

Оригинальное исследование
<https://doi.org/10.36233/0372-9311-525>



Сибирская язва в Российской Федерации в 2023 году, или «старая сказка о главном»

Куличенко А.Н.^{1✉}, Рязанова А.Г.¹, Логвин Ф.В.², Еременко Е.И.¹, Аксенова Л.Ю.¹, Писаренко С.В.¹, Семёнова О.В.¹, Герасименко Д.К.¹, Ковалев Д.А.¹, Головинская Т.М.¹, Бобрышева О.В.¹, Печковский Г.А.¹, Олейникова К.А.¹, Никитина А.В.¹

¹Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора, Ставрополь, Россия;

²Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону, Россия

Аннотация

Введение. Современная ситуация по сибирской язве (СЯ) в России характеризуется неустойчивостью. В 2023 г. отмечено увеличение числа вспышек инфекции по сравнению со средним многолетним показателем (за 5 лет).

Цель работы — оценка эпизоотолого-эпидемиологической ситуации по СЯ, сложившейся в России в 2023 г., и причин её ухудшения, анализ данных геномного эпидемиологического надзора за этой инфекцией.

Материалы и методы. Использовали информацию территориальных органов Роспотребнадзора о расстройстве вспышек СЯ, справочные материалы о стационарно неблагополучных по СЯ пунктах и сибиреязвенных захоронениях. Филогенетическое положение идентифицированных штаммов *Bacillus anthracis* и структуру геномов определяли на основе данных полногеномного секвенирования.

Результаты. В 2023 г. вспышки СЯ зарегистрированы в Чувашской Республике (1), Республике Тыва (1), Тамбовской (1), Рязанской (1) и Воронежской (3) областях. Заболело 14 сельскохозяйственных животных и 19 человек. Заражение животных, не вакцинированных против СЯ, а также привитых задолго до контакта с источником инфекции, происходило преимущественно при выпасе на территориях старых (неучтённых) почвенных очагов СЯ. Заболевание людей обусловлено контактом с больными животными при уходе, вынужденном убое, разделке, транспортировке туш и мяса, кулинарной обработке заражённого мяса и субпродуктов, употреблением в пищу недостаточно термически обработанного ливера. У 17 заболевших диагностирована кожная форма СЯ, у 2 — орофарингеальная форма в сочетании с кожной формой болезни. Во всех случаях установлена типичная для вида *B. anthracis* структура геномов. Показана филогенетическая связь изолятов со штаммами *B. anthracis*, ранее выделенными в России.

Заключение. Причиной неблагополучия по СЯ в 2023 г. стал ряд нарушений ветеринарного и санитарно-эпидемиологического нормирования на фоне наличия почвенных очагов инфекции. Стабилизация обстановки может быть достигнута только при постоянной реализации в полном объёме комплекса регламентированных профилактических мероприятий. Результаты молекулярно-генетического типирования штаммов *B. anthracis*, выделенных в ходе эпидемиологического расследования 7 вспышек СЯ на территории России в 2023 г., позволяют сделать вывод об их местном происхождении и типичной для вида структуре генома. Генетический анализ изолированных штаммов показал эффективность применения разработанной системы wgSNP-типирования при эпидемиологическом расследовании вспышек.

Ключевые слова: сибирская язва, почвенный очаг, *Bacillus anthracis*, полногеномное секвенирование

Этическое утверждение. Исследование проводилось при добровольном информированном согласии пациентов. Протокол исследования одобрен Ставропольского государственного медицинского университета (заключение № 109 от 19.05.2022).

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Куличенко А.Н., Рязанова А.Г., Логвин Ф.В., Еременко Е.И., Аксенова Л.Ю., Писаренко С.В., Семёнова О.В., Герасименко Д.К., Ковалев Д.А., Головинская Т.М., Бобрышева О.В., Печковский Г.А., Олейникова К.А., Никитина А.В. Сибирская язва в Российской Федерации в 2023 году, или «старая сказка о главном». *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2024;101(4):448–461.

DOI: <https://doi.org/10.36233/0372-9311-525>

EDN: <https://www.elibrary.ru/anetvp>

Anthrax in the Russian Federation in 2023 or in other words, «the same old story»

Alexandr N. Kulichenko¹✉, Alla G. Ryazanova¹, Fedor V. Logvin², Evgeny I. Eremenko¹,
Lyudmila Yu. Aksenova¹, Sergey V. Pisarenko¹, Olga V. Semenova¹, Diana K. Gerasimenko¹,
Dmitry A. Kovalev¹, Tatyana M. Golovinskaya¹, Olga V. Bobrysheva¹, Grigorii A. Pechkovskii¹,
Kseniya A. Oleynikova¹, Anna V. Nikitina¹

¹Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russia;

²Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract

Introduction. The current anthrax situation in Russia is characterized by instability. In 2023, there was an increase in the number of infection outbreaks compared to the long-term average (for five years).

The aim of the study is to assess the epizootological and epidemiological situation regarding anthrax in the Russian Federation in 2023 and the reasons for its deterioration, and to analyze data from genomic epidemiological surveillance of this infection.

Materials and methods. The information of the territorial bodies of Rospotrebnadzor on the investigation of anthrax outbreaks, reference materials about anthrax stationary hazardous areas and anthrax burials were used. The phylogenetic position of the identified *Bacillus anthracis* strains and genomes structure were determined based on whole-genome sequencing data.

Results. In 2023 anthrax outbreaks were registered in the Chuvash Republic—Chuvashia (1), the Tyva Republic (1), Tambov (1), Ryazan (1) and Voronezh (3) regions. 14 farm animals and 19 people fell ill. The infection of animals not vaccinated against anthrax, as well as vaccinated long before contact with the source of infection, occurred mainly during grazing in the territories of old (unregistered) anthrax soil foci. Human disease is caused by contact with sick animals during care, forced slaughter, cutting, transportation of carcasses and meat, cooking processing of contaminated meat and offal, and consumption of insufficiently heat-treated liver. 17 patients were diagnosed with a cutaneous form of anthrax, while 2 had an oropharyngeal form combined with a cutaneous form of the disease.

In all cases, the genome structure typical of the *B. anthracis* species has been established. The phylogenetic relationship of *B. anthracis* isolates with *B. anthracis* strains previously isolated in Russia is shown.

Conclusion. The reason for the trouble in anthrax in 2023 was a number of violations of veterinary and sanitary-epidemiological regulations against the background of the presence of soil foci of infection. Stabilization of the situation can be achieved only in full range of regulated preventive measures are constantly implemented. The results of molecular genetic typing of *B. anthracis* strains isolated during the epidemiologic investigation of seven anthrax outbreaks in the Russian Federation in 2023 allow us to conclude that they are of local origin and have a genome structure typical of the species. Genetic analysis of the isolated strains demonstrated the effectiveness of the developed wgSNP typing system in the epidemiologic investigation of outbreaks.

Keywords: anthrax, soil focus, outbreak, *Bacillus anthracis*, whole genome sequencing

Ethics approval. The study was conducted with the informed consent of the patients. The research protocol was approved by the Local Ethics Committee of the Stavropol Research Anti-Plague Institute (protocol No. 109, May 19, 2022).

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Conflict of interest. The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Kulichenko A.N., Ryazanova A.G., Logvin F.V., Eremenko E.I., Aksenova L.Yu., Pisarenko S.V., Semenova O.V., Gerasimenko D.K., Kovalev D.A., Golovinskaya T.M., Bobrysheva O.V., Pechkovskii G.A., Oleynikova K.A., Nikitina A.V. Anthrax in the Russian Federation in 2023 or in other words, «the same old story». *Journal of microbiology, epidemiology and immunobiology*. 2024;101(4):448–461.

DOI: <https://doi.org/10.36233/0372-9311-525>

EDN: <https://www.elibrary.ru/anetvp>

Введение

Сибирская язва (СЯ) — особо опасное зоонозное заболевание, распространённое в мире практически повсеместно [1, 2]. Опасность болезни обу-

словлена способностью её возбудителя — *Bacillus anthracis* к образованию высокоустойчивых к воздействию факторов окружающей среды спор, которые, однажды попав в почву, сохраняют жизнеспособ-

способность десятилетиями, формируя стойкие почвенные очаги инфекции.

В прошлом СЯ восприимчивых животных и людей в России имела широкое распространение. С 1900 г. в России зафиксировано свыше 70 000 вспышек СЯ животных и людей на территории более 35 000 стационарно неблагополучных по СЯ пунктов (СНП) [3]. Так, в 1920-е гг. количество случаев заболевания среди животных ежегодно измерялось десятками тысяч (142 800 животных в 1920–1923 гг.), людей — тысячами (9037 за тот же период), а в отдельные годы регистрировалось свыше 10 тыс. случаев болезни людей в год (46 326 заболевших в 1924–1926 гг.) [4]. Благодаря внедрению с 1950-х гг. массовой профилактической иммунизации сельскохозяйственных животных и контингентов повышенного риска заражения при профессиональном контакте со скотом и продуктами животноводства было достигнуто разительное снижение уровней заболеваемости как животных, так и людей [5].

Современная ситуация по СЯ в России характеризуется неустойчивостью. Если в 2018–2022 гг. отмечались единичные случаи заболевания животных (1–3 в год) и людей (2–5 в год), а в 2017 г. СЯ вообще не отмечалась [6–8], то в 2016 г. была зарегистрирована крупнейшая эпизоотия в Ямало-Ненецком автономном округе с заболеванием более 2650 северных оленей и 36 человек с 1 летальным исходом [9].

В 2023 г. в России вновь зафиксировано ухудшение обстановки по СЯ, что обуславливает необходимость анализа причин, приведших к неблагополучию по данной инфекции.

В настоящее время в связи с развитием технологий секвенирования накопился большой массив данных о геномных последовательностях микроорганизмов. Метод секвенирования полного генома применяется для изучения структуры последовательностей геномов, филогенетического анализа изолятов и с успехом используется в процессе эпидемиологического расследования вспышек инфекционных болезней, в том числе СЯ [10–13]. В связи с этим активное совершенствование и внедрение методов геномного эпидемиологического надзора представляется особенно актуальным.

Цель работы — оценка эпизоотолого-эпидемиологической ситуации по СЯ, сложившейся в России в 2023 г., и причин её ухудшения, анализ данных геномного эпидемиологического надзора за этой инфекцией.

Материалы и методы

При выполнении работы использовали информацию Управлений Роспотребнадзора по Чувашской Республике, Республике Тыва, Тамбовской, Рязанской, Воронежской областям о расследовании

вспышек СЯ в соответствующих субъектах в 2023 г. С целью проведения ретроспективного анализа ситуации по СЯ на этих территориях применяли официальные справочные материалы о СНП [3], сибиреязвенных захоронениях (СЯЗ) [14–16], а также базы данных СНП и СЯЗ, созданные в 2023 г., на основании актуализированной информации¹.

Все обследуемые дали информированное добровольное согласие на участие в настоящих исследованиях. Клинические исследования одобрены локальным этическим комитетом Ставропольского государственного медицинского университета (заключение № 109 от 19.05.2022).

Все манипуляции с лабораторными животными проводили согласно «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях» (Страсбург, 18.03.1986 ETS № 123)..

Лабораторную диагностику СЯ и идентификацию 32 культур *B. anthracis*, выделенных в 2023 г. из клинического материала (7), материала животного происхождения (17) и объектов окружающей среды (8), осуществляли в соответствии с методическими указаниями «Лабораторная диагностика и обнаружение возбудителя сибирской язвы»².

Секвенирование геномов *B. anthracis* проводили с использованием платформы для высокопроизводительного секвенирования DNBSEQ50RS («BGI»). Генотипирование 1169 штаммов *B. anthracis* (302 штамма из коллекции Ставропольского противочумного института Роспотребнадзора, 867 последовательностей геномов штаммов из международной базы данных GenBank) на основе wg-SNP было выполнено с помощью Parsnp [17]. Полученные SNP-профили использовали для построения филогенетической реконструкции по методу максимального правдоподобия в соответствии с моделью Tamura–Nei [18] в программе «Mega10». Для визуализации филогенетического дерева использовали программу «FigTree» (Tree Figure Drawing Tool v. 1.4.3) [19].

Геномные последовательности штаммов *B. anthracis* из коллекции Ставропольского противочумного института Роспотребнадзора представлены в электронной базе данных «Нуклеотидные последовательности полных геномов штаммов возбудителя *B. anthracis*, выделенных на территории России и сопредельных стран» (свидетельство о государственной регистрации № 2022620144 от 18.01.2022),

¹ База данных «Стационарно неблагополучные по сибирской язве пункты на территории Российской Федерации», свидетельство о государственной регистрации от 01.08.2024 № 2024623389.

² Методические указания МУК 4.2.2413-08 «Лабораторная диагностика и обнаружение возбудителя сибирской язвы» (утв. Руководителем Роспотребнадзора 29.07.2008).

в электронной базе данных Ставропольского противочумного института Роспотребнадзора «Полногеномные последовательности штаммов *B. anthracis*» (рег. № В.ab-R-1 – В.ab-R-302) и могут быть предоставлены по запросу (stavnipchi@mail.ru).

Результаты

С марта по сентябрь 2023 г. в России зарегистрировано 7 вспышек СЯ в 5 субъектах 3 федеральных округов РФ: Приволжского, Сибирского и Центрального (таблица).

Первая вспышка СЯ в России в 2023 г. зафиксирована в марте в Чувашской Республике. В личном подсобном хозяйстве жителя д. Старое Акташево Цивильского района был произведён вынужденный убой бычка без уведомления ветеринарных специалистов, после чего заболел 1 из 4 участников, наиболее активно участвовавший в убое. В процессе кулинарной обработки субпродуктов от крупного рогатого скота (КРС) произошло инфицирование супруги владельца больного бычка.

Выявлено, что животное не состояло на учёте и не было привито против СЯ. При эпидемиологическом расследовании установлен факт продажи хозяином на трассе неизвестным лицам КРС мяса и шкуры бычка, которые в ходе эпидемиологического расследования вспышки были своевременно изъяты и уничтожены.

Клинический диагноз кожной формы СЯ у заболевших подтверждён специалистами Референс-центра по мониторингу за возбудителем СЯ (далее — Референс-центр), функционирующего на базе Ставропольского противочумного института Роспотребнадзора, и Центра гигиены и эпидемиологии в Чувашской Республике методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) — на основании обнаружения ДНК возбудителя СЯ в пробах кожных аффектов, а также положительных результатов дополнительных иммунологических методов: выявление специфических противосибирезвённых антител непрямым методом флуоресцирующих антител, аллерготестом с сибирезвённым аллергеном *in vitro* с помощью проточной цитометрии. Из источника инфекции — мяса бычка — выделена культура *B. anthracis*.

Вторая вспышка инфекции СЯ была зафиксирована в июне в Барун-Хемчикском районе Республики Тыва с заболеванием 2 невакцинированных против СЯ лошадей, одна из которых была подвергнута вынужденному убою, а вторая пала. Всего заболело 5 человек; 2 заболевших, проводивших несанкционированный вынужденный убой больной лошади на частной чабанской стоянке вблизи с. Бижиктиг-Хая, также употребили в пищу полу-сырую печень забитого животного, и кожным проявлениям инфекции у них предшествовало формирование воспалительных очагов в ротоглотках. На основании клинических данных, положительной

ПЦР — выявление ДНК *B. anthracis* как в мазках из зева, так и в образцах кожных аффектов, больным был установлен диагноз орофарингеальной формы СЯ в сочетании с кожной формой болезни. Благодаря своевременной диагностике и безотлагательному началу интенсивной терапии прогностически неблагоприятной ротоглоточной формы инфекции удалось избежать летальных исходов.

В связи с отправкой заражённого мяса на продажу в мясную лавку в г. Ак-Довурак кожной формой СЯ заболели 3 человека, диагноз у которых был установлен на основании положительных результатов ПЦР: транспортировщик мяса, сын продавщицы лавки и покупательница, которая приобрела говяжий фарш в этой торговой точке. Установлено, что мясо КРС, из которого был изготовлен фарш, было контаминировано при хранении в холодильнике по соседству с заражённой кониной, доставленной из очага в с. Бижиктиг-Хая, при лабораторном исследовании которой в Тувинской противочумной станции Роспотребнадзора выделена культура *B. anthracis*.

Эпизоотический очаг с заболеванием одной головы КРС был выявлен в июне в Бондарском районе Тамбовской области — на пастбище, расположенном в 3 км от д. Шача Молоканская Митропольского сельского совета. Это единственная в 2023 г. вспышка СЯ среди скота, не повлекшая эпидемических осложнений. Пробы материала для исследования в Референс-центр направлены не были.

В июне в ООО «Путь Ленина» Захаровского района Рязанской области пало 6 голов КРС, выпас которых осуществлялся на летнем пастбище в с. Старое Зимино. В результате непосредственного контакта с больными животными СЯ заболел скотник. По данным ветеринарной службы региона, плановая специфическая иммунизация скота проведена в октябре–ноябре 2022 г. Однако сотрудники ООО «Путь Ленина», включая заболевшего, не были вакцинированы против СЯ.

Диагноз СЯ у 2 голов КРС был установлен Рязанской обветлабораторией по результатам бактериологического исследования проб патологического материала. В ходе эпидемиологического расследования специалистами Роспотребнадзора были изолированы культуры сибирезвённого микроба из проб почвы и воды, отобранных в местах падежа животных. Клинический диагноз кожной формы инфекции у больного подтверждён обнаружением ДНК *B. anthracis* в соскобе со струпа кожного аффекта.

В 2023 г. особое внимание было сосредоточено на ситуации по СЯ в Воронежской области, где в августе–сентябре в 3 районах области зафиксированы 3 вспышки инфекции с заболеванием 11 человек.

Первый очаг выявлен в августе в Панинском районе, где заболел владелец личного подсобного

Эпизоотолого-эпидемиологическая ситуация по СЯ в России в 2023 г.
Epizootological and epidemiological situation on anthrax in the Russian Federation in 2023

№ п/п No. in order	Федеральный округ РФ Federal District of the RF	Субъект РФ Subject of the RF	Муниципальный район, населённый пункт Municipal district, locality	Количество и вид заболевших сельскохозяйственных животных Number and type of sick livestock	Количество заболевших людей Number of sick people	Предыдущая вспышка Previous outbreak
1	Приволжский Privolzhsky	Чувашская Республика — Чувашия Chuvash Republic — Chuvashia	Цивильский район, д. Старое Актасево Tsivil'skiy district, v. Staroe Aktashevo	1 КРС 1 cattle	2	1930
2	Сибирский Siberian	Республика Тыва Tyva Republic	Барун-Хемчикский район, с. Бижиктиг-Хая Barun-Khemchikskiy district, v. Bizhiktig-Khaya	2 лошади 2 horses	5	2021
3	Центральный Central	Тамбовская область Tambov region	Бондарский район, д. Шача Молоканская Bondarskiy district, v. Shacha Molokanskaya	1 КРС 1 cattle	-	1959
4	Центральный Central	Рязанская область Ryazan region	Захаровский район, с. Старое Зимино Zakharovskiy district, v. Staroe Zimino	6 КРС 6 cattle	1	1944
5	Центральный Central	Воронежская область Voronezh region	Панинский район, с. Красные Холмы Paninskiy district, v. Krasnye Holmy	1 КРС 1 cattle	1	1958
6	Центральный Central	Воронежская область Voronezh region	Богучарский район, с. Лебединка Bogucharskiy district, v. Lebedinka	2 КРС 2 cattle	9	1952
7	Центральный Central	Воронежская область Voronezh region	Новоусманский район, совхоз Крыловский Novousmanskiy district, farm Krylovskiy	1 КРС 1 cattle	1	1948
Всего Total	3	7	7	12 КРС, 2 лошади 12 cattle, 2 horses)	19	1930–2021

Примечание. КРС — крупный рогатый скот.

хозяйства в с. Красные Холмы после проведения без уведомления ветеринаров вынужденного убоя 1 головы КРС. Животное не было вакцинировано против СЯ. Хозяин реализовал мясо неизвестным лицам, и в результате розыскных мероприятий было установлено, что перекупщики продали мясо предпринимателю одного из рынков г. Воронежа, где оно оперативно было изъято практически в полном объёме, а остатки заражённого мяса были обнаружены в г. Семилуки и с. Новая Ольшанка. При исследовании материала специалистами Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области и Ставропольского противочумного института Роспотребнадзора из проб шкуры и мяса КРС выделена культура *B. anthracis*, в образцах патологических кожных аффектов больного обнаружена ДНК возбудителя СЯ.

В сентябре в Богучарском районе зарегистрирована крупная вспышка с заболеванием 2 голов КРС и 9 человек. Заражение 5 человек произошло в процессе вынужденного убоя 1 головы КРС, проведённого в крестьянском (фермерском) хозяйстве (КФХ) в с. Лебединка без ветеринарного осмотра, последующей разделки туши и мяса. Второе животное пало и было захоронено на территории КФХ.

Установлено, что поголовье коров в КФХ привакцинировано не в полном объёме, при этом заболевшие животные не были иммунизированы в плановом порядке. Работники КФХ от СЯ также не прививались. При расследовании определено, что владелец КФХ часть мяса транспортировал в собственное кафе, а остальное продал в месте несанкционированной торговли хозяину ещё одного кафе и случайным лицам. В итоге при контакте с приобретённым мясом СЯ заболели ещё 4 человека.

В процессе исследования материала культуры возбудителя СЯ изолированы из образцов клинического материала, мяса и шкур КРС. Также были получены положительные результаты ПЦР при исследовании мясных полуфабрикатов из кафе владельца КФХ, предназначенных для реализации и питания сотрудников его КФХ.

Диагноз кожной формы СЯ у пациентов также подтверждён выявлением ДНК *B. anthracis* в пробах кожных аффектов, специфических антител и положительными результатами аллелготеста.

Третий очаг инфекции зафиксирован в Новоусманском районе. Заболел 1 работник КФХ в совхозе Крыловском после контакта с тушей павшего КРС. Клинический диагноз был подтверждён по результатам ПЦР и иммунологических методов исследования в Референс-центре.

Всего в процессе вспышек выделены 32 культуры возбудителя СЯ. Окончательная идентификация, проведённая в Референс-центре с использованием основных и дополнительных бактериологических тестов, показала, что все изоляты являются

типичными вирулентными культурами *B. anthracis* с высокой чувствительностью к антибактериальным препаратам, применяемым для лечения СЯ у людей (пеницилинам, карбапенемам, тетрациклинам, фторхинолонам, аминогликозидам, рифампицину).

В результате молекулярно-генетического типирования определена принадлежность культур, изолированных в Чувашской Республике, Рязанской и Воронежской областях, к основной генетической кладе А, *can*SNP-группе А.Br.008/009 (А.Br.008/011) широко распространённой трансевразийской субклады, а изолята, выделенного в Республике Тыва, — к *can*SNP-группе В.Br.001/002 основной генетической клады В.

По данным полногеномного секвенирования установлено, что все штаммы имеют типичную структуру генома и содержат набор генов вирулентности, характерный для вида *B. anthracis*.

Филогенетический анализ, проведённый на основе *wg*-SNP-типирования более 1100 штаммов *B. anthracis* из коллекции Ставропольского противочумного института Роспотребнадзора и геномов из международной базы данных GenBank, показал, что штамм, выделенный в Чувашской Республике, относится к линии А.Br.118 (STI) (субкластер 2 кластера А.Br.125) и имеет наиболее близкое родство со штаммами *B. anthracis*, ранее выделенными во время вспышек СЯ в Волгоградской области (Быковский район, 1985 г.) и Саратовской области (Балашовский район, 2015 г.) (рис. 1).

Культуры из Панинского района Воронежской области и Захаровского района Рязанской области принадлежат линии А.Br.117 (Tsiankovskii), кластеру А.Br.215, а наиболее близким к ним является штамм, выделенный в Аннинском районе Воронежской области в 1982 г. (рис. 2).

Штаммы, изолированные в Богучарском районе Воронежской области, также относятся к линии А.Br.117 (Tsiankovskii) и кластеризуются со штаммами, выделенным в Ставропольском крае (Петровский район — 1959 г., Новоселицкий район — 2001 г.), Волгоградской области (Октябрьский район, 2014 г.), Калужской области (Козельский район, 1989 г.), Республике Ингушетия (Малгобекский район, 1968 г.), Рязанской области (1981 г.), Республике Калмыкия (Городовиковский район, 2002 г.) (рис. 2).

Культура, выделенная в Барун-Хемчикском районе Республики Тыва, принадлежит к кластеру В.Br.013 «Азия» линии В.Br.012 и имеет близкое филогенетическое родство со штаммами, выделенными в этом же районе республики в 2018 и 2021 гг. (субкластер 1 на рис. 3).

Обсуждение

По определению, СНП имеют на своей территории почвенные очаги СЯ, которыми являются

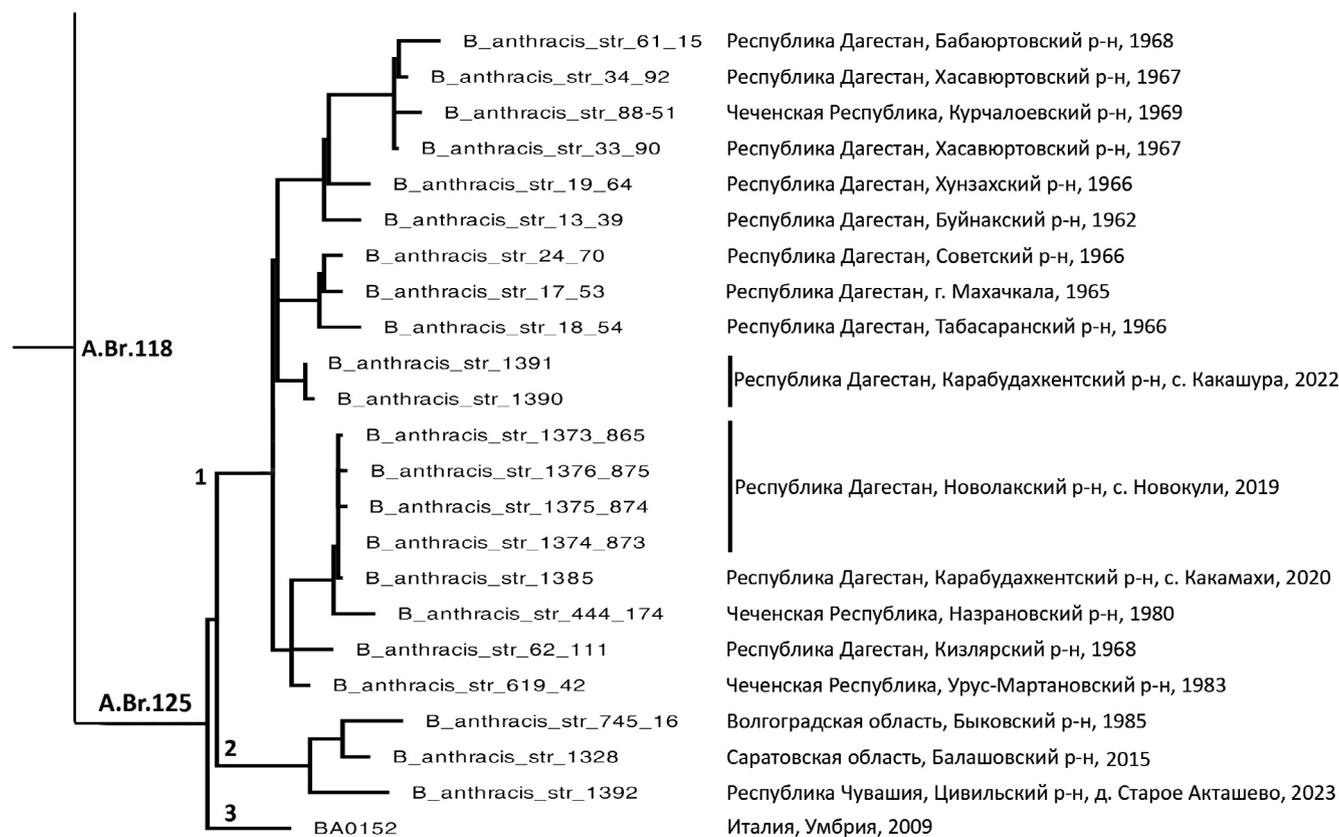


Рис. 1. Филогенетическое положение штаммов *B. anthracis*, выделенных в Чувашской Республике (2) и Республике Дагестан (1). Фрагмент дендрограммы, реконструированной на основе wg-SNP-анализа методом максимального правдоподобия в соответствии с моделью Tamura–Nei.

Fig. 1. Phylogenetic position of *B. anthracis* strains isolated in the Chuvash Republic — Chuvashia (2) and the Dagestan Republic (1). Fragment of dendrogram reconstructed on the basis of wg-SNP-analysis by method Maximum Likelihood according to Tamura–Nei model.

ся СЯЗ [20]. Однако количество СНП, а тем более вспышек СЯ в десятки раз больше числа учтённых СЯЗ. В Республике Тыва при регистрации более 300 вспышек в 154 СНП с 1910 г. имеется информация лишь об 11 местах захоронения трупов/зольных остатков сибиреязвенных животных (из которых 7 — места сжигания туш в 2018–2023 гг.). В Чувашской Республике, где с 1901 г. имели место более 3600 очагов инфекции в 1231 СНП, по состоянию на 2013 г. было зарегистрировано 397 СЯЗ [16], однако, в соответствии с постановлением Кабинета министров Чувашской Республики, в 2015 г. ликвидировано 345 захоронений, в том числе в д. Старое Акташево. В Воронежской области, где с 1902 г. зафиксировано 780 СНП, на учёте состоял 81 СЯЗ [14], но, согласно приказу Управления ветеринарии Воронежской области, в 2011 г. они были исключены из регионального реестра. А в Рязанской области, в которой, начиная с 1901 г., отмечено более 1900 вспышек инфекции на территории свыше 900 СНП, и в Тамбовской области, где известно об активности почти 700 СНП более 1600 раз с 1929 г., не учтено ни одного СЯЗ [14]. Таким обра-

зом, на территории субъектов РФ, в которых в 2023 г. отмечены вспышки СЯ, имеется огромное число безнадзорных мест захоронения животных, являющихся почвенными очагами СЯ, — неизвестных, ввиду исторически сложившегося отсутствия их регистрации или неполного учёта ветеринарными службами в нарушение ветеринарной нормативной базы о необходимости документальной фиксации СЯЗ и надзора за ними³, и снятых с учёта.

Эпидемиологическое расследование вспышки и ретроспективный анализ ситуации по СЯ на территории субъектов, в которых были выявлены очаги в 2023 г., проведённый в соответствии с региональными актуализированными базами данных СНП,

³ Инструкция «О мероприятиях против сибирской язвы» (утв. МСХ СССР 28.02.1953); Инструкция «О мероприятиях против сибирской язвы» (утв. ГУВ МСХ СССР 05.06.1981, с изменениями от 12.11.1982); Санитарные правила (СП 3.1.089-96) и Ветеринарные правила (ВП 13.3.1320-96) «Профилактика и борьба с заразными болезнями, общими для человека и животных», раздел 6 «Сибирская язва» (утв. Госкомсанэпиднадзором РФ 31.05.1996 № 11, Минсельхозпродом РФ 18.06.1996 № 23).



Рис. 2. Результаты филогенетического анализа штаммов *B. anthracis*, изолированных в Воронежской и Рязанской областях, Ставропольском крае. Приведён фрагмент дендрограммы, реконструированной на основе wg-SNP-анализа методом максимального правдоподобия в соответствии с моделью Tamura–Nei.

Fig. 2. Results of phylogenetic analysis of *B. anthracis* strains isolated in the Voronezh and Ryazan regions, Stavropol Territory. Fragment of dendrogram reconstructed on the basis of wg-SNP-analysis by method Maximum Likelihood according to Tamura–Nei model.

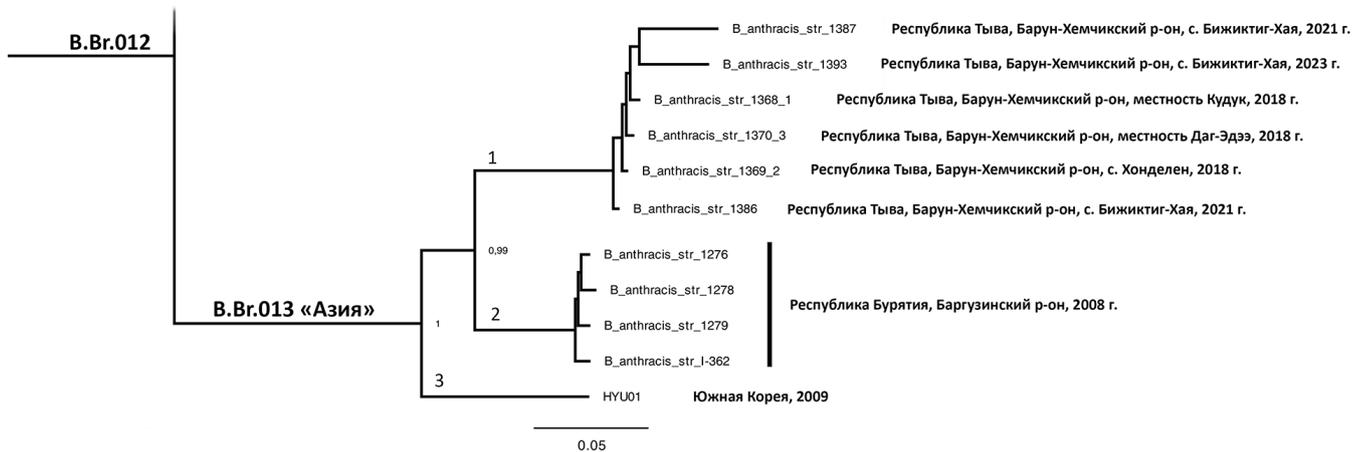


Рис. 3. Филогенетическое положение штаммов *B. anthracis*, выделенных в Республике Тыва (1) и Республике Бурятия (2).

Фрагмент дендрограммы, реконструированной на основе wg-SNP-анализа методом максимального правдоподобия в соответствии с моделью Tamura–Nei.

Fig. 3. Phylogenetic position of *B. anthracis* strains isolated in the Tyva Republic (1) and the Buryatia Republic (2).

Fragment of dendrogram reconstructed on the basis of wg-SNP-analysis by method Maximum Likelihood according to Tamura–Nei model.

СЯЗ, сведениями Кадастра [3], перечней скотомогильников [14–16], показали следующее.

В Цивильском районе Чувашской Республики в 1901–1979 гг. СЯ регистрировалась 155 раз в 72 СНП. Деревня Старое Акташево является СНП с проявлениями активности в 1929 и 1930 гг. На расстоянии 1 км от деревни расположено СЯЗ, организованное в 1930 г. Установлено, что выпас КРС вблизи СЯЗ был невозможен в связи с наличием в марте 2023 г. стойкого снежного покрова и отсутствия растительности; не исключено заражение животного в процессе употребления корма, заготовленного ранее на территории СЯЗ.

С 1929 г. СЯ в Барун-Хемчикском районе Республики Тыва отмечалась более 40 раз, однако не было учтено ни одного СЯЗ. Предыдущая вспышка на территории этого района имела место в 2021 г. в с. Бижикиг-Хая [21]. Ранее неблагополучие в селе зафиксировано не было, однако расследование показало, что выпас скота из с. Бижикиг-Хая и с. Кызыл-Мажалык, расположенного на расстоянии 6 км от анализируемого села, осуществляется на общем пастбище, а с. Кызыл-Мажалык является СНП с пятикратным проявлением активности с 1941 г. по 1989 г. Таким образом, заражение скота как в 2023 г., так и в 2021 г., происходило во время выпаса на территории старых почвенных очагов на территории пастбища. До этого, в 2018 г., в Барун-Хемчикском районе зафиксированы 3 очага (в с. Хонделен и двух близкорасположенных местностях — Кудук, Даг-Эдээ урочища Эдегей), в которых СЯ в прошлом отмечалась многократно с последними проявлениями в 1950 г. и 1982 г. соответственно. Также было выявлено, что возникновению эпизоотических очагов в 2018, 2021 и 2023 гг. предшествовали ливне-

вые дожди, чередующиеся с высокой температурой окружающей среды, — сложилась так называемая «сибирезвенная погода» [22–24]. Это способствовало выходу спор возбудителя СЯ на поверхность почвенных очагов с последующим высушиванием и распространением, что облегчало заражение скота аспирационным и алиментарным путями при выпасе.

В Бондарском районе Тамбовской области в 1933–1974 гг. в 26 пунктах зафиксировано более 50 вспышек СЯ. На территории Митропольского сельского совета, в состав которого входит д. Шача Молоканская, СЯ регистрировалась 16 раз в 1933–1959 гг., в связи с чем совершенно очевидно наличие здесь почвенных очагов — старых захоронений павших животных, в том числе на пастбище, где, вероятно, и произошло заражение КРС.

Известно о 71 вспышке СЯ в 26 населенных пунктах Захарьевского район Рязанской области в 1904–1980 гг., но учтённых СЯЗ в районе нет. Село Старое Зимино, где располагается летнее пастбище ООО «Путь Ленина», относится к СНП с проявлениями активности в 1911 и 1944 гг. Отмечено, что возникновению эпизоотии в Рязанской области, как и в Республике Тыва, предшествовали обильные осадки и жаркая погода, способствовавшие активизации почвенных очагов, что привело к инфицированию во время выпаса на территории старого СЯЗ с неизвестной локализацией даже иммунизированных животных.

В Панинском районе Воронежской области в 1938–1984 гг. на территории по меньшей мере 28 учтённых СНП зафиксировано 70 вспышек инфекции. СЯ в с. Красные Холмы — первом очаге Воронежской области 2023 г. — была отмечена в 1955 и 1958 гг. В районе ранее было зарегистриро-

вано одно СЯЗ в с. Чернавка. На территории Богучарского района Воронежской области зарегистрировано 34 СНП, в которых в 1948–1981 гг. отмечено 74 вспышки. СЯЗ в районе не числятся. Данные о регистрации случаев СЯ в с. Лебединка, где отмечена вторая вспышка в области, отсутствуют, однако очаги инфекции регистрировались в других близкорасположенных населённых пунктах сельского поселения Первомайского, в состав которого входит данное село (с. Плесновка в 1948 г., х. Батовка в 1952 г.). В Новоусманском районе Воронежской области, в котором имела место третья вспышка инфекции, учтено 20 СНП с проявлениями активности 42 раза в 1941–1997 гг. и ранее было зарегистрировано одно СЯЗ (с. Петропавловка). Согласно архивным данным, не исключена регистрация СЯ в 1948 г. на территории, где в настоящее время располагается совхоз Крыловский. Таким образом, заражение животных в Воронежской области также происходило при выпасе на территориях старых сибиреязвенных почвенных очагов.

Формированию неблагополучия в 2023 г. по СЯ послужил ряд нарушений требований законодательства в области ветеринарии⁴, обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения⁵ и принятых в соответствии с ним нормативно-правовых актов⁶. В первую очередь — сокрытие скота при учёте владельцами личных подсобных хозяйств в Чувашской Республике, Панинском районе Воронежской области, Республике Тыва и КФХ в Богучарском районе Воронежской области, в результате чего сельскохозяйственные животные не были охвачены специфической иммунизацией в плановом порядке, что стало причиной заболевания животных при контакте с возбудителем. Причины заболевания 6 голов КРС в Рязанской области, привитых от СЯ, вероятно, связаны с тем, что плановая

вакцинация была осуществлена осенью 2022 г., т.е. задолго до наиболее опасного в отношении заражения СЯ весенне-летнего сезона, и не обеспечила сохранения должного иммунитета у животных; заражению могло способствовать поступление в организм массивной дозы возбудителя, а также реализация трансмиссивного механизма передачи сибиреязвенного микроба от заболевшего животного остальным посредством укусов кровососущих насекомых. Сведения об иммунизации сельскохозяйственных животных в очагах Тамбовской области и Новоусманского района Воронежской области отсутствуют, очевидно, что заболевшие животные также не были учтены и, соответственно, не привиты от СЯ в плановом порядке.

Следующее нарушение, повлекшее заражение людей, состоит в проведении вынужденного убоя больного скота без уведомления ветеринарной службы, тогда как владельцы были обязаны сообщить в течение суток любым доступным способом о случае заболевания или гибели животного ветеринарному специалисту, который на месте по результатам осмотра определяет порядок дальнейших действий.

Также не выполнены требования пп. 1098–1102 СанПиН 3.3686-21 о вакцинации против СЯ в плановом порядке лиц, по роду деятельности подвергающихся риску профессионального заражения, ставшие причиной заболевания работников животноводческих хозяйств в Рязанской области, Богучарском и Новоусманском районах Воронежской области.

Грубым нарушением, наказуемым в соответствии со ст. 236 (часть 1) Уголовного кодекса РФ, стала реализация владельцами сельскохозяйственных животных заведомо заражённого мяса от подвергнутых вынужденному убоя больных животных и павшего скота, в результате контакта с которым заболели люди в Республике Тыва и Богучарском районе Воронежской области. Также установлен факт разрешения ветеринаром одного из рынков г. Воронежа продажи опасной продукции, принятой без ветеринарных сопроводительных документов от перекупщиков заражённого мяса из очага Панинского района Воронежской области.

В итоге описанные нарушения, в первую очередь владельцев личных подсобных хозяйств и КФХ, изначально приведшие к неохваченности скота плановой вакцинацией, послужили причиной формирования эпизоотолого-эпидемиологического неблагополучия по СЯ, для эпидемиологических расследований и реализации комплекса противоэпидемических мероприятий потребовавших значительных трудозатрат специалистов органов и учреждений Роспотребнадзора, Россельхознадзора, Минздрава России, а также территориальных структур МВД России и ФСБ России, оказавших существенное содействие в расследовании вспышек, и крупных расходов бюджетных средств.

⁴ Закон Российской Федерации от 14.05.1993 № 4979-1 «О ветеринарии» (ред. от 25.12.2023).

⁵ Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (ред. от 24.07.2023).

⁶ Федеральный закон от 27.12.2018 № 498-ФЗ «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»; Санитарные правила и нормы СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней» (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 4); Ветеринарные правила осуществления профилактических, диагностических, лечебных, ограничительных и иных мероприятий, установления и отмены карантина и иных ограничений, направленных на предотвращение распространения и ликвидацию очагов сибирской язвы (утв. приказом Минсельхоза России от 23.09.2021 № 648); Ветеринарные правила убоя животных (приложение № 1 к приказу Минсельхоза России от 28.04.2022 № 269, с изм. на 18.11.2022); Правила осуществления учёта животных (утв. постановлением Правительства РФ от 05.04.2023 № 550).

Стабилизация обстановки по СЯ состоит в постоянной полной реализации основных регламентированных профилактических мер противодействия. Поскольку определение локализации старых СЯЗ, служащих перманентным фактором риска осложнения ситуации, не представляется возможным, то первоочередным является обеспечение биологической безопасности известных захоронений (благоустройство, ветеринарно-санитарный контроль состояния, недопущение использования территорий захоронений для хозяйственных нужд, установление санитарно-защитных зон СЯЗ) и недопущение снятия с учёта СЯЗ. С целью предотвращения формирования новых почвенных очагов инфекции при захоронении останков скота, полученных в результате сжигания с применением подручных средств, которое не всегда позволяет добиться гарантированного уничтожения возбудителя, целесообразно приобретение передвижных инсинераторов, обеспечивающих сжигание туш животных до безопасного неорганического зольного остатка.

Основой профилактики СЯ у животных является обеспечение их поголового охвата специфической иммунизацией на угрожаемых территориях, которое может быть осуществлено только при условии принятия дополнительных мер по полному учёту скота. Необходим строгий контроль объёмов плановой вакцинации лиц высокого профессионального риска заражения. К важным аспектам профилактики относятся проведение разъяснительной работы с населением о факторах риска заражения и опасности СЯ, о недопустимости сокрытия фактического числа сельскохозяйственных животных в хозяйстве, влекущего невключение в план вакцинации неучтённого скота, проведения вынужденного убоя больных животных без осмотра ветеринарными специалистами, реализации полученного сырья и продуктов животноводства, приобретения мясной продукции в местах несанкционированной торговли. Совершенствованию надзора за СЯ, повышению эффективности проведения эпидемиологического расследования способствует использование алгоритма генетического анализа изолированных штаммов, позволяющего выявить модификации структуры генома и установить вероятное происхождение изолятов.

Неотъемлемой составляющей современной эпидемиологического надзора за инфекционными болезнями является молекулярно-генетический мониторинг как часть микробиологического мониторинга за возбудителями инфекций. При расследовании вспышек СЯ в 2023 г. использован алгоритм wg-SNP-типирования штаммов *B. anthracis*, разработанный с использованием полученных в процессе исследований Референс-центра данных о генетической структуре популяций возбудителя СЯ. Алгоритм предназначен для решения оперативных задач и позволяет:

- выявить атипичные, модифицированные, новые формы возбудителя при сравнительном анализе структуры генома;
- повысить достоверность определения происхождения и возможных путей распространения штаммов.

Данный подход был использован нами ранее при эпидемиологическом расследовании вспышек СЯ, сопровождавшихся формированием эпидемиологических очагов, в процессе которых были изолированы культуры возбудителя СЯ в Ямало-Ненецком автономном округе (2016 г.), Ставропольском крае (2019 г.), Республике Тыва (2018, 2021 гг.), Республике Дагестан (2019, 2020, 2022 гг.) [25–28].

С применением данных геномного эпидемиологического надзора было установлено, что штаммы, ставшие причиной вышеуказанных вспышек СЯ, имели местное происхождение. Анализ целевых областей генома штаммов, в первую очередь генов факторов патогенности, показал типичную для вида *B. anthracis* структуру.

Заключение

Анализ ситуации по СЯ в России в 2023 г. свидетельствует о том, что причиной формирования эпизоотических очагов стал контакт неучтённых и, соответственно, непривитых от данной инфекции животных, вакцинированного скота с недостаточно напряжённым уровнем специфического иммунитета, с почвой старых безнадзорных СЯЗ, а также, вероятно, с кормами, заготовленными на территории почвенных очагов. Ряд нарушений ветеринарного и санитарно-эпидемиологического нормирования, приведших к контакту с больными животными при уходе, вынужденном убое, разделке и транспортировке туш, подготовке и кулинарной обработке заражённых мяса и субпродуктов, употреблении в пищу ливера недостаточной термической-обработки, обусловил заболевание людей: как непривитых против СЯ работников ферм, так и лиц, не относящихся к контингенту риска профессионального заражения.

Комплекс противоэпидемических мероприятий в процессе вспышек СЯ, осуществлённый в формате межведомственного взаимодействия, позволил своевременно локализовать и ликвидировать очаги инфекции и избежать ещё больших эпидемических осложнений.

Результаты молекулярно-генетического типирования штаммов *B. anthracis*, выделенных в ходе эпидемиологического расследования 7 вспышек СЯ на территории России в 2023 г., позволяют сделать вывод об их местном происхождении и типичной для вида структуре генома. Генетический анализ изолированных штаммов показал эффективность применения разработанной системы wgSNP-типирования при эпидемиологическом расследовании вспышек.

Результаты расследования причин осложнения обстановки по СЯ в России в 2023 г. свидетельствуют о том, что неполноценное выполнение регламентированного комплекса профилактических мер может реально привести к ситуации, которая станет новой главой «старой сказки» о СЯ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ | REFERENCES

1. WHO. *Anthrax in Humans and Animals*. Geneva;2008.
2. Carlson C.J., Kracalik I.T., Ross N. et al. The global distribution of *Bacillus anthracis* and associated anthrax risk to humans, livestock and wildlife. *Nat. Microbiol.* 2019;4(8):1337–43. <https://doi.org/10.1038/s41564-019-0435-4>
3. Черкасский Б.Л., ред. *Кадастр стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктов Российской Федерации: справочник*. М.;2005. Cherkasskii B.L., ed. *Cadastre of Permanently Disadvantaged Anthrax Settlements of the Russian Federation: Handbook*. Moscow;2005.
4. Черкасский Б.Л. *Эпидемиология и профилактика сибирской язвы*. М.;2002. Cherkasskii B.L. *Epidemiology and Prevention of Anthrax*. Moscow;2002.
5. Онищенко Г.Г., Васильев Н.Т., Литусов Н.В. и др. *Сибирская язва: актуальные аспекты микробиологии, эпидемиологии, клиники, диагностики, лечения и профилактики*. М.;1999. Onishchenko G.G., Vasil'ev N.T., Litusov N.V., et al. *Anthrax: Actual Aspects of Microbiology, Epidemiology, Clinic, Diagnosis, Treatment and Prevention*. Moscow;1999.
6. Рязанова А.Г., Ежлова Е.Б., Пакскина Н.Д. и др. Ситуация по сибирской язве в 2018 г., прогноз на 2019 г. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2019;(1):98–102. Ryazanova A.G., Ezhlova E.B., Pakskina N.D., et al. Epidemiological situation on anthrax in 2018, the forecast for 2019. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2019;(1):98–102. DOI: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2019-1-98-102> EDN: <https://elibrary.ru/sfnwswd>
7. Рязанова А.Г., Скударева О.Н., Герасименко Д.К. и др. Обзор эпизоотолого-эпидемиологической ситуации по сибирской язве в 2020 г. в мире и прогноз на 2021 г. в Российской Федерации. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2021;(1):81–6. Ryazanova A.G., Skudareva O.N., Gerasimenko D.K., et al. Review of the epizootiological and epidemiological situation on anthrax around the world in 2020 and the forecast for 2021 in the Russian Federation. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2021;(1):81–6. DOI: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2021-1-81-86> EDN: <https://elibrary.ru/kilyjc>
8. Рязанова А.Г., Скударева О.Н., Герасименко Д.К. и др. Анализ ситуации по сибирской язве в 2022 г. в мире, прогноз на 2023 г. в Российской Федерации. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2023;(2):88–94. Ryazanova A.G., Skudareva O.N., Gerasimenko D.K., et al. Analysis of the situation on anthrax in the world in 2022, the forecast for the Russian Federation for 2023. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2023;(2):88–94. DOI: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2023-2-88-94> EDN: <https://elibrary.ru/ijvupy>
9. Демина Ю.В., Нечепуренко Л.А., Познахарева С.А. и др. Организация противоэпидемических мероприятий во время вспышки сибирской язвы в Ямало-Ненецком автономном округе в 2016 г. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2017;(1):49–53. Demina Yu.V., Nechepurenko L.A., Poznakhareva S.A., et al. Organization of anti-epidemic measures during the anthrax outbreak in the Yamalo-Nenets autonomous district in 2016. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2017;(1):49–53. DOI: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2017-1-49-53> EDN: <https://elibrary.ru/yixymx>
10. Pisarenko S.V., Eremenko E.I., Ryazanova A.G. et al. Genotyping and phylogenetic location of one clinical isolate of *Bacillus anthracis* isolated from a human in Russia. *BMC Microbiol.* 2019;19(1):165. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1542-3>
11. Hai Y., Wang W.R., Hua Y., et al. Changed epidemiology of anthrax and molecular characteristics of *Bacillus anthracis* in Inner Mongolia Autonomous Region, China. *Transbound. Emerg. Dis.* 2021;68(4):2250–60. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.13877>
12. Еременко Е.И., Печковский Г.А., Рязанова А.Г. и др. Анализ *in silico* геномов штаммов *Bacillus anthracis* главных генетических линий. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2023;100(3):155–65. Eremenko E.I., Pechkovskii G.A., Ryazanova A.G., et al. In silico analysis of genomes of bacillus anthracis strains belonging to major genetic lineages. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*. 2023;100(3):155–65. DOI: <https://doi.org/10.36233/0372-9311-385> EDN: <https://elibrary.ru/ocpnux>
13. Wang S., Suluku R., Jalloh M.B., et al. Molecular characterization of an outbreak-involved *Bacillus anthracis* strain confirms the spillover of anthrax from West Africa. *Infect. Dis. Poverty*. 2024;13(1):6. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40249-023-01172-2>
14. Перечень скотомогильников (в том числе сибирезвенных), расположенных на территории Российской Федерации (Центральный, Дальневосточный Федеральные округа): информационное издание. Часть 2. М.;2012. List of animal burial grounds (including anthrax) located on the territory of the Russian Federation (Central, Far Eastern Federal Districts): information publication. Part 2. Moscow;2012.
15. Перечень скотомогильников (в том числе сибирезвенных), расположенных на территории Российской Федерации (Сибирский федеральный округ): информационное издание. Часть 4. М.;2012. List of animal burial grounds (including anthrax) located on the territory of the Russian Federation (Siberian Federal District): information publication. Part 4. Moscow;2012.
16. Перечень скотомогильников (в том числе сибирезвенных), расположенных на территории Российской Федерации (Приволжский федеральный округ): информационное издание. Часть 5. М.;2013. List of animal burial grounds (including anthrax) located on the territory of the Russian Federation (Volga Federal District): information publication. Part 5. Moscow;2013.
17. Treangen T.J., Ondov B.D., Koren S., Phillippy A.M. The harvest suite for rapid core-genome alignment and visualization of thousands of intraspecific microbial genomes. *Genome Biol.* 2014;15(11):524. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13059-014-0524-x>
18. Tamura K., Nei M. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. *Mol. Biol. Evol.* 1993;10(3):512–26. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a040023>
19. Черкасский Б.Л. Закономерности территориального распространения и проявления активности стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктов. *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 1999;(2):48–52. Cherkasskii B.L. Patterns of territorial distribution and manifestation of activity of permanently unfavorable sites for anthrax. *Epidemiology and Infectious Diseases*. EDN: <https://elibrary.ru/pftkzf>
20. Рязанова А.Г., Скударева О.Н., Герасименко Д.К. и др. Эпидемиологическая и эпизоотологическая обстановка по сибирской язве в мире в 2021 г., прогноз на 2022 г. в Российской Федерации. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2022;(1):64–70. Ryazanova A.G., Skudareva O.N., Gerasimenko D.K., et al. Epidemiological and epizootiological situation on anthrax around the world in 2021, the forecast for 2022 in

- the Russian Federation. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2022;(1):64–70.
DOI: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2022-1-64-70>
EDN: <https://elibrary.ru/rfjgeu>
21. Макаров В.В., Брико Н.И. Мировой нозоареал сибирской язвы. *Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы*. 2011;(2):13. Makarov V.V., Briko N.I. The worldwide nosoarea of anthrax. *Epidemiology and Infectious Diseases. Current Items*. 2011;(2):13.
EDN: <https://elibrary.ru/okekjh>
 22. Онищенко Г.Г., Дармов И.В., Борисевич С.В., ред. *Сибирская язва: актуальные проблемы разработки и внедрения медицинских средств защиты*. Сергиев Посад; 2018. Onishchenko G.G., Darmov I.V., Borisevich S.V., eds. *Anthrax: Actual Problems of Elaboration and Introduction in Practice of Medical Defense Means*. Sergiev Posad; 2018.
EDN: <https://elibrary.ru/mgixfj>
 23. Brownlie T., Bishop T., Parry M., et al. Predicting the periodic risk of anthrax in livestock in Victoria, Australia, using meteorological data. *Int. J. Biometeorol.* 2020;64(4):601–10.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01849-0>
 24. Pisarenko S.V., Eremenko E.I., Ryazanova A.G., et al. Phylogenetic analysis of *Bacillus anthracis* strains from Western Siberia reveals a new genetic cluster in the global population of the species. *BMC Genomics*. 2019;20(1):692.
DOI: <https://doi.org/10.1186/s12864-019-6060-z>
 25. Pisarenko S.V., Eremenko E.I., Kovalev D.A., et al. Molecular genotyping of 15 *B. anthracis* strains isolated in eastern Siberia and Far East. *Mol. Phylogenet. Evol.* 2021;159:107116.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2021.107116>
 26. Eremenko E.I., Pechkovskii G.A., Pisarenko S.V., et al. Phylogenetics of *Bacillus anthracis* isolates from Russia and bordering countries. *Infect. Genet. Evol.* 2021;92:104890.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2021.104890>
 27. Бобрышева О.В., Писаренко С.В., Ковалев Д.А. и др. Филогенетический анализ штаммов *Bacillus anthracis*, выделенных в Республике Дагестан. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2023;18(1):29–32. Bobrysheva O.V., Pisarenko S.V., Kovalev D.A., et al. Phylogenetic analysis of bacillus anthracis strains isolated in the Republic of Dagestan. *Medical News of North Caucasus*. 2023;18(1):29–32.
DOI: <https://doi.org/10.14300/mnnc.2023.18007>

Информация об авторах

Куличенко Александр Николаевич[✉] — д.м.н., проф., академик РАН, директор Ставропольского противочумного института, Ставрополь, Россия, stavnipchi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9362-3949>

Рязанова Алла Геннадьевна — к.м.н., врач-бактериолог, зав. лаб. сибирской язвы, Ставропольского противочумного института, Ставрополь, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-5196-784X>

Логвин Федор Васильевич — к.м.н., доцент, зав. каф. эпидемиологии Ростовского государственного медицинского университета, Ростов-на-Дону, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-4410-1677>

Еременко Евгений Иванович — д.м.н., профессор, г.н.с. лаб. сибирской язвы Ставропольского противочумного института, Ставрополь, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-1117-1185>

Аксенова Людмила Юрьевна — к.м.н., с.н.с. лаб. сибирской язвы Ставропольского противочумного института, Ставрополь, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-7744-3112>

Писаренко Сергей Владимирович — к.х.н., в.н.с. лаб. биохимии Ставропольского противочумного института, Ставрополь, Россия, <https://orcid.org/0000-0001-6458-6790>

Семенова Ольга Викторовна — к.б.н., н.с. лаб. сибирской язвы Ставропольского противочумного института, Ставрополь, Россия, <https://orcid.org/0000-0003-0274-898X>

Герасименко Диана Константиновна — м.н.с. лаб. сибирской язвы Ставропольского противочумного института, Ставрополь, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-8636-6585>

Ковалев Дмитрий Анатольевич — к.х.н., зав. лаб. биохимии Ставропольского противочумного института, Ставрополь, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-9366-5647>

Головинская Татьяна Михайловна — к.б.н., биолог лаб. сибирской язвы Ставропольского противочумного института, Ставрополь, Россия, <https://orcid.org/0000-0001-6475-4512>

Бобрышева Ольга Викторовна — м.н.с. лаб. биохимии Ставропольского противочумного института, Ставрополь, Россия, <https://orcid.org/0000-0001-6338-4476>

Печковский Григорий Александрович — м.н.с. лаб. сибирской язвы Ставропольского противочумного института, Ставрополь, Россия, <https://orcid.org/0000-0001-7033-9972>

Олейникова Ксения Анатольевна — м.н.с. лаб. сибирской язвы Ставропольского противочумного института, Ставрополь, Россия, <https://orcid.org/0009-0001-3479-9434>

Никитина Анна Владимировна — м.н.с. лаб. сибирской язвы Ставропольского противочумного института, Ставрополь, Россия, <https://orcid.org/0009-0006-4544-7860>

Участие авторов: Куличенко А.Н. — концепция исследования, анализ данных, редактирование статьи; Рязанова А.Г. — кон-

Information about the authors

Alexandr N. Kulichenko[✉] — D. Sci. (Med.), Professor, Academician of RAS, Director, Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russia, stavnipchi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9362-3949>

Alla G. Ryazanova — Cand. Sci. (Med.), Head, Anthrax laboratory, Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-5196-784X>

Fedor V. Logvin — Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Head, Department of epidemiology, Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-4410-1677>

Evgeny I. Eremenko — D. Sci. (Med.), Professor, principal researcher, Anthrax laboratory, Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-8163-1300>

Lyudmila Yu. Aksenova — Cand. Sci. (Med.), senior researcher, Anthrax laboratory, Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-7744-3112>

Sergey V. Pisarenko — Cand. Sci. (Chem.), leading researcher, Laboratory of biochemistry, Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russia, <https://orcid.org/0000-0001-6458-6790>

Olga V. Semenova — Cand. Sci. (Biol.), researcher, Anthrax laboratory, Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russia, <https://orcid.org/0000-0003-0274-898X>

Diana K. Gerasimenko — junior researcher, Anthrax laboratory, Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-8636-6585>

Dmitry A. Kovalev — Cand. Sci. (Chem.), Head, Laboratory of biochemistry, Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-9366-5647>

Tatyana M. Golovinskaya — Cand. Sci. (Biol.), biologist, Anthrax laboratory, Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russia, <https://orcid.org/0000-0001-6475-4512>

Olga V. Bobrysheva — junior researcher, Laboratory of biochemistry, Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russia, <https://orcid.org/0000-0001-6338-4476>

Grigori A. Pechkovskii — junior researcher, Anthrax laboratory, Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russia, <https://orcid.org/0000-0001-7033-9972>

Kseniya A. Oleynikova — junior researcher, Anthrax laboratory, Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russia, <https://orcid.org/0009-0001-3479-9434>

Anna V. Nikitina — junior researcher, Anthrax laboratory, Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russia, <https://orcid.org/0009-0006-4544-7860>

Author contribution: Kulichenko A.N. — research concept, data analysis, article editing; Ryazanova A.G. — research concept, writing the text; Logvin F.V. — data analysis, writing the text; Eremenko E.I. —

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

цепция исследования, написание текста; *Логвин Ф.В.* — анализ данных, написание текста; *Еременко Е.И.* — филогенетический анализ; *Аксенова Л.Ю., Семенова О.В., Герасименко Д.К., Головинская Т.М., Бобрышева О.В., Печковский Г.А., Олейникова К.А., Никитина А.В.* — лабораторные исследования; *Писаренко С.В.* — геномные исследования, филогенетический анализ; *Ковалев Д.А.* — геномные исследования, редактирование статьи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям Международного комитета редакторов медицинских журналов, внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию до публикации.

Статья поступила в редакцию 12.04.2024;
принята к публикации 20.06.2024;
опубликована 29.08.2024

phylogenetic analysis; *Aksenova L.Yu., Semenova O.V., Gerashimchenko D.K., Golovinskaya T.M., Bobrysheva O.V., Pechkovskii G.A., Oleynikova K.A., Nikitina A.V.* — laboratory research; *Pisarenko S.V.* — genomic research, phylogenetic analysis; *Kovalev D.A.* — genomic research, article editing. All authors confirm that they meet the International Committee of Medical Journal Editors criteria for authorship, made a substantial contribution to the conception of the article, acquisition, analysis, interpretation of data for the article, drafting and revising the article, final approval of the version to be published.

The article was submitted 12.04.2024;
accepted for publication 20.06.2024;
published 29.08.2024