

УДК 619:616.98:579.852.11(470.51)

DOI 10.30914/2411-9687-2023-9-4-423-432

## ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ СИБИРЕЯЗВЕННЫХ ЗАХОРОНЕНИЙ

**О. В. Трудолюбова<sup>1, 2</sup>, Ю. Г. Крысенко<sup>2</sup>, И. С. Иванов<sup>2</sup>, Р. Ф. Габдрахманов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Главное управление ветеринарии Удмуртской Республики, г. Ижевск, Российская Федерация

<sup>2</sup>Удмуртский государственный аграрный университет, г. Ижевск, Российская Федерация

**Аннотация. Введение.** Сибиреязвенные захоронения являются потенциальным источником возбудителя сибирской язвы *Bacillus anthracis* (далее – *B. anthracis*), который способен сохраняться в объектах окружающей среды длительное время. Почва – один из основных резервуаров для данного микроорганизма. При этом жизнеспособность возбудителя в объектах окружающей среды зависит от целого ряда факторов. Сибиреязвенные захоронения относятся к объектам I класса опасности санитарной классификации и имеют санитарно-защитные зоны, направленные на обеспечение безопасности населения при эксплуатации объекта в штатном режиме и влекущие ряд ограничений использования территорий. При прекращении существования санитарно-защитных зон сибиреязвенных захоронений или их сокращении важно понимать возможность использования земельных участков без ограничения. Для этого необходимо провести ряд исследований, в том числе лабораторных, направленных на установление содержания потенциально опасных для человека химических и биологических веществ, биологических и микробиологических организмов в почвах на разной глубине, а также уровень радиационного фона, которые не должны превышать гигиенические нормативы. **Цель** – установить возможность использования земельных участков за границами устанавливаемых сокращенных санитарно-защитных зон почвенных очагов сибирской язвы в хозяйственных целях. **Материалы и методы.** В работе использованы научные методы эмпирического исследования – описание, измерение, сравнение, а также общелогические методы и приемы исследования – анализ, синтез, аналогия. **Результаты исследования, обсуждения.** Установлено, что химические, бактериологические, паразитологические и энтомологические показатели почвы исследуемых объектов не превышают допустимые гигиенические нормативы. В объектах окружающей среды (почва, вода, воздух) возбудитель сибирской язвы *B. anthracis* не выявлен. **Заключение.** Земельные участки, находящиеся за границей устанавливаемых санитарно-защитных зон сибиреязвенных захоронений, расположенных на территории Удмуртской Республики и подвергнутых исследованию, могут быть введены в эксплуатацию в соответствии с видами разрешенного использования.

**Ключевые слова:** возбудитель, гигиенические нормативы, лабораторные исследования, почвенный очаг, сибирская язва, сибиреязвенное захоронение, фактор риска

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Трудолюбова О. В., Крысенко Ю. Г., Иванов И. С., Габдрахманов Р. Ф. Лабораторные исследования объектов окружающей среды при оценке безопасности сибиреязвенных захоронений // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 4. С. 423–432. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-423-432>

## LABORATORY STUDIES OF ENVIRONMENTAL OBJECTS IN ASSESSING THE SAFETY OF ANTHRAX BURIALS

**O. V. Trudolyubova<sup>1, 2</sup>, Yu. G. Krysenko<sup>2</sup>, I. S. Ivanov<sup>2</sup>, R. F. Gabdrakhmanov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Main Directorate of Veterinary Medicine of the Udmurt Republic, Izhevsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Udmurt State Agrarian University, Izhevsk, Russian Federation

**Abstract. Introduction.** Anthrax burials are a potential source of the causative agent of anthrax *Bacillus anthracis* (hereinafter – *B. anthracis*), which is able to persist in environmental objects for a long time. The soil is one of the main reservoirs for this microorganism. At the same time, the viability of the pathogen in environmental objects depends on a number of factors. Anthrax burials belong to objects of the 1st hazard class of sanitary classification and have sanitary protection zones aimed at ensuring the safety of the population during

the operation of the facility in normal mode and entailing a number of restrictions on the use of territories. With the termination of the existence of sanitary protection zones of anthrax burials or their reduction, it is important to understand the possibility of using land plots without restriction. To do this, it is necessary to conduct a number of studies, including laboratory ones, aimed at establishing the content of potentially dangerous chemical and biological substances for humans. **Purpose** – to establish the possibility of using land plots outside the boundaries of the established reduced sanitary protection zones of soil foci of anthrax for economic purposes. **Materials and methods.** The paper uses scientific methods of empirical research – description, measurement, comparison, as well as general logical methods and techniques of research – analysis, synthesis, analogy. **Results, discussion.** It is established that chemical, bacteriological, parasitological and entomological indicators of the soil of the studied objects do not exceed the permissible hygienic standards. The causative agent of anthrax *B. anthracis* has not been identified in environmental objects (soil, water, air). **Conclusion.** Land plots located outside the border of the established sanitary protection zones of anthrax burials located on the territory of the Udmurt Republic and subjected to research may be put into operation in accordance with the types of permitted use.

**Keywords:** pathogen, hygienic standards, laboratory tests, soil focus, anthrax, anthrax burial, risk factor

The authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Trudolyubova O. V., Krysenko Yu. G., Ivanov I. S., Gabdrakhmanov R. F. Laboratory studies of environmental objects in assessing the safety of anthrax burials. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2023, vol. 9, no. 4, pp. 423–432. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-423-432>

## Введение

Сибирская язва – острое инфекционное заболевание, общее для человека и животных. Оно отнесено к списку особо опасных болезней животных<sup>1</sup>.

К возбудителю сибирской язвы восприимчивы более 50 видов животных, принадлежащих к 8 отрядам и 23 семействам, что объясняет причину широкого географического распространения этой инфекции по всему миру [6].

Ежегодно в мире заболевают более миллиона животных и около 20 000 человек в 82 странах мира, в частности в Бангладеш, Боливии, Венесуэле, Вьетнаме, Гане, Индии, Китае, Мали, Мьянме, Пакистане, Папуа и Новой Гвинее, Перу, Таиланде, Чаде, Чили, Шри-Ланке, на Филиппинах и Мадагаскаре, а также в Албании, Греции, Испании, Италии и Румынии [7].

В то же время в некоторых странах, находящихся на островах, сибирская язва не регистрируется в течение последних десятилетий, что связано с профилактическими мерами ряда островных государств, а именно Новой Зеландии,

Кубы, Тайваня, Исландии, Кипра, Ирландии, Мальты<sup>2</sup>.

На сегодняшний день в Российской Федерации данное заболевание вызывает большую озабоченность. По данным Департамента ветеринарии Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, а также статистическим данным Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору, только с начала 2023 года на территории Российской Федерации зафиксировано 6 случаев возникновения сибирской язвы среди людей и животных.

Сибирская язва остается глобальной проблемой как для ветеринарной, так и для гуманной медицины в связи с широким распространением ее почвенных очагов во всем мире. Способность к споруляции является главной особенностью *B. anthracis*, позволяющей возбудителю сохраняться в окружающей среде в течение длительного времени [1].

За время нахождения в почве возбудитель сибирской язвы длительно сохраняет не только жизнеспособность, но и вирулентность [2].

На территории Удмуртской Республики расположено 101 установленное место захоронения

<sup>1</sup> Приказ Минсельхоза России от 19.12.2011 № 476 «Об утверждении перечня заразных, в том числе особо опасных болезней животных, по которым могут устанавливаться ограничительные мероприятия (карантин)».

<sup>2</sup> Бакулов И. А., В. А. Гаврилов, В. В. Селиверстов Сибирская язва (антракс): Новые страницы в изучении «старой» болезни // Владимир, 2001. 283-с.

животных, павших от сибирской язвы. Все объекты поставлены на кадастровый учет и приведены в соответствие требованиям ветеринарно-санитарных правил.

Сибирезвенные захоронения по праву отнесены к объектам I класса опасности санитарной классификации объектов, так как одним из основных резервуаров возбудителя сибирской язвы является почва, которую считают вторым после инфицированных животных источником заболевания. На сегодняшний день установлено, что в споровой форме бацилла сибирской язвы способна сохраняться до 200 лет. Однако точный срок возможного нахождения в почве и способности заражения живых организмов спорами *V. anthracis* еще не установлен [1].

Имеется предположение, что возбудитель сибирской язвы может быть активным через 1300 лет. Так, в Пермской области в пробах грунта, взятого на месте археологических раскопок поселения VII века, был обнаружен возбудитель сибирской язвы, вызвавший заболевание животного<sup>1</sup>.

Санитарными правилами для сибирезвенных захоронений установлены ориентировочные санитарно-защитной зоны, равные 1000 метров и являющиеся защитным барьером, обеспечивающим безопасность населения от возможного воздействия биологических факторов таких объектов<sup>2</sup>.

Между тем действующим законодательством Российской Федерации установлено, что с 1 января 2025 года все ориентировочные, расчетные (предварительные) санитарно-защитные зоны прекращают существование, а также ограничения использования земельных участков в них перестанут действовать<sup>3</sup>.

Учитывая высокую плотность стационарно неблагоприятных пунктов на территории Удмуртской Республики (7,8 на 1000 км<sup>2</sup>)<sup>4</sup> и широ-

кую географию установленных сибирезвенных захоронений, бесконтрольное использование таких территорий несет риск возникновения и распространения сибирской язвы на территории региона.

В свою очередь, ряд нормативных актов позволяет сегодня устанавливать сокращенные санитарно-защитные зоны сибирезвенных захоронений, но только на основе комплексного анализа эпизоотологической и эпидемиологической ситуации, характеристики почвенного очага, а также природных, социальных и биологических факторов риска с целью обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Сокращение размеров санитарно-защитных зон сибирезвенных захоронений предполагает высвобождение земельных участков от обременений, которые на них возложены законодательством Российской Федерации<sup>5</sup>, а также исследование качественных характеристик почвы и ее соответствие требованиям санитарных правил и гигиенических нормативов.

В целях сохранения благополучной эпидемиологической и эпизоотической ситуации по сибирской язве на территории Удмуртской Республики, во исполнение требований федерального законодательства Российской Федерации, Главным управлением ветеринарии Удмуртской Республики проводится работа по установлению сокращенных размеров санитарно-защитных зон сибирезвенных захоронений с разработкой проектов.

В рамках данной работы для установления возможности использования земельных участков, в зависимости от степени их химического, бактериологического, паразитологического и энтомологического загрязнения, проведены лабораторные исследования 14882 проб почвы по 27 показателям, 162 пробы воды из поверхностных естественных и искусственных водоемов и 44 пробы воздуха на исключение наличия в них возбудителя сибирской язвы *V. anthracis*.

<sup>1</sup> Тамиранов А. В двух шагах от сибирской язвы / *Fatamiranov.livejournal.com.352611.htm*.

<sup>2</sup> Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.

<sup>3</sup> Федеральный закон от 03.08.2018 N 342-ФЗ (ред. от 04.08.2023) «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

<sup>4</sup> Приложение № 1 к Методическим рекомендациям МР 3.1.0232-21 «Определение эпидемиологической опасности почвенных очагов сибирской язвы» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 1 марта 2021 г.).

<sup>5</sup> Градостроительный кодекс Российской Федерации ; Постановление Правительства РФ от 3 марта 2018 г. N 222 «Об утверждении Правил установления санитарно-защитных зон и использования земельных участков, расположенных в границах санитарно-защитных зон» ; Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.

### Материалы и методы

В основу исследований легли методические рекомендации Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, которые унифицируют подходы к оценке опасности почвенных очагов сибирской язвы в стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктах и используются при планировании агромелиоративных, строительных, изыскательских и других видов работ, связанных с выемкой и перемещением грунта, для обоснования объема профилактических и противоэпидемических мероприятий<sup>1</sup>.

Исследования проведены в отношении 44 установленных сибирезвенных захоронений, расположенных на территории 16 районов республики.

Объем отбираемых проб объектов окружающей среды с сибирезвенных захоронений и прилегающих к ним территорий определен после предварительной оценки степени опасности почвенных очагов сибирской язвы по критериям «эпизоотолого-эпидемиологическая ситуация» и «характеристика почвенного очага», которые показали «среднюю», «среднюю» и «максимальную» степени опасности соответственно [12]. В среднем по каждому объекту отобрано 338 проб почвы (от 255 до 405 проб). Дополнительно отбиралось по одной пробе воздуха, а также не более 10 проб воды, ила.

Для исключения в пробах воды, почвы и воздуха возбудителя сибирской язвы применялся молекулярно-биологический метод, исследования проведены в лаборатории, аккредитованной на работу с микроорганизмами I–II групп патогенности.

Для оценки качества почв на соответствие гигиеническим нормативам лабораторные исследования проведены с применением бактериологического, микробиологического, энтомологического, паразитологического методов на отсутствие предельно допустимых концентраций или ориентировочно допустимых концентраций химических загрязнений; возбудителей кишечных инфекций, патогенных бактерий, энтеровирусов; возбудителей кишечных паразитарных заболеваний, яиц

<sup>1</sup> Методическим рекомендациям МР 3.1.0232-21 «Определение эпидемиологической опасности почвенных очагов сибирской язвы» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 1 марта 2021 г.).

геогельминтов, цист (ооцист), кишечных патогенных простейших, вызывающих заболевания человека и общие для человека и животных; преимагинальных форм синантропных мух<sup>2</sup>.

При исследовании почвы по физико-химическим показателям определено содержание тяжелых металлов: свинца, кадмия, цинка, меди, никеля, мышьяка, ртути; уровень содержания 3,4-бензапирена и нефтепродуктов; кислотность (рН) почвы; суммарный показатель загрязнения.

### Результаты, обсуждение

В соответствии с протоколами испытаний по результатам лабораторных диагностических исследований проб почвы, воды и воздуха наличие возбудителя сибирской язвы *B. anthracis* в пробах не установлено.

Также исследования показали, что в отобранном для исследования материале (44 пробы почвы) яйца и личинки гельминтов, цисты кишечных патогенных простейших, а также личинки и куколки синантропных мух не обнаружены.

При микробиологическом исследовании почвы на определение ОКБ, в том числе *E. coli*, БГКП, колиморфы, индекс менее одного установлен в 39 пробах, в четырех пробах данный индекс составил 10, в одной пробе – 1000. При определении патогенных бактерий, в том числе сальмонелл методом обогащения, индекс, равный одному, установлен в одной пробе почвы, в оставшихся 43 пробах значение этого индекса составило менее одного. Исследование на определение энтерококков показало в одной пробе почвы индекс, равный 100, в 43 пробах почвы – менее одного.

Результаты химических исследований показали, что содержание тяжелых металлов: свинца, кадмия, цинка, меди, никеля, мышьяка, ртути; уровень содержания 3,4-бензапирена и нефтепродуктов, а также ряд других показателей находится в пределах допустимых уровней.

Так, содержание канцерогенных веществ (бенз(а)пирена) в почве составило во всех пробах

<sup>2</sup> Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. СанПиН 2.1.3684-21.

менее 0,005 мг/кг при допустимом уровне 0,02 мг/кг; содержание полихлорированных бифенилов в 43 пробах почвы составило менее 0,0005 мг/кг, в одной пробе почвы менее 0,001 мг/кг при допустимом уровне 0,1 мг/кг; уровень содержания пестицидов в почве не превысил 0,001 мг/кг при допустимом уровне 0,1 мг/кг.

При этом уровень содержания в почве таких химических веществ, как аммонийный азот, нефть и нефтепродукты, фенолы летучие, детергенты (АПАВ) и хлор не нормируется.

Результаты проведенных лабораторных исследований по остальным показателям приведены в таблице.

Таблица / Table

Результаты лабораторных исследований почвы по химическим показателям /  
Results of laboratory studies of soil by chemical parameters

№ исследуемого объекта / No. of the object under study	Показатель, единица измерения / Indicator, unit of measurement								
	Нитратный азот, мг/кг / Nitrate nitrogen, mg/kg	Медь, мг/кг (млн <sup>-1</sup> ) / Copper, mg/kg (million <sup>-1</sup> )	Кадмий, мг/кг (млн <sup>-1</sup> ) / Cadmium, mg/kg (million <sup>-1</sup> )	Ртуть, мг/кг (млн <sup>-1</sup> ) / Mercury, mg/kg (million <sup>-1</sup> )	Никель, мг/кг (млн <sup>-1</sup> ) / Nickel, mg/kg (million <sup>-1</sup> )	Свинец, мг/кг (млн <sup>-1</sup> ) / Lead, mg/kg (million <sup>-1</sup> )	Цинк, мг/кг (млн <sup>-1</sup> ) / Zinc, mg/kg (million <sup>-1</sup> )	Сернистые соединения, мг/кг / Sulfur compounds, mg/kg	Радиоактивные вещества, Бк/кг / Radioactive substances, Bq/kg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4,3 ± 0,9	10,8 ± 4,3	0,227 ± 0,091	0,029 ± 0,013	18,8 ± 7,5	5,2 ± 2,1	47 ± 19	2,1 ± 0,5	54,2 ± 11,6
2	менее 2,5	44 ± 17	0,87 ± 0,35	0,030 ± 0,013	44 ± 18	8,4 ± 3,4	63 ± 25	менее 2,0	79,6 ± 12,7
3	менее 2,5	3,8 ± 1,5	0,138 ± 0,055	0,018 ± 0,008	8,3 ± 3,3	1,38 ± 0,55	11,2 ± 4,5	менее 2,0	19,8 ± 6,9
4	менее 2,5	4,2 ± 1,7	0,095 ± 0,038	0,036 ± 0,016	7,2 ± 2,9	2,02 ± 0,81	17,5 ± 7,0	2,0 ± 0,5	38,0 ± 9,6
5	9,5 ± 0,7	20,5 ± 6,2	0,51 ± 0,15	0,034 ± 0,015	40 ± 12	5,6 ± 1,7	46 ± 11	4,3 ± 0,4	64,1 ± 13,7
6	5,4 ± 0,4	28 ± 11	0,5 ± 0,2	0,044 ± 0,020	46 ± 18	9,9 ± 4,0	53 ± 21	3,8 ± 0,4	81,6 ± 11,6
7	24,4 ± 1,8	16,0 ± 6,4	0,46 ± 0,19	0,036 ± 0,016	40 ± 16	6,9 ± 2,8	37 ± 15	менее 2,0	73,0 ± 14,7
8	менее 2,5	11,1 ± 4,4	0,152 ± 0,061	0,047 ± 0,021	16,4 ± 6,6	4,2 ± 1,7	29 ± 12	4,3 ± 0,4	35,4 ± 7,3
9	5,3 ± 0,4	27 ± 11	0,47 ± 0,19	0,27 ± 0,07	43 ± 17	8,2 ± 3,3	56 ± 22	4,2 ± 0,4	86,1 ± 19,7
10	менее 2,5	3,2 ± 1,3	0,084 ± 0,034	0,016 ± 0,007	7,5 ± 3,0	1,72 ± 0,69	13,3 ± 5,3	2,1 ± 0,5	45,3 ± 9,4
11	менее 2,5	24,3 ± 9,7	0,37 ± 0,15	0,030 ± 0,014	46 ± 18	6,2 ± 2,5	39 ± 16	4,5 ± 0,5	90,0 ± 14,9
12	менее 2,5	32 ± 13	0,54 ± 0,021	0,026 ± 0,012	54 ± 21	7,4 ± 3,0	52 ± 21	5,6 ± 2,2	64,8 ± 11,1
13	3,4 ± 0,7	11,3 ± 4,5	0,37 ± 0,15	0,026 ± 0,012	26 ± 10	4,4 ± 1,7	30 ± 12	2,0 ± 0,5	66,2 ± 11,1
14	9,6 ± 0,7	10,7 ± 4,3	0,237 ± 0,095	0,029 ± 0,013	21,2 ± 8,5	4,9 ± 2,0	27 ± 11	14,0 ± 1,0	87,1 ± 15,7
15	5,2 ± 0,4	25 ± 10	0,47 ± 0,19	0,040 ± 0,018	48 ± 19	6,4 ± 2,6	50 ± 20	3,9 ± 0,4	70,0 ± 12,2

Продолжение табл

№ исследуемого объекта / No. of the object under study	Показатель, единица измерения / Indicator, unit of measurement								
	Нитратный азот, мг/кг / Nitrate nitrogen, mg/kg	Медь, мг/кг (млн <sup>-1</sup> ) / Copper, mg/kg (million <sup>-1</sup> )	Кадмий, мг/кг (млн <sup>-1</sup> ) / Cadmium, mg/kg (million <sup>-1</sup> )	Ртуть, мг/кг (млн <sup>-1</sup> ) / Mercury, mg/kg (million <sup>-1</sup> )	Никель, мг/кг (млн <sup>-1</sup> ) / Nickel, mg/kg (million <sup>-1</sup> )	Свинец, мг/кг (млн <sup>-1</sup> ) / Lead, mg/kg (million <sup>-1</sup> )	Цинк, мг/кг (млн <sup>-1</sup> ) / Zinc, mg/kg (million <sup>-1</sup> )	Сернистые соединения, мг/кг / Sulfur compounds, mg/kg	Радиоактивные вещества, Бк/кг / Radioactive substances, Bq/kg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	4,2 ± 0,8	19,6 ± 7,8	0,37 ± 0,15	0,033 ± 0,015	34 ± 14	7,4 ± 2,9	52 ± 21	менее 2,0	94,4 ± 15,2
17	4,0 ± 0,8	20,1 ± 8,0	0,41 ± 0,16	0,020 ± 0,009	41 ± 17	6,3 ± 2,5	39 ± 16	менее 2,0	66,0 ± 12,4
18	менее 2,5	6,4 ± 2,6	0,119 ± 0,048	0,0059 ± 0,0027	16,9 ± 6,7	1,81 ± 0,73	13,7 ± 5,5	5,7 ± 0,4	38,8 ± 7,7
19	менее 2,5	6,6 ± 2,6	0,157 ± 0,063	0,039 ± 0,018	12,8 ± 5,1	3,4 ± 1,4	23,2 ± 9,3	менее 2,0	56,8 ± 10,2
20	менее 2,5	3,1 ± 1,2	0,096 ± 0,038	0,018 ± 0,008	7,7 ± 3,1	2,26 ± 0,90	13,5 ± 5,4	2,3 ± 0,6	32,2 ± 7,5
21	11,3 ± 0,8	11,8 ± 4,7	0,229 ± 0,092	0,039 ± 0,017	25 ± 10	4,2 ± 1,7	42 ± 17	менее 2,0	45,1 ± 10,5
22	менее 2,5	21,0 ± 8,4	0,34 ± 0,14	0,030 ± 0,013	62 ± 25	3,4 ± 1,4	31 ± 12	21,2 ± 1,6	7,23 ± 2,17
23	3,8 ± 0,8	7,8 ± 3,1	0,216 ± 0,086	0,011 ± 0,005	12,0 ± 4,8	4,4 ± 1,7	25 ± 10	2,1 ± 0,5	43,7 ± 9,7
24	менее 2,5	13,4 ± 5,3	0,244 ± 0,098	0,040 ± 0,018	29 ± 12	6,5 ± 2,6	33 ± 13	2,3 ± 0,6	69,3 ± 11,7
25	менее 2,5	5,0 ± 2,0	0,096 ± 0,038	0,022 ± 0,010	9,7 ± 3,9	2,14 ± 0,86	13,9 ± 5,6	менее 2,0	61,3 ± 9,5
26	18,1 ± 1,4	5,9 ± 2,4	0,143 ± 0,057	0,032 ± 0,014	15,3 ± 6,1	4,2 ± 1,7	20,5 ± 8,2	3,8 ± 0,4	83,4 ± 13,6
27	менее 2,5	10,6 ± 4,2	0,185 ± 0,074	0,015 ± 0,007	20,3 ± 8,1	2,6 ± 1,0	21,2 ± 8,5	9,1 ± 0,7	47,3 ± 9,6
28	менее 2,5	14,5 ± 5,8	0,44 ± 0,18	0,043 ± 0,019	25 ± 10	7,7 ± 3,1	38 ± 15	менее 2,0	90,7 ± 14,7
29	менее 2,5	20,9 ± 8,3	0,34 ± 0,14	0,048 ± 0,021	30 ± 12	5,2 ± 2,1	42 ± 17	10,0 ± 0,7	80,5 ± 12,3
30	4,5 ± 0,9	5,6 ± 2,2	0,172 ± 0,069	0,017 ± 0,008	15,0 ± 6,0	3,6 ± 1,4	28 ± 11	2,2 ± 0,6	42,7 ± 8,8
31	менее 2,5	8,9 ± 3,6	0,147 ± 0,059	0,013 ± 0,006	16,4 ± 6,6	2,29 ± 0,92	18,7 ± 7,5	4,4 ± 0,4	53,0 ± 11,3
32	4,8 ± 1,0	13,0 ± 5,2	0,26 ± 0,10	0,037 ± 0,016	33 ± 13	7,2 ± 2,9	34 ± 13	3,7 ± 0,4	90,4 ± 14,9
33	21,7 ± 1,6	25 ± 10	0,42 ± 0,17	0,051 ± 0,023	66 ± 26	8,4 ± 3,4	48 ± 19	менее 2,0	58,1 ± 8,7
34	9,8 ± 0,7	11,6 ± 4,7	0,239 ± 0,096	0,031 ± 0,014	25 ± 10	4,6 ± 1,8	27 ± 11	14,7 ± 1,1	65,5 ± 11,6

Окончание табл.

№ исследуемого объекта / No. of the object under study	Показатель, единица измерения / Indicator, unit of measurement								
	Нитратный азот, мг/кг / Nitrate nitrogen, mg/kg	Медь, мг/кг (млн <sup>-1</sup> ) / Copper, mg/kg (million <sup>-1</sup> )	Кадмий, мг/кг (млн <sup>-1</sup> ) / Cadmium, mg/kg (million <sup>-1</sup> )	Ртуть, мг/кг (млн <sup>-1</sup> ) / Mercury, mg/kg (million <sup>-1</sup> )	Никель, мг/кг (млн <sup>-1</sup> ) / Nickel, mg/kg (million <sup>-1</sup> )	Свинец, мг/кг (млн <sup>-1</sup> ) / Lead, mg/kg (million <sup>-1</sup> )	Цинк, мг/кг (млн <sup>-1</sup> ) / Zinc, mg/kg (million <sup>-1</sup> )	Сернистые соединения, мг/кг / Sulfur compounds, mg/kg	Радиоактивные вещества, Бк/кг / Radioactive substances, Bq/kg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
35	менее 2,5	15,3 ± 6,1	0,33 ± 0,13	0,033 ± 0,015	68 ± 27	4,3 ± 1,7	36 ± 14	19,0 ± 1,4	64,1 ± 12,3
36	22,0 ± 1,7	4,4 ± 1,7	0,124 ± 0,050	0,013 ± 0,006	13,9 ± 5,6	3,3 ± 1,3	19,0 ± 7,6	менее 2,0	48,2 ± 9,8
37	менее 2,5	20,3 ± 8,1	0,35 ± 0,14	0,027 ± 0,012	39 ± 16	6,9 ± 2,8	43 ± 17	9,4 ± 0,7	112,6 ± 17,6
38	22,1 ± 1,7	12,5 ± 5,0	0,247 ± 0,099	0,036 ± 0,016	27 ± 11	6,5 ± 2,6	39 ± 16	менее 2,0	84,3 ± 15,0
39	менее 2,5	28 ± 11	0,41 ± 0,17	0,033 ± 0,015	54 ± 21	5,7 ± 2,3	42 ± 17	4,0 ± 0,4	53,2 ± 12,7
40	22,2 ± 1,7	10,8 ± 4,3	0,26 ± 0,010	0,049 ± 0,022	26 ± 10	5,3 ± 2,1	35 ± 14	менее 2,0	74,1 ± 13,9
41	менее 2,5	10,8 ± 4,3	0,227 ± 0,091	0,029 ± 0,013	18,8 ± 7,5	5,2 ± 2,1	47 ± 19	4,7 ± 0,5	79,4 ± 12,1
42	менее 2,5	12,1 ± 4,8	0,36 ± 0,15	0,028 ± 0,013	22,4 ± 9,0	5,9 ± 2,4	34 ± 14	2,3 ± 0,6	68,6 ± 12,4
43	менее 2,5	13,9 ± 5,6	0,26 ± 0,11	0,032 ± 0,015	28 ± 11	3,6 ± 1,4	26 ± 10	20,3 ± 1,5	85,2 ± 12,5
44	менее 2,5	23,9 ± 9,5	0,48 ± 0,19	0,047 ± 0,021	53 ± 21	7,9 ± 3,1	53 ± 21	2,0 ± 0,5	67,1 ± 11,4

### Заклучение

Использование почв в зависимости от степени их химического, бактериологического, паразитологического и энтомологического загрязнения должно осуществляться в соответствии с санитарными правилами и гигиеническими нормативами.

По предварительной оценке санитарно-эпидемиологического состояния почв территорий, освобождаемых в результате сокращения размеров санитарно-защитных зон сибиреязвенных захоронений в Удмуртской Республике на соответствие гигиеническим нормативам по химическим, микробиологическим, паразитологическим и энтомологическим показателям, установлено, что исследованные показатели не превышают допустимых уровней.

Следует также отметить, что невозможно точно определить эффективность дезинфекционных мероприятий на территории почвенного очага сибирской язвы, так как, по данным исследователей, возможность обнаружения *B. anthracis* и выделения ее из почвы составляет не более 1,5 % [4; 1]. В связи с этим все существующие сибиреязвенные захоронения обладают потенциальной опасностью в большей или меньшей степени [5; 1].

Кроме того, существует ряд качественных характеристик почвы, способствующих сохранению его жизнеспособности, такие как теплообеспеченность, мощность гумусового горизонта, коэффициент увлажнения, кислотность, которые подлежат детальному изучению в разрезе районов Удмуртской Республики.

1. Особенности природной очаговости сибирской язвы и экологии *Bacillus anthracis* / А. П. Родионов, Е. А. Артемьева, Л. А. Мельникова, М. А. Косарев, С. В. Иванова // Ветеринария сегодня. 2021. Т. 2. № 37. С. 151–158. DOI: <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2021-2-37-151-158>
2. Влияние некоторых факторов почвы сибирезвненного скотомогильника на свойства возбудителя сибирской язвы / Л. И. Маринин, Е. А. Тюрин, Н. А. Шишкова [и др.] // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2022): матер. XVIII Международной научно-технической конференции. В 2-х томах (г. Уфа, 01–15 мая 2022 г.). Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2022. Том 2. С. 52. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=dedoww&ysclid=lq28bshn8y110981612> (дата обращения: 19.10.2023).
3. Научное обоснование размеров санитарно-защитных зон сибирезвненных захоронений на основе комплексной оценки риска / С. А. Картавая, Е. Г. Симонова, М. Н. Локтионова, О. А. Колганова и др. // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 7. С. 601–606. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nauchnoe-obosnovanie-razmerov-sanitarno-zaschitnyh-zon-sibireyazvennyh-zahoroneniya-na-osnove-kompleksnoy-otsenki-riska?ysclid=lq2glgejq24989015> (дата обращения: 16.10.2023).
4. Эпидемиологическая опасность сибирезвненных захоронений: теоретико-методологические аспекты / Е. Г. Симонова, С. А. Картавая, М. Н. Локтионова, В. И. Ладный // Медицина в Кузбассе. 2013. Т. 12. № 2. С. 26–31. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/epidemiologicheskaya-opasnost-sibireyazvennyh-zahoroneniya-teoretiko-metodologicheskie-aspekty?ysclid=lq2he5eadm320912340> (дата обращения: 13.10.2023).
5. Дугаржапова З. Ф., Родзиковский А. В., Чеснокова М. В. Эпидемиологический надзор за сибирской язвой на территории строительства крупных промышленных объектов с использованием ГИС-технологий // Дальневосточный журнал инфекционной патологии. 2010. № 17. С. 216–219. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=18379625&ysclid=lq2hluqu3517648745> (дата обращения: 15.10.2023).
6. Hugh-Jones M., Blackburn J. The ecology of *Bacillus anthracis* // Mol. Aspects Med. 2009. Vol. 30. No. 6. Pp. 356–367. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mam.2009.08.003>
7. Шестакова И. В. Сибирская язва ошибок не прощает: оценка информации после вспышки на Ямале летом 2016 года // Журнал инфектологии. 2016. Том 8. № 3. С. 8. URL: <https://journal.niidi.ru/jofin/article/view/501> (дата обращения: 15.10.2023).
8. Iglovsky S. A., Kriauciunas V. V. Anthrax cattle burials as a potential threat caused by changes in cryolite zones in the northern European part of Russia. Health Risk Analysis. 2021. No. 1. Pp. 108–114. DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.1.11.eng>
9. Сибирская язва в азиатской части Российской Федерации. Сообщение 1. Исторические сведения о распространении болезни в Сибири и на Дальнем Востоке / З. Ф. Дугаржапова, М. В. Чеснокова, Э. Г. Гольдапель, С. А. Косилко, и др. // Проблемы особо опасных инфекций. 2017. № 1. С. 54–58. DOI: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2017-1-54-58>
10. Муминов А. А., Назарова О. Д. Угрозы сибирезвненных захоронений для экологической безопасности Таджикистана и меры их предупреждения // Аграрный вестник Урала. 2020. № 07 (198). С. 65–74. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-198-7-65-74>
11. Лухнова Л. Ю., Ерубав Т. К., Избанова У. А., Мека-Меченко Т. В., и др. Сибирская язва в Восточно-Казахстанской области // Acta biomedica scientifica. 2019. Т. 4. № 5. С. 127–134. DOI: <https://doi.org/10.29413/ABS.2019-4.5.20>
12. Трудолюбова О. В., Крысенко Ю. Г., Иванов И. С. Оценка безопасности почвенных очагов сибирской язвы на территории Удмуртской Республики // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: матер. международной научно-практической конференции (г. Йошкар-Ола, 23–24 марта 2023 г.). Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2023. Вып. XXV. С. 737–739. URL: <https://elibrary.ru/mfbvyf?ysclid=lq2jj047iq292560682> (дата обращения: 15.10.2023).

*Статья поступила в редакцию 23.10.2023 г.; одобрена после рецензирования 23.11.2023 г.; принята к публикации 27.11.2023 г.*

## Об авторах

### **Трудолюбова Ольга Васильевна**

начальник управления обеспечения биологической безопасности, мониторинга, экспортно-импортных операций, Главное управление ветеринарии Удмуртской Республики (426011, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Вадима Сивкова, д. 120), аспирант, Удмуртский государственный аграрный университет (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 11), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2719-8955>, [olgatrudolubova862404@gmail.com](mailto:olgatrudolubova862404@gmail.com)

### **Крысенко Юрий Гаврилович**

доктор ветеринарных наук, профессор, Удмуртский государственный аграрный университет (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 11), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6435-1454>, [krysenkoju2010@yandex.ru](mailto:krysenkoju2010@yandex.ru)



**Иванов Иван Семенович**

кандидат биологических наук, доцент, Удмуртский государственный аграрный университет (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 11), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3521-1938>, [ivanovis76@mail.ru](mailto:ivanovis76@mail.ru)

**Габдрахманов Роман Фиюсович**

начальник, Главное управление ветеринарии Удмуртской Республики (426011, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Вадима Сивкова, д. 120), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4568-5730>, [gabdrahmanov\\_rf@guv.udmr.ru](mailto:gabdrahmanov_rf@guv.udmr.ru)

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Rodionov A. P., Artemeva E. A., Melnikova L. A., Kosarev M. A., Ivanova S. V. Osobnosti prirodnoi ochagovosti sibirskoi yazvy i ekologii *Bacillus anthracis* [Features of anthrax natural foci and *Bacillus anthracis* ecology]. *Veterinariya segodnya* = Veterinary Science Today, 2021, vol. 2, no. 37, pp. 151–158. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2021-2-37-151-158>
2. Marinin L. I., Tyurin E. A., Shishkova N. A., Mokrievich A. N., Dyatlov I. A. Vliyanie nekotorykh faktorov pochvy sibireyazvennogo skotomogil'nika na svoistva vozбудitelya sibirskoi yazvy [The influence of some factors of the soil of the anthrax cattle burial ground on the properties of the causative agent of anthrax]. *Nauka, obrazovanie, proizvodstvo v reshenii ekologicheskikh problem (Ekologiya-2022): mater. XVIII Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii. V 2-kh tomakh (g. Ufa, 01–15 maya 2022 g.)* = Science, education, production in solving environmental problems (Ecology-2022): Proceedings of the XVIII International scientific and technical conference (Ufa, May 01–15, 2022). In 2 volumes, Ufa, Publ. house of Ufa State Aviation Technical University, 2022, vol. 2, p. 52. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=dedoww&ysclid=lq28bshn8y110981612> (accessed 19.10.2023). (In Russ.).
3. Kartavaya S. A., Simonova E. G., Loktionova M. N., Kolganova O. A. et al. Nauchnoe obosnovanie razmerov sanitarno-zashchitnykh zon sibireyazvennykh zakhoroneni na osnove kompleksnoi otsenki riska [Scientific substantiation of sizes of sanitary protection zones of anthrax burial sites based on the comprehensive evaluation of risk factors]. *Gigiena i sanitariya* = Hygiene and Sanitation, 2016, vol. 95, no. 7, pp. 601–606. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/nauchnoe-obosnovanie-razmerov-sanitarno-zaschitnykh-zon-sibireyazvennykh-zakhoroneni-na-osnove-kompleksnoy-otsenki-riska?ysclid=lq2glgejq24989015> (accessed 16.10.2023). (In Russ.).
4. Simonova E. G., Kartavaya S. A., Loktionova M. N., Ladnyi V. I. Epidemiologicheskaya opasnost' sibireyazvennykh zakhoroneni: teoretiko-metodologicheskie aspekty [Epidemiological hazard of anthrax animal burials: theoretical and methodological aspects]. *Meditina v Kuzbasse* = Medicine in Kuzbass, 2013, vol. 12, no. 2, pp. 26–31. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/epidemiologicheskaya-opasnost-sibireyazvennykh-zakhoroneni-teoretiko-metodologicheskie-aspekty?ysclid=lq2he5eadm320912340> (accessed 13.10.2023). (In Russ.).
5. Dugarzhapova Z. F., Rodzikovsky A. V., Chesnokova M. V. Epidemiologicheskii nadzor za sibirskoi yazvoi na territorii stroitel'stva krupnykh promyshlennykh ob'ektov s ispol'zovaniem GIS-tehnologii [Epidemiological surveillance for anthrax using GIS-technologies at the territory of large industrial project constructions]. *Dal'nevostochnyi zhurnal infektsionnoi patologii* = Far Eastern Journal of Analytical Psychology, 2010, no. 17, pp. 216–219. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18379625&ysclid=lq2hluqu3517648745> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).
6. Hugh-Jones M., Blackburn J. The ecology of *Bacillus anthracis*. *Mol. Aspects Med*, 2009, vol. 30, no. 6, pp. 356–367. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mam.2009.08.003>
7. Shestakova I. V. Sibirskaya yazva oshibok ne proshchaet: Otsenka informatsii posle vspyshki na Yamale letom 2016 goda [Anthrax does not forgive mistakes: the information assessment following the Yamal peninsula outbreak in the summer of 2016]. *Zhurnal infektologii* = Journal Infectology, 2016, vol. 8, no. 3, pp. 5–27. Available at: <https://journal.niidi.ru/jofin/article/view/501> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).
8. Iglovsky S. A., Kriauciunas V. V. Anthrax cattle burials as a potential threat caused by changes in cryolite zones in the northern European part of Russia. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 1, pp. 108–114. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.1.11.eng>
9. Dugarzhapova Z. F., Chesnokova M. V., Goldapel E. G., Kosilko S. A. et al. Sibirskaya yazva v aziatskoi chasti Rossiiskoi Federatsii. Soobshchenie 1. Istoricheskie svedeniya o rasprostraneni bolezni v Sibiri i na Dal'nem Vostoke [Anthrax in the Asian part of the Russian Federation. Communication 1. Historical remarks on the spread of the disease in Siberia and Far East]. *Problemy osobo opasnykh infektsiy* = Problems of Particularly Dangerous Infections, 2017, no. 1, pp. 54–58. (In Russ.). DOI: [10.21055/0370-1069-2017-1-54-58](https://doi.org/10.21055/0370-1069-2017-1-54-58)
10. Muminov A. A., Nazarova O. D. Ugrozy sibireyazvennykh zakhoroneni dlya ekologicheskoi bezopasnosti Tadzhikistana i mery ikh preduprezhdeniya [Threats of anthrax burials on the environmental safety of Tajikistan and their prevention measures]. *Agrarnyi vestnik Urala* = Agrarian Bulletin of the Urals, 2020, no. 7 (198), pp. 65–74. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-198-7-65-74>

11. Lukhnova L. Yu., Erubaev T. K., Izbanova U. A., Meka-Mechenko T. V. et al. Sibirskaya yazva v Vostochno-Kazakhstanskoi oblasti [Anthrax in the East Kazakhstan Region]. *Acta Biomedica Scientifica*, 2019, vol. 4, no. 5, pp. 127–134. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.29413/ABS.2019-4.5.20>

12. Trudolyubova O. V., Krysenko Yu. G., Ivanov I. S. Otsenka bezopasnosti pochvennykh ochagov sibirskoi yazvy na territorii Udmurtskoi Respubliki [Assessment of the safety of soil foci of anthrax on the territory of the Udmurt Republic]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktii sel'skogo khozyaystva* = Current issues with amazing technologies for production and processing of agricultural products: materials of the International scientific and practical conference (Yoshkar-Ola, March 23–24, 2023), Yoshkar-Ola, Publ. house of the Mari State University, 2023, issue XXV, pp. 737–739. Available at: <https://elibrary.ru/mfbvyf?ysclid=lq2jj047iq292560682> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).

*The article was submitted 23.10.2023; approved after reviewing 23.11.2023; accepted for publication 27.11.2023.*

### About the authors

#### **Olga V. Trudolyubova**

Head of the Department of Biological Safety, Monitoring, Export-Import Operations, Main Directorate of Veterinary Medicine of the Udmurt Republic (120 Vadim Sivkov St., Izhevsk 426011, Russian Federation), Postgraduate student, Udmurt State Agricultural University (11 Studencheskaya St., Izhevsk 426069, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2719-8955>, [olgatrudolubova862404@gmail.com](mailto:olgatrudolubova862404@gmail.com)

#### **Yuri G. Krysenko**

Dr. Sci. (Veterinary), Professor, Udmurt State Agricultural University (11 Studencheskaya St., Izhevsk 426069, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6435-1454>, [krysenkoyu2010@yandex.ru](mailto:krysenkoyu2010@yandex.ru)

#### **Ivan S. Ivanov**

Ph. D. (Biology), Associate Professor, Udmurt State Agricultural University (11 Studencheskaya St., Izhevsk 426069, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3521-1938>, [ivanovis76@mail.ru](mailto:ivanovis76@mail.ru)

#### **Roman F. Gabdrakhmanov**

Head of the Main Directorate of Veterinary Medicine of the Udmurt Republic (120 Vadim Sivkov St., Izhevsk 426011, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4568-5730>, [gabdrakhmanov\\_rf@guv.udmr.ru](mailto:gabdrakhmanov_rf@guv.udmr.ru)

*All authors have read and approved the final manuscript.*