

Влияние времени замораживания на качество лиофилизатов диагностических чумных и псевдотуберкулезного бактериофагов

А.В.Комиссаров, Г.Н.Гиненко, Е.А.Глазкова, М.В.Овчинникова, О.А.Лобовикова, С.А.Бадарин, Д.Н.Бибиков, Н.В.Синицына, О.С.Зинина, Ю.В.Синягина, К.С.Гумаюнова, Н.И.Костылева, А.К.Никифоров

ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора, Саратов, Российская Федерация

Цель. Изучить тепловые характеристики чумных (Л-431С и Покровской (П)) и псевдотуберкулезного бактериофагов: температуру полного замерзания, нижнюю и верхнюю эвтектические температуры, а также исследовать влияние времени замораживания на качество лиофилизатов бактериофагов.

Материалы и методы. Использовались стерильные фильтраты фаголизатов бульонных культур чумного и псевдотуберкулезного микробов, содержащих взвесь частиц бактериофагов чумных (Л-413С и Покровской (П)) и псевдотуберкулезного, а также среда высушивания – пептон 10% и желатин 1,5%. Фильтраты фаголизатов фасовались по 1 мл в ампулы вместимостью 5 мл. Исследования проводились на сублимационной сушильной установке Epsilon 2-6D.

Результаты. Выявлены следующие значения температуры полного замерзания, нижней и верхней эвтектической температур чумных и псевдотуберкулезного бактериофагов: -40, -35 и -28°C соответственно. Проведение процесса замораживания в течение от 2 до 24 ч не оказывает отрицательного воздействия на свойства препаратов.

Заключение. Полученные данные о тепловых свойствах бактериофагов позволяют правильно выбрать температурно-временные параметры процедур замораживания и сублимации. Результаты исследований дают возможность варьировать время начала сублимации препаратов.

Ключевые слова: лиофилизаты диагностических бактериофагов, замораживание, эвтектические температуры, качество

Для цитирования: Комиссаров А.В., Гиненко Г.Н., Глазкова Е.А., Овчинникова М.В., Лобовикова О.А., Бадарин С.А., Бибиков Д.Н., Синицына Н.В., Зинина О.С., Синягина Ю.В., Гумаюнова К.С., Костылева Н.И., Никифоров А.К. Влияние времени замораживания на качество лиофилизатов диагностических чумных и псевдотуберкулезного бактериофагов. Бактериология. 2024; 10(1): 30–34. DOI: 10.20953/2500-1027-2025-1-30-34

Effect of freezing time on lyophilisate quality of diagnostic plague and pseudotuberculosis bacteriophages

A.V.Komissarov, G.N.Ginenko, E.A.Glazkova, M.V.Ovchinnikova, O.A.Lobovikova, S.A.Badarin, D.N.Bibikov, N.V.Sinitsyna, O.S.Zinina, Yu.V.Sinyagina, K.S.Gumayunova, N.I.Kostyleva, A.K.Nikiforov

Russian Anti-Plague Institute “Microbe” of the Rosпотребнадзор, Saratov, Russian Federation

Objective. To investigate the thermal characteristics of plague (L-431S and Pokrovskaya (P)) and pseudotuberculosis bacteriophages: complete freezing temperatures, lower and upper eutectic temperatures, and also to assess the effect of freezing time on the quality of lyophilisates of bacteriophages.

Materials and methods. We used sterile filtrates of phagolysates of broth cultures of plague and pseudotuberculosis microbes, containing a suspension of particles of plague (L-413S and Pokrovskaya (P)) and pseudotuberculosis bacteriophages, as well as a drying medium – peptone 10% and gelatin 1.5%. The filtrates of phagolysates were packaged 1 ml per ampoule with a capacity of 5 ml. Research was carried out on an Epsilon 2-6D freeze-drying unit.

Results. The following temperature values of complete freezing, lower and upper eutectic temperatures of plague and pseudotuberculosis bacteriophages have been established: -40, -35 and -28°C, respectively. Carrying out the freezing process for 2 to 24 hours does not have a negative effect on the properties of the drugs.

Conclusion. The obtained data on the thermal characteristics of bacteriophages make it possible to adequately select the temperature-time parameters of freezing and sublimation procedures. The research results indicate the feasibility of varying the onset time of drug sublimation.

Key words: lyophilisates of diagnostic bacteriophages, freezing, eutectic temperatures, quality

For citation: Komissarov A.V., Ginenko G.N., Glazkova E.A., Ovchinnikova M.V., Lobovikova O.A., Badarin S.A., Bibikov D.N., Sinitsyna N.V., Zinina O.S., Sinyagina Yu.V., Gumayunova K.S., Kostyleva N.I., Nikiforov A.K. Effect of freezing time on lyophilisate quality of diagnostic plague and pseudotuberculosis bacteriophages. Bacteriology. 2025; 10(1): 30–34. (In Russian). DOI: 10.20953/2500-1027-2025-1-30-34

Для корреспонденции:

Комиссаров Александр Владимирович, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела экспериментальных фармацевтических форм ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора

Адрес: 410005, Саратов, ул. Университетская, 46

Статья поступила 24.10.2024, принята к печати 31.03.2025

For correspondence:

Alexander V. Komissarov, PhD, DSc (Biological Sciences), Professor, Chief Researcher, Department of Experimental Pharmaceutical Forms, Russian Anti-Plague Institute “Microbe” of the Rosпотребнадзор

Address: 46, Universitetskaya str., Saratov, 410005, Russian Federation

The article was received 24.10.2024, accepted for publication 31.03.2025

Бактериофаги широко применяются для диагностики, профилактики и лечения инфекционных заболеваний. ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора производит зарегистрированные диагностические препараты бактериофагов: чумные – Л413С, Покровской (П) и псевдотуберкулезный. Данные медицинские изделия представляют собой лиофилизированные стерильные фильтраты фаголизатов бульонных культур чумного и псевдотуберкулезного микробов, содержащие взвесь частиц соответствующих бактериофагов чумных, а также среду высушивания – пептон 10% и желатин 1,5%. Проведенная недавно глубокая реконструкция производственных мощностей приготовления диагностических препаратов, в том числе приобретенного и введенного в эксплуатацию лиофилизационного оборудования, потребовала исследований по обоснованию параметров сушки препаратов. Следует отметить, что подбор параметров лиофилизации в каждом конкретном случае является сложной технологической задачей [1].

В технологии сублимационной сушки продуктов первой процедурой является замораживание, от правильного проведения которого зависит качество готового продукта. Основными свойствами вещества, на знании которых основывается возможность установить требуемые параметры процедур замораживания и дальнейшей сублимации, являются следующие тепловые характеристики: температура полного замерзания, нижняя и верхняя эвтектическая температуры [2–5].

В доступной литературе отсутствуют сведения о значениях вышеназванных характеристик. Также не раскрыто влияние времени замораживания на качество лиофилизатов диагностических чумных и псевдотуберкулезного бактериофагов. Восполнению вышеназванных пробелов и посвящена данная статья, что и является целью работы.

Материалы и методы

Все исследования с использованием патогенных биологических агентов проводили в соответствии с действующими Санитарными правилами и нормами [6].

Получение полуфабрикатов бактериофагов. В жидкую питательную среду засеивали бульонную культуру, соответствующий штамм-продуцент и маточный бактериофаг из расчета оптимальной множественности инфекции. Смеси инкубировали при температуре $37 \pm 1^\circ\text{C}$ в течение установленного времени. Полученные фаголизаты представляли собой взвесь частиц фага, остатков лизированных фагочувствительных клеток штамма-продуцента, интактных фагорезистентных клеток штамма-продуцента в питательной среде. Прозрачные или легко опалесцирующие фагофильтраты подвергали стерилизующей фильтрации и осуществляли контроль специфической стерильности. В работе использовали специфически стерильные фагофильтраты (полуфабрикаты).

Далее полуфабрикаты препаратов соединяли с защитной средой и разливали автоматическим дозатором PF-6 (Flexicon, Дания) в стерильные ампулы ШП-6, НС-3 (АО «Курскмедстекло», Россия) по 1,0 мл. Лиофилизацию препаратов, включая замораживание, проводили в сублимаци-

онной сушильной установке Epsilon 2-6D (Martin Christ, Германия). Ампулы герметизировали машинной запайкой с применением моноблока запайки ампул «Мастер» МЗ-400ЕД («Аврора пак инжиниринг», Россия).

Оценку влияния времени замораживания на качество лиофилизатов проводили по следующим показателям, изложенным в нормативной документации на бактериофаги: внешний вид препарата, остаточная влажность, растворимость, pH, количество фаговых частиц [7–9].

Показатель «внешний вид» контролировали визуально. Лиофилизированный препарат должен представлять сухую пористую массу светло-коричневого цвета в виде хорошо сформированной таблетки.

Растворимость (время растворения) устанавливали визуально, для чего добавляли в первичную упаковку 1 мл дистиллированной воды (температура $20 \pm 2^\circ\text{C}$) и встряхивали до полного растворения.

pH определяли потенциометрически с использованием pH-метр-милливольтметра pH-410 («Аквион», Россия). Нормируемое значение – от 7,1 до 7,3.

Определение остаточной влажности, которая не должна превышать 3,0%, проводили с помощью инфракрасного термометрического анализатора влажности MA 150 (Sartorius, Германия) весовым методом, описанным в ОФС 1.2.1.0010 [10]. Для контроля использовали содержимое ампул в количестве 0,15–0,20 г.

Определение количества фаговых частиц проводили методом агаровых слоев по Грация с соответствующими штаммами-продуцентами: *Yersinia pestis* EV – для чумных бактериофагов Покровской (П) и Л-431С, *Yersinia pseudotuberculosis* – для псевдотуберкулезного бактериофага. Бактериофаги должны содержать не менее 1×10^7 фаговых частиц в 1 мл.

Все данные в работе представлены в виде среднеарифметических результатов, в основном 3–5 повторностей. Статистическую обработку результатов экспериментов осуществляли по стандартной методике определения грубых ошибок [11].

Ряд методических приемов описан в разделе статьи «Результаты исследования и их обсуждение».

Результаты исследования и их обсуждение

Определение тепловых характеристик бактериофагов

Такие свойства материала, как температура полного замерзания, нижняя и верхняя эвтектическая температуры, служат основой для установления необходимых температурно-временных показателей процессов замораживания и дальнейшей сублимации. С целью установления названных тепловых характеристик бактериофагов использовали методику, описанную L.Rey [12]. В ходе замораживания/оттаивания материала осуществляют одновременное определение температуры и электрического сопротивления изучаемого вещества. Температура полного замерзания соответствует значению, начиная с которого электрическое сопротивление остается постоянным. Нижняя и верхняя эвтектические температуры определяются по точкам перегиба прямой графика взаимосвязи электрического сопротивления и температуры. Исследования проводили с применени-

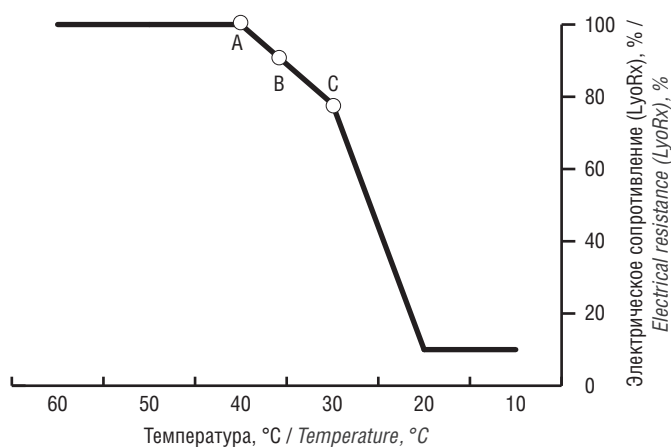


Рисунок. Кривая, выражающая взаимосвязь электрического сопротивления и температуры бактериофагов.
 Figure. The curve reflecting the interdependence between electrical resistance and temperature of bacteriophages.

ем сублимационной сушильной установки Epsilon 2-6D (Martin Christ, Германия), на дисплее которой электрическое сопротивление отображается в процентах (LyORx). Этот методический подход был успешно использован для определения вышеназванных показателей у специфических иммуногенных компонентов холерной химической вакцины [13] и живой туляремийной вакцины с новым составом среды высушивания [14].

Проведенные исследования, результаты которых представлены на рисунке, дали основания констатировать, что температура полного замерзания, нижняя и верхняя эвтектические температуры составляют -40 , -35 и -28°C соответственно. Следует сказать о том, что вышеназванные величины были практически идентичны для всех трех препаратов бактериофагов. Это объясняется схожей технологией их получения, в первую очередь одинаковым качественно-количественным составом сред высушивания. Пользуясь полученными значениями температур, а также рекомендациями ряда исследователей [3–5, 12–17], можно говорить о целесообразности замораживания бактериофагов до -40 – -45°C (на 5 – 10°C меньше величины нижней эвтектической температуры) и сублимации препаратов при температуре -28 – -35°C .

Влияние времени замораживания на качество лиофилизатов диагностических чумных и псевдотуберкулезного бактериофагов

Ампулы с препаратом замораживали до температуры материала $-40 \pm 5^{\circ}\text{C}$ на полках сублимационной сушильной установки Epsilon 2-6D (Martin Christ, Германия). При этой температуре материал выдерживали в течение следующих промежутков времени: 2–3, 5–6, 10–11, 15–16, 23–24, 24–48, 48–72, 72–96 ч. Далее конденсатор-вымораживатель охлаждали до температуры $-65 \pm 5^{\circ}\text{C}$ и создавали остаточное давление в сушильной установке $0,1 \pm 0,01$ мбар. Процесс сублимации вели от температуры полок $-45 \pm 5^{\circ}\text{C}$ до $45 \pm 5^{\circ}\text{C}$ со скоростью повышения температуры полок не более 5°C в час. При достижении температуры материала $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ давление в установке выравнивали с атмосферным и производили выгрузку ампул с последующей их запайкой.

Результаты исследований представлены в таблице. Следует сказать о том, что данные определенных характеристик были практически идентичными для всех трех наименований препаратов, поэтому в таблице отражены полученные сведения по одному из них – бактериофагу диагностическому чумному Л-413С. По внешнему виду полученные лиофилизаты представляли собой сухую массу светлорыжевато-коричневого цвета в виде хорошо сформированной таблетки. Остаточная влажность для препаратов была практически одинаковой и составляла от 0,5 до 0,9%. Значение pH растворов, полученных после растворения лиофилизатов, было от 7,1 до 7,3. Полученные лиофилизаты легко растворялись в 1 мл воды в течение в среднем 35 с. Количество фаговых частиц после лиофилизации снижалась в среднем в 10 раз в сравнении с жидкими препаратами. Значимое уменьшение количества фаговых частиц зафиксировано спустя 72 ч при хранении с температурой материала $-40 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Значения всех показателей соответствовали нормируемым требованиям. Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод об одинаковом влиянии времени замораживания на показатели лиофилизатов. В практическом плане это дает возможность варьировать временем начала сублимации.

Таблица. Результаты исследований влияния времени замораживания на качество лиофилизатов бактериофагов
 Table. Assessment of the effect of freezing time on the quality of bacteriophage lyophilizates

Время замораживания, ч / Freezing time, h	Остаточная влажность, % / Residual moisture, %		Растворимость, с / Solubility, seconds		pH		Количество фаговых частиц / Phage particle content	
	I	II	I	II	I	II	I	II
2–3	n/o / n/a	0,5	n/o / n/a	30	7,1	7,1	3×10^9	2×10^8
5–6		0,8		40		7,2		3×10^8
10–11		0,9		35		7,1		1×10^8
15–16		0,5		40		7,3		2×10^8
23–24		0,5		35		7,1		3×10^8
24–48		0,7		40		7,1		3×10^8
48–72		0,4		40		7,2		2×10^8
72–96		0,5		40		7,2		2×10^7

I – значение показателя жидкого препарата, II – значение показателя лиофилизата, n/o – не определяли. /
 I – value of the indicator of the liquid preparation, II – value of the indicator of lyophilisate, n/a – not assessed.

Заключение

В результате проведения экспериментов по определению тепловых свойств диагностических чумных и псевдотуберкулезного бактериофагов выявлены значения температуры полного замерзания, нижней и верхней эвтектической температур: -40, -35 и -28°C соответственно, что позволяет говорить о целесообразности замораживания препаратов до -40–45°C и их сублимации при температуре -28–35°C.

В ходе исследований влияния времени замораживания на качество лиофилизатов бактериофагов установлено, что продолжительность данного процесса в течение 2–72 ч не оказывает отрицательного воздействия на свойства препаратов, что в практическом плане дает возможность варьировать временем начала сублимации.

Информация о финансировании

Исследование выполнено в рамках НИР 89-2-21 «Научно-прикладные аспекты производства и совершенствования препаратов для иммунопрофилактики и диагностики опасных бактериальных и вирусных инфекций» (2021–2025 гг.), № гос. учета АААА-А21-121012090066-4.

Financial support

The study was carried out within the framework of research work 89-2-21 “Scientific and applied aspects of the production and enhancement of drugs for immunoprophylaxis and diagnosis of dangerous bacterial and viral infections” (2021–2025), State Registration No. АААА-А21-121012090066-4.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interest.

Литература

1. Семакова АП, Кудрявцева ОМ, Попова ПЮ, Комиссаров АВ, Микшис НИ. Стабилизация путем лиофилизации иммуногенных антигенов *Bacillus anthracis* в составе прототипа рекомбинантной вакцины против сибирской язвы. Биотехнология. 2017;33(3):57-65.
2. Гусаров ДА. Лиофилизация биофармацевтических белков (мини-обзор). Биофармацевтический журнал. 2010;2(5):3-7.
3. Комиссаров АВ, Бибиков ДН, Волох ОА, Бадарин СА, Сеницына НВ, Костылева НИ и др. Лиофилизация живых вакцин. Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А.Овчинникова. 2018;14(3):56-73.
4. Нежута АА, Сербис ЕС. Разработка научно-обоснованных режимов сублимационной сушки биопрепаратов. Биотехнология. 2001;6:59-67.
5. Tang X, Pikal MJ. Design of freeze-drying processes for pharmaceuticals: practical advice. Pharm Res. 2004 Feb;21(2):191-200. DOI: 10.1023/b:pham.0000016234.73023.75
6. Санитарные правила и нормы СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней», 2021.
7. Технические условия ТУ 9386-020-01898109-2008 «Бактериофаг диагностический чумной Л-413С, лиофилизат для приготовления раствора для диагностических целей».
8. Технические условия ТУ 9386-021-01898109-2008 «Бактериофаг диагностический чумной псевдотуберкулезный, лиофилизат для приготовления раствора для диагностических целей».

9. Технические условия ТУ 9386-022-01898109-2008 «Бактериофаг диагностический чумной псевдотуберкулезный, лиофилизат для приготовления раствора для диагностических целей».
10. Общая фармакопейная статья 1.2.1.0010 Потеря в массе при высушивании. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV изд. Т. 1; 2023.
11. Ашмарин ИП, Воробьев АА. Статистические методы в микробиологических исследованиях. М.: Медицина, 1962.
12. Rey L, May JC. Freeze Drying/Lyophilization of Pharmaceutical and Biological Products. London: Informa Healthcare, 2010.
13. Комиссаров АВ, Кочкалова НН, Сеницына НВ, Бадарин СА, Костылева НИ, Волох ОА и др. Исследование процесса сублимационного высушивания иммуногенов холерной химической вакцины. Проблемы особо опасных инфекций. 2016;1:90-93.
14. Бибиков ДН, Комиссаров АВ, Волох ОА, Кузнецова ЕМ, Бадарин СА, Авдеева НГ и др. Лиофилизация микробов туляремии штамма 15 НИИЭГ. Биофармацевтический журнал. 2020;12(6):15-23.
15. Constantino H.R., Pikal M.J. Lyophilization of Biopharmaceuticals. Arlington, VA, USA: AAPS Press, 2004.
16. Pikal MJ, Rambhatla S, Ramot R. The Impact of the Freezing Stage in Lyophilization: Effects of the Ice Nucleation Temperature on Process Design and Product Quality. Am Pharm Review. 2002;5:48-53.
17. Searles JA, Carpenter JF, Randolph TW. The ice nucleation temperature determines the primary drying rate of lyophilization for samples frozen on a temperature-controlled shelf. J Pharm Sci. 2001 Jul;90(7):860-71. DOI: 10.1002/jps.1039

References

1. Semakova AP, Kudryavtseva OM, Popova PYu, Komissarov AV, Mikshis NI. Stabilization by lyophilization of immunogenic antigens of *Bacillus anthracis* as part of a prototype recombinant vaccine against anthrax. Biotechnology. 2017;33(3):57-65. (In Russian).
2. Gusarov DA. Lyophilization of biopharmaceutical proteins (brief review). Biopharmaceutical Journal. 2010;2(5):3-7. (In Russian).
3. Komissarov AV, Bibikov DN, Volokh OA, Badarin SA, Sinityna NV, Kostyleva NI, et al. Lyophilization of live vaccines. Bulletin of biotechnology and physical-chemical biology named after Yu.A. Ovchinnikov. 2018;14(3):56-73. (In Russian).
4. Nezhuta AA, Serbis ES. Development of scientifically based modes of freeze-drying of biological products. Biotechnology. 2001;6:59-67. (In Russian).
5. Tang X, Pikal MJ. Design of freeze-drying processes for pharmaceuticals: practical advice. Pharm Res. 2004 Feb;21(2):191-200. DOI: 10.1023/b:pham.0000016234.73023.75
6. Sanitary rules and regulations SanPiN 3.3686-21 “Sanitary and epidemiological requirements for the prevention of infectious diseases”, 2021. (In Russian).
7. Technical specifications TS 9386-020-01898109-2008 “Diagnostic plague bacteriophage L-413S, lyophilisate for preparing a solution for diagnostic purposes”. (In Russian).
8. Technical specifications TS 9386-021-01898109-2008 “Bacteriophage diagnostic pseudotuberculosis plague, lyophilisate for preparing a solution for diagnostic purposes”. (In Russian).
9. Technical specifications TS 9386-022-01898109-2008 “Diagnostic plague pseudotuberculosis bacteriophage, lyophilisate for preparing a solution for diagnostic purposes”. (In Russian).
10. General pharmacopoeial monograph 1.2.1.0010 Loss of weight upon drying. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XV ed. Vol. 1; 2023. (In Russian).
11. Ashmarin IP, Vorob'ev AA. Statistical Methods in Microbiological Research. Moscow: Medicine, 1962. (In Russian).
12. Rey L, May JC. Freeze Drying/Lyophilization of Pharmaceutical and Biological Products. London: Informa Healthcare, 2010.
13. Komissarov AV, Kochkalova NN, Sinityna NV, Badarin SA, Kostyleva NI, Volokh OA, et al. Study of the process of freeze-drying of chemical cholera vaccine

- immunogens. Problems of Particularly Dangerous Infections. 2016;1:90-93. (In Russian).
14. Bibikov DN, Komissarov AV, Volokh OA, Kuznetsova EM, Badarin SA, Avdeeva NG, et al. Lyophilization of microbes of tularemia vaccine strain 15 NIEG. Biopharmaceutical Journal. 2020;12(6):15-23. (In Russian).
15. Constantino H.R., Pikal M.J. Lyophilization of Biopharmaceuticals. Arlington, VA, USA: AAPS Press, 2004.
16. Pikal MJ, Rambhatla S, Ramot R. The Impact of the Freezing Stage in Lyophilization: Effects of the Ice Nucleation Temperature on Process Design and Product Quality. Am Pharm Review. 2002;5:48-53.
17. Searles JA, Carpenter JF, Randolph TW. The ice nucleation temperature determines the primary drying rate of lyophilization for samples frozen on a temperature-controlled shelf. J Pharm Sci. 2001 Jul;90(7):860-71. DOI: 10.1002/jps.1039

Информация о соавторах:

Гиненко Григорий Николаевич, младший научный сотрудник
ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора

Глазкова Екатерина Алексеевна, младший научный сотрудник
ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора

Овчинникова Мария Владимировна, кандидат биологических наук,
заведующая отделом ФКУН Российский противочумный институт «Микроб»
Роспотребнадзора

Лобовикова Оксана Анатольевна, кандидат биологических наук, заведующая
отделом биологического и технологического контроля ФКУН Российский
противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора

Бадарин Сергей Анатольевич, научный сотрудник ФКУН Российский
противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора

Бибиков Дмитрий Николаевич, кандидат биологических наук, старший
научный сотрудник ФКУН Российский противочумный институт «Микроб»
Роспотребнадзора

Синицына Наталья Викторовна, научный сотрудник ФКУН Российский
противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора

Зинина Ольга Сергеевна, кандидат биологических наук, старший
научный сотрудник ФКУН Российский противочумный институт «Микроб»
Роспотребнадзора

Синягина Юлия Владимировна, младший научный сотрудник
ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора

Гумаюнова Кристина Сергеевна, младший научный сотрудник
ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора

Костылева Наталья Ивановна, научный сотрудник ФКУН Российский
противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора

Никифоров Алексей Константинович, доктор биологических наук,
профессор, заместитель директора по экспериментальной
и производственной работе ФКУН Российский противочумный институт
«Микроб» Роспотребнадзора

Information about co-authors:

Grigory N. Grinenko, Junior Researcher, Russian Anti-Plague Institute «Microbe»
of Rospotrebnadzor

Ekaterina A. Glazkova, Junior Researcher, Russian Anti-Plague Institute «Microbe»
of Rospotrebnadzor

Maria V. Ovchinnikova, PhD in Biological Sciences, Department Head,
Russian Anti-Plague Institute «Microbe» of Rospotrebnadzor

Oksana A. Lobovikova, PhD in Biological Sciences, Head of the Department
of Biological and Technological Control, Russian Anti-Plague Institute «Microbe»
of Rospotrebnadzor

Sergey A. Badarin, Researcher, Russian Anti-Plague Institute «Microbe»
of Rospotrebnadzor

Dmitry N. Bibikov, PhD in Biological Sciences, Senior Researcher,
Russian Anti-Plague Institute «Microbe» of Rospotrebnadzor

Natalya V. Sinitsyna, Researcher, Russian Anti-Plague Institute «Microbe»
of Rospotrebnadzor

Olga S. Zinina, PhD in Biological Sciences, Senior Researcher,
Russian Anti-Plague Institute «Microbe» of Rospotrebnadzor

Yulia V. Sinyagina, Junior Researcher, Russian Anti-Plague Institute «Microbe»
of Rospotrebnadzor

Kristina S. Gumayunova, Junior Researcher, Russian Anti-Plague Institute
«Microbe» of Rospotrebnadzor

Natalia I. Kostyleva, Researcher, Russian Anti-Plague Institute «Microbe»
of Rospotrebnadzor

Alexey K. Nikiforov, PhD, DSc (Biological Sciences), Professor, Deputy Director
for Experimental and Production Work, Russian Anti-Plague Institute «Microbe»
of Rospotrebnadzor

НОВОСТИ НАУКИ

Может ли ИИ предсказать следующую пандемию?

Угрозы инфекционных заболеваний для индивидуального и общественного здоровья многочисленны, разнообразны и часто неожиданны. Искусственный интеллект (ИИ) и связанные с ним технологии, которые уже поддерживают принятие решений человеком в экономике, медицине и социальных науках, обладают потенциалом для преобразования сферы и мощи эпидемиологии инфекционных заболеваний. Рассмотрено применение систем ИИ, которые объединяют машинное обучение, вычислительную статистику, поиск информации и науку о данных, к моделированию инфекционных заболеваний. Описано, как последние достижения в области ИИ могут ускорить прорывы в ответах на ключевые эпидемиологические вопросы, и обсуждены конкретные методы ИИ, которые можно применять к регулярно собираемым данным по надзору за инфекционными заболеваниями. Подробно обсуждается социальном контексте ИИ для эпидемиологии инфекционных заболеваний, включая такие вопросы, как объяснимость, безопасность, подотчетность и этика. Суммированы некоторые ограничения приложений ИИ в этой области и даны рекомендации о том, как эпидемиология инфекционных заболеваний может наиболее эффективно использовать текущие и будущие разработки в области ИИ.



*Kraemer MUG, Tsui JL, Chang SY, Lytras S, Khurana MP, Vanderslott S, et al.
Artificial intelligence for modelling infectious disease epidemics.
Nature. 2025 Feb;638(8051):623-635. DOI: 10.1038/s41586-024-08564-w*