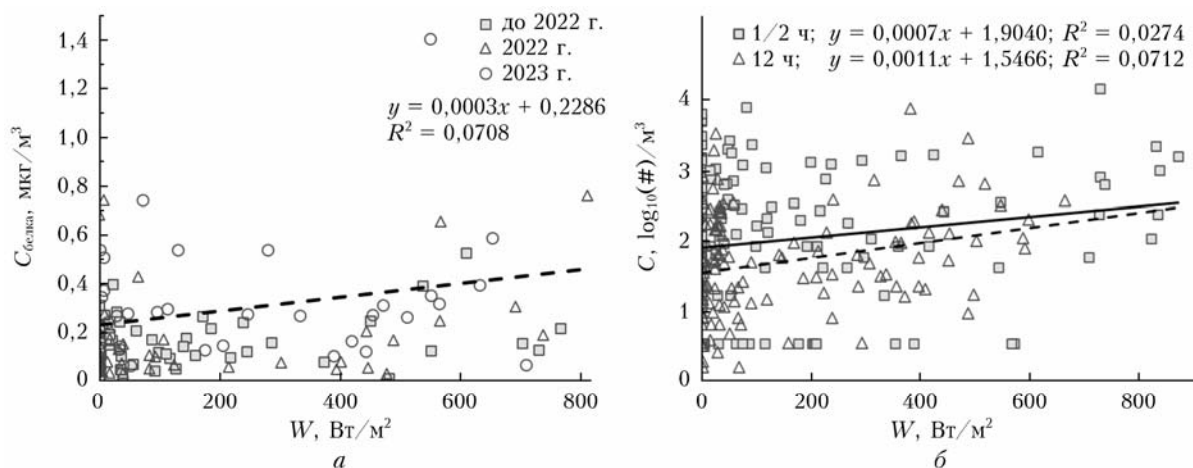


Рис. 4. Зависимости концентраций суммарного белка (а) и культивируемых микроорганизмов (б) от средней освещенности во время отбора проб

измерений. Для суммарного белка увеличение наблюдаемой концентрации с ростом скорости ветра может быть обусловлено сдуванием более легких

частиц биоаэрозоля, ранее осажженных на различных поверхностях. По данным работы [45], максимально обогащены суммарным белком частицы

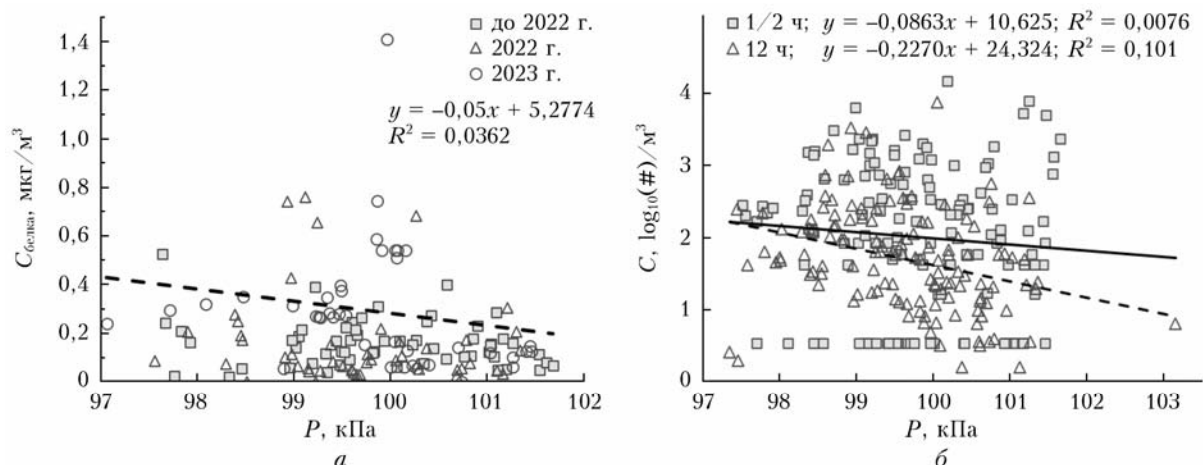


Рис. 5. Зависимости концентраций суммарного белка (а) и культивируемых микроорганизмов (б) от среднего давления во время отбора проб

диаметром 0,16–0,4 мкм, тогда как у частиц, содержащих культивируемые микроорганизмы, диаметр свыше 1 мкм.

Зависимости концентраций суммарного белка и культивируемых микроорганизмов от направления ветра во время отбора проб (рис. 3, в, г) крайне индивидуальны для каждой точки наблюдения. Например, как следует из рис. 3, в, в периоды пробоотбора в 2020–2022 гг. преобладали юго-западные и южные ветры, а в 2023 г. — северные. На рис. 3, в не учтено максимальное значение, чтобы все другие точки были более «читаемы». Выводы о зависимостях концентрации суммарного белка и культивируемых микроорганизмов от направления ветра во время отбора проб сделать крайне затруднительно.

Освещенность напрямую связана со временем года и, следовательно, с температурой. Поэтому наблюдаемые зависимости подобны приведенным на рис. 1. Сближение трендов зависимостей концентрации культивируемых микроорганизмов от освещенности при разной длительности отбора проб, вероятно, обусловлено более интенсивной инактивацией микроорганизмов под действием солнечного ультрафиолета, что подтверждается лабораторными исследованиями [27, 28, 30, 32, 34, 42, 43]. Вероятно, менее устойчивые микроорганизмы, которые дополнительно инактивируются при более длительном пробоотборе, уже инактивированы ультрафиолетом и в обоих периодах отбора проб присутствуют только более устойчивые культивируемые микроорганизмы.

Остается неясным, что является причиной возникновения зависимостей концентраций суммарного белка и культивируемых микроорганизмов от среднего давления во время отбора проб. В литературе нет аналогичных измерений и гипотез, объясняющих подобные зависимости. Возможно, это связано с поступлением относительно «чистого» воздуха из верхних слоев атмосферы при антициклонах. Также совершенно не ясно, чем обусловлено сближение трендов зависимостей концентрации культиви-

руемых микроорганизмов от атмосферного давления при разных длительностях отбора проб при более низком давлении.

Заключение

Проведенные исследования выявили зависимости концентраций суммарного белка и культивируемых микроорганизмов в атмосфере в точке отбора проб от различных метеопараметров. Некоторые из этих зависимостей аналогичны представленным в литературе, другие обнаружены впервые. Обнаруженные зависимости концентраций суммарного белка и культивируемых микроорганизмов от среднего давления во время отбора проб пока не имеют достоверного объяснения. Проведенные работы необходимо продолжать для уточнения обнаруженных зависимостей и причин, их обуславливающих.

Финансирование. Работа выполнена в рамках госзадания Роспотребнадзора ГЗ 11/21 и при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (№ 121031300042-1).

Список литературы

1. *Bioaerosols* / C.S. Cox, C.M. Waters (eds.). Boca Raton, London, Tokyo: CRC Press, Lewis Publ., 1995. 621 p.
2. Shrivastava M., Cappa C.D., Fan J., Goldstein A.H., Guenther A.B., Jimenez J.L., Kuang C., Laskin A., Martin S.T., Ng N.L., Petaja T., Pierce J.R., Rasch P.J., Roldin P., Seinfeld J.H., Shilling J., Smith J.N., Thornton J.A., Volkamer R., Wang J., Worsnop D.R., Zaveri R.A., Zelenyuk A., Zhang Q. Recent advances in understanding secondary organic aerosol: Implications for global climate forcing // *Rev. Geophys.* 2017. V. 55, N 2. P. 509–559. DOI: 10.1002/2016RG000540.
3. Fröhlich-Nowoisky J., Kampf C.J., Weber B., Huffman J.A., Pöhlker C., Andreae M.O., Lang-Yona N., Burrows S.M., Gunthe S.S., Elbert W., Su H., Hoor P., Thines E., Hoffmann T., Després V.R., Pöschl U. Bioaerosols in the Earth system: Climate, health, and ecosystem interactions // *Atmos. Res.* 2016. V. 182. P. 346–376. DOI: 10.1016/j.atmosres.2016.07.018.

4. Després V.R., Huffman J.A., Burrows S.M., Hoose C., Safatov A.S., Buryak G., Fröhlich-Nowoisky J., Elbert W., Andreae M.O., Pöschl U., Jaenicke R. Primary biological aerosols in the atmosphere: Observations and relevance // *Tellus B*. 2012. V. 64. P. 1–58. DOI: 10.3402/tellusb.v64i0.15598.
5. Huang S., Hu W., Chen J., Wu Z., Zhang D., Fu P. Overview of biological ice nucleating particles in the atmosphere // *Environ. Int.* 2021. V. 146. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106197.
6. Freitas G.P., Stolle C., Kaye P.H., Stanley W., Herlemann D.P.R., Salter M.E., Zieger P. Emission of primary bioaerosol particles from Baltic seawater // *Environ. Sci.: Atmos.* 2022. V. 2. DOI: 10.1039/D2EA00047D.
7. Gladding T.L., Rolph C.A., Gwyther C.L., Kinnerley R., Walsh K., Tyrrel S. Concentration and composition of bioaerosol emissions from intensive farms: Pig and poultry livestock // *J. Environ. Manag.* 2020. V. 272. DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.111052.
8. Li W., Liu L., Xu L., Zhang J., Yuan Q., Ding X., Hu W., Fu P., Zhang D. Overview of primary biological aerosol particles from a Chinese boreal forest: Insight into morphology, size, and mixing state at microscopic scale // *Sci. Total Environ.* 2020. V. 719. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137520.
9. Moore R.A., Bomar C., Kobziar L.N., Christner B.C. Wildland fire as an atmospheric source of viable microbial aerosols and biological ice nucleating particles // *ISME J.* 2021. V. 15. P. 461–472. DOI: 10.1038/s43705-022-00089-5.
10. Pumkæo P., Iwahashi H. Bioaerosol sources, sampling methods, and major categories: A comprehensive overview // *Rev. Agric. Sci.* 2020. V. 8. P. 261–278. DOI: 10.7831/ras.8.0_261.
11. Santander M.V., Schiffer J.M., Lee C., Axson J.L., Tauber M.J., Prather K.A. Factors controlling the transfer of biogenic organic species from seawater to sea spray aerosol // *Sci. Rep.* 2022. V. 12. DOI: 10.1038/s41598-022-07335-9.
12. Vettikatt L., Miettinen P., Buchholz A., Rantala P., Yu H., Schallhart S., Petäjä T., Seco R., Männistö E., Kulmala M., Tuittila E.-S., Guenther A.B., Schobesberger S. High emission rates and strong temperature response make boreal wetlands a large source of isoprene and terpenes // *Atmos. Chem. Phys.* 2023. V. 23. P. 2683–2698. DOI: 10.5194/acp-23-2683-2023.
13. Warren S.D., St. Clair L.L., Stark L.R., Lewis L.A., Pombuppa N., Kurbessioan T., Stajich J.E., Aanderud Z.T. Reproduction and dispersal of biological soil crust organisms // *Front. Ecol. Evol.* 2019. V. 7. DOI: 10.3389/FEVO.2019.00344.
14. Chen X., Kumari D., Acha V. A review on airborne microbes: The characteristics of sources, pathogenicity, and geography // *Atmos.* 2020. V. 11. DOI: 10.3390/ATMOS11090919.
15. Cáliz J., Triady-Margarit X., Camarero L., Casamayor E.O. A long-term survey unveils strong seasonal patterns in the airborne microbiome coupled to general and regional atmospheric circulations // *PNAS*. 2018. V. 115, N 48. P. 12229–12234. DOI: 10.1073/PNAS.1812826115.
16. Chen N.-T., Cheong N.-S., Lin C.-Y., Tseng C.-C., Su H.-J. Ambient viral and bacterial distribution during long-range transport in Northern Taiwan // *Environ. Pollut.* 2021. V. 270. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.116231.
17. Els N., Larose C., Baumann-Stanzer K., Tignat-Perrier R., Keuschnig C., Vogel T.M., Sattler B. Microbial composition in seasonal time series of free tropospheric air and precipitation reveals community separation // *Aerobiologia*. 2019. V. 35. P. 671–701. DOI: 10.1007/s10453-019-09606-x.
18. Maki T., Noda J., Morimoto K., Aoki K., Kurosaki Y., Huang Z., Chen B., Matsuki A., Miyata H., Mitarai S. Long-range transport of airborne bacteria over East Asia: Asian dust events carry potentially nontuberculous *Mycobacterium* populations // *Environ. Int.* 2022. V. 168. DOI: 10.1016/j.envint.2022.107471.
19. Mayol E., Arrieta J.M., Jiménez M.A., Martínez-Asensio A., Garcías-Bonet N., Dachs J., González-Gaya B., Royer S.-J., Benítez-Barrios V.M., Fraile-Nuez E., Duarte C.M. Long-range transport of airborne microbes over the global tropical and subtropical ocean // *Nature Commun.* 2017. V. 8. DOI: 10.1038/s41467-017-00110-9.
20. Pickersgill D.A., Müller H., Després V.R. Advanced methods for spatial analysis of bioaerosol long-range transport processes // *Geospatial Analyses of Earth Observation (EO) data* / A. Pepe, Q. Zhao (eds.). 2019. Chapter 4. DOI: 10.5772/intechopen.86132.
21. Romano S. Bioaerosols: Composition, meteorological impact, and transport // *Atmos.* 2023. V. 14, N 3. DOI: 10.3390/ATMOS14030590.
22. Smith D.J., Jaffe D.A., Birmele M.N., Griffin D.W., Schuerger A.C., Hee J., Roberts M.S. Free tropospheric transport of microorganisms from Asia to North America // *Microb. Ecol.* 2012. V. 64. P. 973–985. DOI: 10.1007/s00248-012-0088-9.
23. Warren S.D., St. Clair L.L. Atmospheric transport and mixing of biological soil crust microorganisms // *AIMS Environ. Sci.* 2021. V. 8, N 5. P. 498–516. DOI: 10.3934/environsci.2021032.
24. Jiang G., Ma J., Wang C., Wang Y., Laghari A.A. Kinetics and mechanism analysis on self-decay of airborne bacteria: Biological and physical decay under different temperature // *Sci. Total Environ.* 2022. V. 832. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.155033.
25. Barnes N.M., Wu H. Mechanisms regulating the airborne survival of *Klebsiella pneumoniae* under different relative humidity and temperature levels // *Indoor Air*. 2022. V. 32, N 2. DOI: 10.1111/ina.12991.
26. Chang C.-W., Lin M.-H., Huang S.-H., Horng Y.-J. Parameters affecting recoveries of viable *Staphylococcus aureus* bioaerosols in liquid-based samplers // *J. Aerosol Sci.* 2019. V. 136. P. 82–90. DOI: 10.1016/j.jaerosci.2019.06.007.
27. Handler F.A. Predicting inactivation of *Bacillus subtilis* spores exposed to broadband and solar ultraviolet light // *Environ. Eng. Sci.* 2019. V. 36, N 6. P. 667–680. DOI: 10.1089/ees.2018.0404.
28. Madronich S., Björn L.O., McKenzie R.L. Solar UV radiation and microbial life in the atmosphere // *Photochem. Photobiol. Sci.* 2018. V. 17. P. 1918–1931. DOI: 10.1039/c7pp00407a.
29. Oswin H.P., Haddrell A.E., Hughes C., Otero-Fernandez M., Thomas R.J., Reid J.P. Oxidative stress contributes to bacterial airborne loss of viability // *Microbiol. Spectr.* 2023. V. 11, N 2. DOI: 10.1128/spectrum.03347-22.
30. Peccia J., Werth H.M., Miller S., Hernandez M. Effects of relative humidity on the ultraviolet induced inactivation of airborne bacteria // *Aerosol Sci. Technol.* 2001. V. 35, N 3. P. 728–740. DOI: 10.1080/02786820152546770.
31. Brown A.D. The survival of airborne microorganisms. III. Effects of temperature // *Australian J. Biol. Sci.* 1954. V. 7, N 4. P. 444–451. DOI: 10.1071/bi9540444.

32. Huang Z., Yu X., Liu Q., Maki T., Alam K., Wang Y., Xue F., Tang S., Du P., Dong Q., Wang D., Huang J. Bioaerosols in the atmosphere: A comprehensive review on detection methods, concentration and influencing factors // *Sci. Total Environ.* 2024. V. 912. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.168818.
33. Krueger A.P., Smith R.F., Go I.G. The action of air ions on bacteria. I. Protective and lethal effects on suspensions of staphylococci in droplets // *J. Gen. Physiol.* 1957. V. 41, N 2. P. 359–381. DOI: 10.1085/jgp.41.2.359.
34. Sinha R.P., Häder D.-P. UV-induced DNA damage and repair: A review // *Photochem. Photobiol. Sci.* 2002. V. 1, N 4. P. 225–236. DOI: 10.1039/b201230h.
35. Shoshanim O., Baratz A. A new fluorescence-based methodology for studying bioaerosol scavenging processes using a hyperspectral LIF-LIDAR remote sensing system // *Environ. Res.* 2023. V. 217. DOI: 10.1016/j.envres.2022.114859.
36. You W.W., Haugland R.P., Ryan D.K., Haugland R.P. 3-(4-Carboxybenzoyl)quinoline-2-carboxaldehyde, a reagent with broad dynamic range for the assay of proteins and lipoproteins in solution // *Annal. Biochem.* 1997. V. 244, N 2. P. 277–282. DOI: 10.1006/abio.1996.9920.
37. Andreeva I.S., Safatov A.S., Morozova V.V., Solovyanova N.A., Puchkova L.I., Buryak G.A., Olkin S.E., Reznikova I.K., Emelyanova E.K., Okhlopko O.V., Simonenkov D.V., Belan B.D. Composition and concentration of the biogenic components of the aerosols collected over Vasyugan marshes and Karakan pine forest at altitudes from 500 to 7000 m // *Atmosphere.* 2023. V. 14. DOI: 10.3390/atmos14020301.
38. Андреева И.С., Батурина О.А., Сафатов А.С., Соловьянова Н.А., Аликина Т.Ю., Пучкова Л.И., Ребус М.Е., Буряк Г.А., Олькин С.Е., Козлов А.С., Кобылов М.Р. Концентрация и состав культивируемых микроорганизмов в аэрозолях атмосферного воздуха г. Новосибирска в зависимости от сезона года // *Оптика атмосф. и океана.* 2022. Т. 35, № 6. С. 465–470. DOI: 10.15372/AOO20220605; Andreeva I.S., Baturina O.A., Safatov A.S., Solovyanova N.A., Alikina T.Y., Puchkova L.I., Rebus M.E., Buryak G.A., Olkin S.E., Kozlov A.S., Kabilov M.R. Concentration and composition of cultured microorganisms in atmospheric air aerosols in Novosibirsk depending on the season // *Atmos. Ocean. Opt.* 2022. V. 35, N 6. P. 667–672. DOI: 10.1134/S1024856022060045.
39. Ашмарин И.П., Воробьев А.А. Статистические методы в микробиологических исследованиях. Л.: Гос. изд. мед. лит., 1962. 180 с.
40. Harrison R.M., Jones A.M., Biggins P.D.E., Pomeroy N., Cox C.S., Kidd S.P., Hobman J.L., Brown N.L., Beswick A. Climate factors influencing bacterial count in background air samples // *Sci. Total Environ.* 2005. V. 326. P. 151–180. DOI: 10.1007/s00484-004-0225-3.
41. Lighthart B. Mini-review of the concentration variations found in the alfresco atmospheric bacterial pollution // *Aerobiol.* 2000. V. 16, N 1. P. 7–16. DOI: 10.1023/A:1007694618888.
42. Tang J.W. The effect of environmental parameters on the survival of airborne infectious agents // *J. R. Soc. Interface.* 2009. V. 6, suppl. 6. P. S737–S746. DOI: 10.1098/rsif.2009.0227.focus.
43. Chang C.-W., Li S.-Y., Huang S.-H., Huang C.-K., Chen Y.-Y., Chen C.-C. Effects of ultraviolet germicidal irradiation and swirling motion on airborne *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Legionella pneumophila* under various relative humidities // *Indoor Air.* 2012. V. 23, N 1. P. 74–84. DOI: 10.1111/j.1600-0668.2012.00793.x.
44. Davis M.S., Bateman B. Relative humidity and the killing of bacteria. 1. Observations on *Escherichia coli* and *Micrococcus lysodeikticus* // *J. Bact.* 1960. V. 80, N 5. P. 577–579. DOI: 10.1128/jb.80.5.577-579.1960.
45. Сафатов А.С., Андреева И.С., Анкилов А.Н., Бакланов А.М., Белан Б.Д., Бородулин А.И., Буряк Г.А., Иванова Н.А., Куценозий К.П., Макаров В.И., Марченко В.В., Марченко Ю.В., Олькин С.Е., Панченко М.В., Петрищенко В.А., Пьянков О.В., Резникова И.К., Сергеев А.Н. Доля биогенной компоненты в атмосферном аэрозоле на юге Западной Сибири // *Оптика атмосф. и океана.* 2003. Т. 16, № 5–6. С. 532–536.

A.S. Safatov, N.A. Lapteva, S.E. Ol'kin, I.S. Andreeva, G.A. Buryak, M.E. Rebus, I.K. Reznikova, T.Y. Alikina, O.A. Baturina, M.R. Kabilov. **Dependence of the concentrations of culturable microorganisms and total protein on meteorological conditions in the Novosibirsk surroundings.**

Based on three years measurements, the dependence of the concentrations of cultivated microorganisms and total protein on meteorological parameters (wind direction and speed, solar radiation, temperature, atmospheric pressure, relative and absolute humidity) is studied. Sampling was carried out at the site of the FBRI State Scientific Center for Virology and Biotechnology "Vector" of Rospotrebnadzor, Koltsovo, Novosibirsk region, with simultaneous recording of weather conditions. The concentration of total protein was determined by the fluorescence method of the protein binding reagent, and the concentration of cultivated microorganisms by standard cultural methods. Weather data came from a weather station located near the sampling site. Analysis of the data obtained shows that the concentrations of biological components in aerosol increase with the average temperature, absolute humidity, and illumination during sampling and decrease with an increase in the average relative humidity, wind speed, and atmospheric pressure.