



ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭПИЗООТОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ПО СИБИРСКОЙ ЯЗВЕ

Е.Г. Симонова^{1,2}, А.А. Шабейкин³, С.Р. Раичич¹, М.Н. Локтионова^{1,2},
С.А. Сабурова¹, М.А. Пяташина⁴, В.И. Ладный¹, А.М. Гулюкин³

¹Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии, Россия, 111123, г. Москва, ул. Новогиреевская, 3а

²Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

³Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко, Россия, 109428, г. Москва, Рязанский проспект, 24, корп. 1

⁴Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Татарстан, Россия, 420111, г. Казань, ул. Большая Красная, 30

Продемонстрированы возможности применения геоинформационных технологий в надзоре за сибирской язвой – инфекцией, сохраняющей свою актуальность. Показано, что, несмотря на снижение заболеваемости животных и людей, на территории Российской Федерации сохраняются риски осложнения ситуации, связанные с рецидивирующей активностью почвенных очагов. С использованием геоинформационной системы установлено, что современный ареал сибирской язвы приходится преимущественно на лесостепную, степную, сухостепную и Кавказско-Крымскую горные зоны. На территории этих природных зон зарегистрировано 82 % учтенных в XXI в. вспышек. Наблюдается отчетливая привязка сибирезвездного неблагополучия к районам с преобладанием выщелоченно-черноземных, обыкновенно-черноземных, горно-черноземных и горно-коричневых почв. На данных территориях в последние десятилетия возникла большая часть вспышек сибирской язвы. Показано, что все эти территории характеризуются теплым климатом, традиционно развитым животноводством, а также большой численностью поголовья скота в частном секторе, разведение которого связано с практикой свободного выпаса на территории почвенных очагов, а также использованием ручного труда. В рейтинге неблагополучия лидируют территории с высокой численностью поголовья крупного рогатого скота, который в настоящее время остается основным источником эпидемиологического риска. В качестве модели для демонстрации возможностей геоинформационной системы в совершенствовании эпидемиологического надзора за сибирской язвой в части оценки рисков выбрана Республика Татарстан – территория, которая в современных условиях характеризуется высокой эпизоотической активностью и регистрацией спорадической заболеваемости людей. Для данного субъекта выявлены территории риска, определены основные причины сибирезвездного неблагополучия, а также факторы, способствующие осложнению ситуации.

Ключевые слова: сибирская язва, почвенный очаг, стационарно неблагополучный пункт, сибирезвездное захождение, оценка риска, геоинформационная система.

© Симонова Е.Г., Шабейкин А.А., Раичич С.Р., Локтионова М.Н., Сабурова С.А., Пяташина М.А., Ладный В.И., Гулюкин А.М., 2019

Симонова Елена Геннадиевна – доктор медицинских наук, профессор кафедры эпидемиологии, ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии природно-очаговых инфекций (e-mail: simonova_e_g@mail.ru; тел.: 8 (495) 602-12-75; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7179-9890>).

Шабейкин Александр Александрович – кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории эпизоотологии (e-mail: viev@mail.ru; тел.: 8 (925) 504-64-87; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3413-8131>).

Раичич Стефан Радюль – младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии природно-очаговых инфекций (e-mail: anthraxcrie@gmail.com; тел.: 8 (495) 672-11-73; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7734-7382>).

Локтионова Марина Николаевна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры эпидемиологии, научный сотрудник лаборатории эпидемиологии природно-очаговых инфекций (e-mail: anthraxcrie@gmail.com; тел.: 8 (903) 618-37-96; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1332-519X>).

Сабурова Светлана Александровна – кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории эпидемиологии природно-очаговых инфекций (e-mail: anthraxcrie@gmail.com; тел.: 8 (495) 672-11-73; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9332-0526>).

Пяташина Марина Александровна – доктор медицинских наук, руководитель (e-mail: rpn.rt@tatar.ru; тел.: 8 (843) 238-98-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6302-3993>).

Ладный Виктор Иванович – научный сотрудник лаборатории эпидемиологии природно-очаговых инфекций (e-mail: anthraxcrie@gmail.com; тел.: 8 (495) 672-11-73; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7525-8127>).

Гулюкин Алексей Михайлович – кандидат биологических наук, директор (e-mail: admin@viev.r; тел.: 8 (495) 970-03-67; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2160-4770>).

Несмотря на сложность решения проблем, связанных с ликвидацией и элиминацией сибирской язвы, задача по дальнейшему снижению заболеваемости населения Российской Федерации и даже прекращению инфицирования людей в условиях спорадической заболеваемости животных представляется весьма реальной [1–3]. Этому способствуют накопленный многолетний опыт по управлению эпидемическим процессом, в котором ключевая роль отводится эпизоотолого-эпидемиологическому надзору. В этой связи усилия исследователей в последние годы нацелены на совершенствование организационной, а самое главное – содержательной и методологической составляющей надзора за сибирской язвой [4].

Информатизация общества, развитие геоинформационных систем (ГИС) открывают новые возможности в области анализа и оценки эпизоотологического и эпидемиологического риска. При этом ГИС-технологии рассматриваются в качестве инструмента предэпидемической диагностики и прогнозирования ситуации [5, 6]. Они позволяют накапливать значительные массивы информации о факторах риска, проводить сопряженный многофакторный анализ с выявлением индикаторов эпизоотологического и эпидемиологического неблагополучия, определять тенденции и прогнозы дальнейшего развития ситуации [7]. Необходимость проведения мониторинга природных и социальных факторов риска продемонстрировала Ямальская вспышка сибирской язвы в 2016 г. [8, 9]. В таком мониторинге за единицы наблюдения принимаются почвенные очаги сибирской язвы, расположенные в их границах стационарно неблагополучные пункты (СНП) [10], а также сибиреязвенные захоронения животных [11], опасность которых также можно определить с помощью ГИС.

Таким образом, на настоящем этапе развития науки и практики разработка и внедрение ГИС-технологий в надзор за сибирской язвой представляется важнейшим направлением деятельности по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Цель исследования состояла в оценке современной эпизоотолого-эпидемиологической ситуации по сибирской язве и рисков ее осложнения на территории Российской Федерации с использованием геоинформационной системы.

Материалы и методы. Материалами для проведения исследования явились данные официальной статистики, собранные в период с 2001 по 2018 г. (формы федерального государственного статистического наблюдения № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях», № 23–06 и 23–09

«Сведения о вспышках инфекционных заболеваний», статистические данные о заболеваемости сибирской язвой животных в Российской Федерации – ф. 1-ВЕТ, ф. 1-ВЕТ А); информационно-аналитические и архивные материалы; данные Кадастра стационарно-неблагополучных по сибирской язве пунктов (СНП) Российской Федерации [12] с дополнениями от 2017 г. (35631 СНП), актуализированные данные регионального Кадастра Республики Татарстан (1205 СНП), а также информация о 806 сибиреязвенных захоронениях (СЯЗ), учтенных на территории данного субъекта.

Для оценки действующих рисков использовали материалы Росстата о структуре и численности населения сельскохозяйственных животных, имеющих эпизоотологическое значение¹, а также другие открытые ресурсы, характеризующие социально-экономическое развитие изучаемых территорий.

Пространственно-временная динамика ситуации по сибирской язве на территории Российской Федерации, а также возможность ее осложнения в связи с действием факторов риска на модели Республики Татарстан оценивались в ГИС-приложениях, построенных на платформах ArcGIS и QGIS. С этой целью были созданы цифровые карты локализации и проявления активности СНП, а также расположения СЯЗ. Формирование тематических карт проводилось в несколько этапов, состоящих из разработки и наполнения картографической базы данных о зарегистрированных вспышках сибирской язвы и проявлениях активности СНП, геокодирования СНП и СЯЗ, а также последующего внедрения в разработанный ГИС-проект картографических слоев, отражающих привязку к населенным пунктам, административное деление, природно-сельскохозяйственное районирование территории, почвенные, ландшафтные и гидрографические условия. Для исследования особенностей территориального распределения СНП и СЯЗ на территории Республики Татарстан в ГИС-приложении были построены цифровая карта с градиентным окрашиванием административных районов в зависимости от числа вспышек сибирской язвы, а также «тепловая» карта, отражающая через градиентную заливку зоны наибольшей плотности расположения пространственных объектов.

Результаты и их обсуждение. За почти столетний период наблюдений интенсивность и география сибирской язвы в России претерпели значительные изменения. Максимальное число учтенных вспышек заболеваний животных сибирской язвой приходилось на середину XX в., которое к 1950 г. достигло 2273. Вспышки сибирской язвы среди животных приводили к заражению людей. В этот период в РСФСР среди населения регистрировалось более 500 случаев сибирской язвы [13].

¹ Основные показатели сельского хозяйства в России в 2017 году: бюллетень [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. – 2018. – URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140096652250 (дата обращения: 03.03.2019).

Реализация комплекса мер, направленных на разрыв эпизоотической цепи (обязательное сжигание павших животных, а также широкомасштабная регулярная вакцинация сельскохозяйственных животных), способствовала неуклонному снижению интенсивности эпизоотий сибирской язвы. Число вспышек снижалось по экспоненте, уменьшаясь каждые 10 лет, примерно в три раза [14, 15].

С 2001 г. в России ежегодно регистрировалось в среднем 7 эпизоотических очагов, а в последнее десятилетие среднегодовое число вспышек болезни уже равнялось 3,6. В 2001–2018 гг. было зарегистрировано 2926 случаев заболеваний животных. Одновременно со снижением заболеваемости животных сибирской язвой значительно уменьшилось количество территорий Российской Федерации, на которых регистрировались вспышки. Так, если в 50-е гг. прошлого века сибирская язва выявлялась на территориях 79 субъектов страны, то в последние 10 лет – только в 22 (рис. 1).

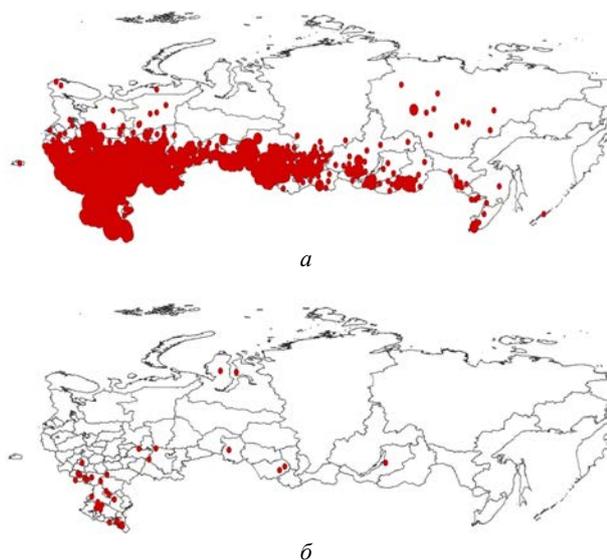


Рис. 1. Карта территориального распределения эпизоотических очагов сибирской язвы в Российской Федерации: *а* – в 1950–1959 гг.; *б* – в 2008–2017 гг.

Большинство СНП, проявивших активность, были расположены на территориях Центрального (22,2 %), Южного (20,7 %), Северо-Кавказского (20,0 %) и Приволжского (19,2 %) федеральных округов.

В 2001–2018 гг. зарегистрирован 171 случай сибирской язвы у людей. Следует отметить, что в последние годы отмечаются изменения в соотношении заболеваемости людей и животных. Так, если в прошлом веке эпизоотии среди животных не всегда сопровождалась заболеваемостью людей, то в настоящее время все регистрируемые эпизоотии связаны с заражением населения. Крупные эпидемические очаги, возникшие во время эпизоотий сибирской язвы, наблюдались в 2004 г. (г. Оренбург – 10 человек), 2008 г. (республики Бурятия и Башкор-

тостан – 8 и 11 человек соответственно), 2010 г. (Омская область и Республика Дагестан – по 6 заболевших), 2012 г. (Алтайский край – 6 человек), 2016 г. (Ямало-Ненецкий автономный округ – 36 случаев). Все перечисленные осложнения ситуации связаны с рецидивирующей активностью почвенных очагов, в том числе в местах расположения старых сибирезвенных захоронений (Алтайский край, республики Бурятия и Башкортостан), а также моровых полей (Ямало-Ненецкий автономный округ).

Результаты сопряженного анализа заболеваемости людей и животных показали, что иногда о случаях сибирской язвы у животных становится известно только после установления диагноза у человека. Так, проведенный анализ показал, что из 55 эпидемических очагов только 46 были связаны с заболеваниями животных. В 9 эпидемических очагах связь с заболеванием животных не установлена, но имелись указания на наличие контакта либо с животными, либо с животноводческим сырьем. Это может объясняться, с одной стороны, недоучетом заболеваемости животных, а с другой – действием социально-экономических рисков, приводящих к изменению структуры путей и факторов передачи возбудителя.

Таким образом, современная ситуация по сибирской язве в России, так же, как и в мире, характеризуется сохранением рисков ее осложнения, действие которых приводит не только к формированию эпизоотий, но и к заболеваемости населения, подвергающегося воздействию известных факторов риска [16, 17]. Примером может служить вспышка сибирской язвы в 2016 г. на Ямале, свидетельствующая о необходимости проведения постоянной комплексной оценки риска. Для решения этой сложной научно-практической задачи в последние годы успешно применяются современные ГИС-технологии, которые позволяют определить тенденции эпизоотической активности, а также проследить динамику изменений факторов риска, а следовательно, спрогнозировать возможные эпизоотические и эпидемические осложнения [18].

ГИС-технология позволяет определить территории эпизоотологического и эпидемиологического риска с зональной градацией уровня риска и идентификацией наиболее значимых факторов риска. Как показал проведенный пространственный анализ локализации эпизоотических вспышек, в последние 15 лет наблюдается отчетливая привязка сибирезвенного неблагополучия к районам, где преобладают черноземные почвы. На данных территориях зарегистрировано 58,1 % вспышек сибирской язвы (рис. 2).

Анализ распределения вспышек болезни по природно-сельскохозяйственным зонам позволил установить, что современный ареал сибирской язвы приходится преимущественно на лесостепную, степную, сухостепную и Кавказско-Крымскую горные зоны. На территорию этих четырех природных зон в XXI в. пришлось 82 % от учтенных вспышек. Все эти

Таблица 1

Проявление активности стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктов в зависимости от типа почвы, %

Тип почвы	Период активности стационарно-неблагополучных пунктов, гг.			
	1929–1953	1954–1978	1979–2002	2003–2017
Дерново-подзолистые	8,3	3,9	5,4	1,4
Серо-лесные	12,3	4,8	7	4,1
Выщелоченно-черноземные	14,8	14,8	25,4*	24,3*
Типично-черноземные	1,1	3,1	9,2	8,1
Обыкновенно-черноземные	6,5	7,9	17,1*	24,3*
Южно-черноземные	2,6	3	9,2*	1,4
Каштановые	0,2	0,4	2	2,7
Каштаново-солонцовые	0,9	1	3,3	5,4
Прочие	63,3	71,1	31,4	38,3

Примечание: * – $p < 0,001$ по сравнению с периодами 1929–1953 и 1954–1978 гг.

тогда как доля активности территорий с серо-лесными и дерново-подзолистыми почвами заметно снизилась (табл. 1).

Одновременно с 2,0 до 16,3 % увеличилась доля районов, расположенных в горной местности. Учитывая сложность ландшафта горных районов и сочетания там сразу нескольких типов почв, определение типа почвы, где происходила манифестация СНП, является приблизительным, но наиболее вероятно, что заражение животных происходило на пастбищах, которые преимущественно располагаются в местностях с горно-черноземными и горно-коричневыми почвами (республики Дагестан и Чеченская).

Анализ пространственного распределения СНП и СЯЗ в условиях определенного региона в ГИС-приложении на картах более крупного масштаба позволяет проводить детализированное изучение рисков.

В качестве модели для демонстрации возможностей ГИС в совершенствовании эпизоотологического надзора за сибирской язвой в части оценки рисков выбрана Республика Татарстан – субъект, входящий в зону постоянного эпизоотического неблагополучия. За последние 100 лет на данной территории было зарегистрировано 2035 вспышек в 1205 СНП (3,4 % от всех СНП по сибирской язве Российской Федерации, седьмое место в Российской Федерации). В настоящее время неблагополучными являются 37,5 % населенных пунктов республики (27-е место в Российской Федерации), плотность СНП составляет 17,7 на 1000 км² (14-е место в Российской Федерации).

В 2001–2018 гг. Республика Татарстан характеризовалась высокой эпизоотической активностью,

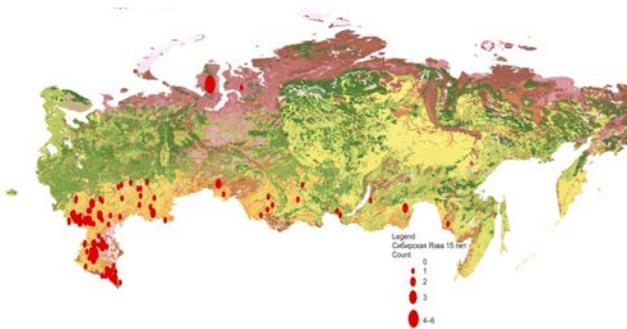


Рис. 2. Вспышки сибирской язвы, зарегистрированные в 2003–2018 гг., на почвенной карте России

территории характеризуются теплым климатом, традиционно развитым животноводством, а также большой численностью поголовья скота в частном секторе. Известно, что особую эпизоотологическую значимость в настоящее время представляют крупный (КРС) и мелкий (МРС) рогатый скот, находящийся в личных и фермерских хозяйствах, расположенных на неблагополучных по сибирской язве территориях.

По данным Росстата, в 2017 г. в структуре поголовья скота наибольший удельный вес составляют овцы (36,9 %), свиньи (34,9 %) и КРС (28,2 %). При этом КРС в основном содержится в сельскохозяйственных организациях (44,2 %) и хозяйствах населения (42,4 %), свиньи – в сельскохозяйственных организациях (85,6 %), овцы – в хозяйствах населения (46,5 %) и фермерских хозяйствах (37,0 %).

Основная часть поголовья КРС сосредоточена в Приволжском (27,6 %), Сибирском (21,9 %), Центральном (15,6 %), Южном (12,5 %) и Северо-Кавказском (11,8 %) федеральных округах. Лидируют в рейтинге по поголовью КРС республики Башкортостан, Татарстан, Дагестан, Алтайский и Краснодарский края, Ростовская и Оренбургская области, то есть территории, характеризующиеся стационарным неблагополучием по сибирской язве. Значительное поголовье КРС находится на территориях Новосибирской, Воронежской, Брянской, Саратовской областей, Забайкальского и Красноярского краев, Республики Калмыкия, которые также имеют СНП.

Основная часть поголовья МРС находится в Северо-Кавказском (40,0 %), Южном (26,4 %), Сибирском (16,1 %) и Приволжском (11,0 %) федеральных округах. Первые в рейтинге по количеству МРС – республики Дагестан, Калмыкия, Тыва, Карачаево-Черкесская, Ставропольский край, Астраханская, Ростовская, Волгоградская области. Более 400 тысяч голов МРС находится на территориях республик Башкортостан и Алтай, Забайкальского края и Саратовской области, то есть на территориях риска.

Сравнивая границы нозоареала за разные временные отрезки, можно отметить, что начиная с конца прошлого века значительно выросла эпизоотологическая значимость территорий с выщелоченно-черноземными и обыкновенно-черноземными почвами,

Таблица 2

Проявления активности стационарно-неблагополучных по сибирской язве пунктов на территории Республики Татарстан

Район	Населенный пункт	Активность СНП				Заболеваемость	
		кратность, разы	первый год	предпоследний год	последний год	люди	животные
Тукаевский	д. Терово	1			2001		+
Черемшанский	с. Черный Ключ	2	1967	1967	2001		+
Муслимовский	д. Тегермянлек	1			2002		+
Сармановский	д. Мартыш Тамак	1			2003		+
Зеленодольский	с. Кугушево	2	1962	1962	2003	+	+
Бавлинский	с. Исергапово	3	1935	1953	2008		+
Кукморский	д. Княбаш	2	1937	1937	2014	+	+
	д. Люга	6	1942	1951	2014	+	+

которая проявилась в восьми СНП, расположенных в семи муниципальных районах, сибирской язвой заболело три человека (табл. 2).

Проведенное картирование СНП показало, что максимальное эпизоотическое неблагополучие в XXI в. приходится на северную и центральную части республики (рис. 3). Наиболее неблагополучными по плотности СНП являются Балтасинский, Елабужский, Менделеевский, Альметьевский, Чистопольский, Атнинский и Кукморский районы, а также г. Набережные Челны. Во всех перечисленных районах, кроме Балтасинского и г. Набережные Челны, широко развито животноводство. Здесь в сельскохозяйственных организациях различных форм собственности, в том числе в крестьянско-фермерских хозяйствах, число которых на отдельных территориях (Кукморский район) превышает сотню, разводят КРС и МРС, а также свиней и лошадей, а следовательно, эта деятельность сопряжена с определенным риском.

Картирование СЯЗ показало, что они присутствуют в большинстве административных районов республики (рис. 4).

Однако пространственный анализ не обнаружил их четкой привязки к СНП, проявившим активность в последние 20 лет. Все захоронения удалены от СНП на расстояние 1000 м и более. Это вполне объясняется формированием в прошлом множественных почвенных очагов сибирской язвы в местах падежа животных, которые часто находились в удалении от границ участков, где впоследствии были организованы скотомогильники. Одновременно на любой территории нельзя исключить наличие спонтанных, нигде не учтенных захоронений животных, погибших от сибирской язвы, которые могли быть сделаны в период массовых эпизоотий в XIX и начале XX в.

При анализе плотности расположения объектов риска установлено, что сибирезязвенные захоронения приурочены преимущественно к районам, находящимся ближе к границам республики, с максимальной плотностью в ее северной части (рис. 5).

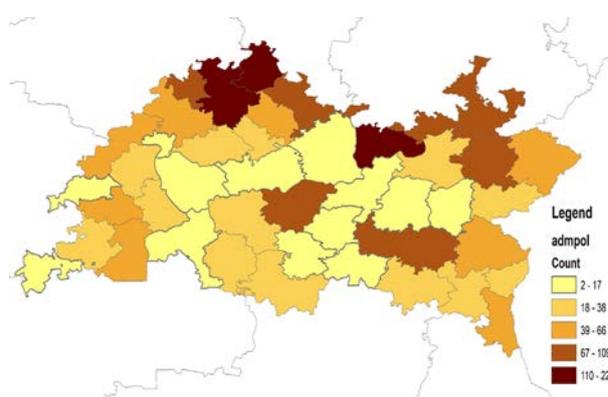


Рис. 3. Территориальное распределение стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктов, зарегистрированных на территории Республики Татарстан

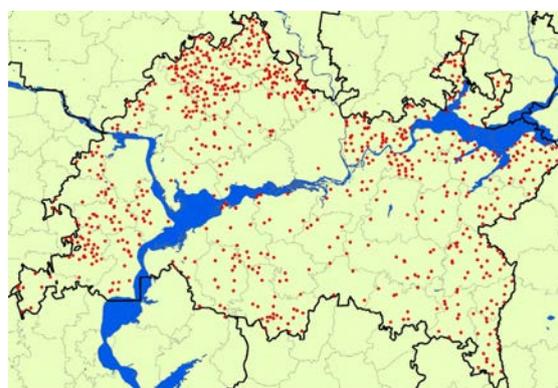


Рис. 4. Расположение сибирезязвенных захоронений на территории Республики Татарстан

Полученные результаты закономерно совпадают с характером распределения СНП на территории республики и соответствуют местам регистрации эпизоотий сибирской язвы, возникавших здесь в XX в. В ретроспективе последних 100 лет наиболее сильно от эпизоотий сибирской язвы пострадали животноводческие районы на севере Татарстана (рис. 6), что должно было привести к наиболее интенсивной кантаминации их территории спорами *B.anthraxis*.

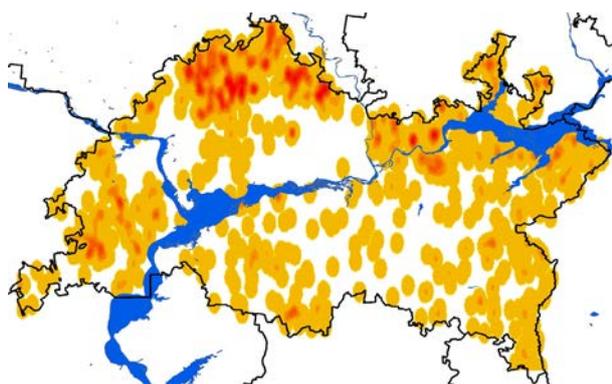


Рис. 5. «Тепловая» карта плотности расположения сибирязвенных захоронений на территории Республики Татарстан. Зоны повышенной плотности обозначены цветовой заливкой более темного цвета, где красный цвет соответствует максимальному показателю

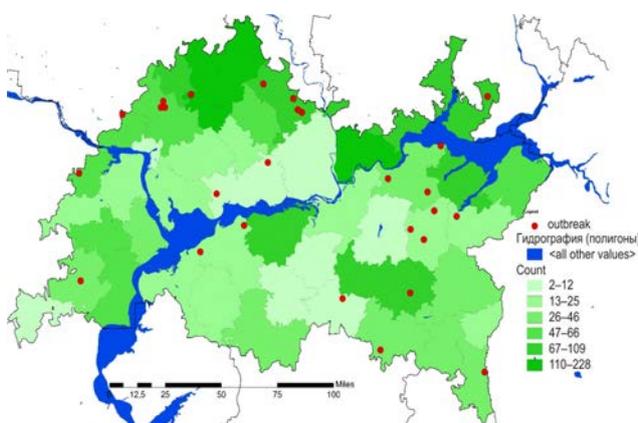
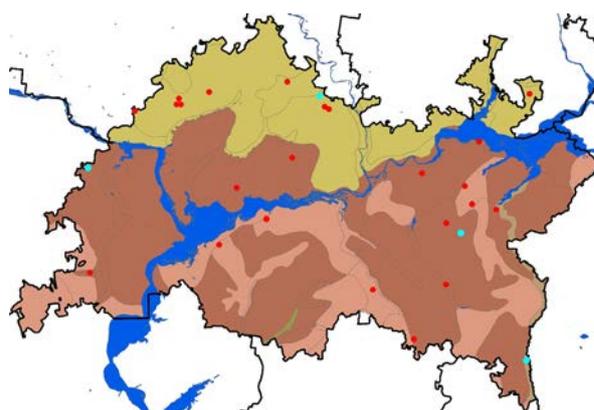


Рис. 6. Карта плотности вспышек сибирской язвы на территории Республики Татарстан

Однако здесь расположены земли со средним содержанием гумуса, преимущественно серо-лесные почвы, а высокогумусные черноземные почвы находятся в центре и на юге республики (рис. 7).

Если придерживаться концепции формирования почвенных зон «инкубации» [19, 20], то в условиях Республики Татарстан мы сталкиваемся с ситуацией, когда первоначально максимальное число почвенных очагов было сформировано на севере республики, тогда как наиболее стойкие почвенные очаги должны были сформироваться в центре и на юге республики. Данной гипотезе вполне соответствует регистрируемая эпизоотическая ситуация. За последние 30 лет вспышки сибирской язвы примерно в равной пропорции были распределены между районами с выщелоченными черноземными и серыми лесными почвами – 35 и 31 % соответственно.

С 2003 г. было зарегистрировано четыре вспышки сибирской язвы в четырех районах Республики Татарстан, расположенных на севере (Кукморский район), западе (Зеленодольский район), востоке (Сармановский район) и юго-востоке (Бавлинский район) республики. При этом сибирязвенное неблагополучие в основном (три вспышки) было



● Вспышки сибирской язвы с 1988 по 2002 г.
● Вспышки сибирской язвы после 2003 г.

Рис. 7. Территориальное распределение вспышек сибирской язвы на территории Республики Татарстан с 1988 по 2018 г. (совмещение с почвенной картой)

связано с рецидивированием СНП, расположенных на черноземных почвах.

Исключение составляет вспышка 2014 г., возникшая в Кукморском районе республики: на территории с высокой плотностью СНП и преобладанием серо-лесных почв, в которую были вовлечены несколько населенных пунктов, заболели два человека. Причиной формирования эпизоотии могло стать рецидивирование активности почвенных очагов, способствующее контаминации возбудителем заготавливаемых кормов, а также завоз зараженного скота с других неблагополучных территорий.

Выводы. В перспективе ближайших десятилетий при существующем порядке проведения ветеринарно-санитарных мероприятий и трендах в развитии животноводства эпизоотологическая ситуация по сибирской язве в Российской Федерации будет оставаться прежней. Сохранению рисков ее осложнения будет способствовать манифестация длительно молчавших почвенных очагов, при которой период ожидания может составлять от 40 лет и более.

Как показало исследование, опасность возникновения новых вспышек сибирской язвы существует в любом СНП при наличии рисков, к числу которых относятся соответствующие почвенные условия, а также контакт с потенциально опасной почвой восприимчивых животных. В связи с этим наибольший эпизоотологический и эпидемиологический риски в настоящее время приходится на частные сельскохозяйственные предприятия и хозяйства населения, где практикуется свободный выпас КРС и МРС и используется ручной труд.

Накопленные в картографических базах данные позволяют провести развернутый пространственно-временной анализ распространенности сибирской язвы на территории Российской Федерации. Его результаты свидетельствуют о продолжении

смещения зоны максимального эпизоотологического и эпидемиологического риска в районы с черноземными почвами. При этом в ряде регионов, в том числе в Республике Татарстан, сохраняется эпизоотологическая значимость других типов почв, особенно серых лесных и каштановых.

Применение ГИС-технологий в системе надзора за сибирской язвой в настоящее время является неотъемлемым инструментом эпиддиагностики и дает возможность установить динамику активности почвенных очагов, выдвинуть гипотезы о причинах и условиях развития эпизоотического и эпидемического процессов, а также ранжировать территории страны по степени потенциального эпизоотологического и эпидемиологического риска.

Интегрирование данных о стационарно-неблагополучных пунктах и сибирезвонных захоронениях с картографической основой административно-территориального деления и природно-сельскохозяйственного районирования на платформе ГИС-приложений является важным шагом на пути совершенствования прогнозирования рисков и обеспечения информационной поддержки принятия решений в области надзора и контроля за сибирской язвой на территории России.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Черкасский Б.Л. Эпидемиология и профилактика сибирской язвы. – М.: Интерсэн, 2002. – 384 с.
2. Сибирская язва: актуальные проблемы разработки и внедрения медицинских средств защиты / Г.Г. Онищенко, И.В. Дармов, Н.Т. Васильев, И.А. Кириллов, С.Г. Кикоть, С.В. Борисевич, А.С. Туманов, М.К. Бакулин [и др.]; под ред. Г.Г. Онищенко, И.В. Дармова, С.В. Борисевича. – 2-е изд., испр. и доп. – Сергиев Посад, 2018. – 591 с.
3. Макаров В.В. Сибирская язва в начале нового века // Ветеринария. – 2017. – № 1. – С. 3–8.
4. Пути совершенствования эпизоотологического надзора и контроля за сибирской язвой в Российской Федерации / А.Ю. Попова, Е.Б. Ежлова, Ю.В. Демина, А.Н. Куличенко, А.Г. Рязанова, Н.П. Буравцева, Е.И. Еременко, И.А. Дятлов [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. – 2017. – № 1. – С. 84–88. DOI: 10.21055/0370-1069-2017-1-84-88
5. Clarke K.C., McLafferty S.L., Tempalski B.J. On epidemiology and geographic information systems: a review and discussion of future directions // Emerg. Infect. Dis. – 1996. – № 2. – P. 85–92. DOI: 10.3201/eid0202.960202
6. Curtis A.C., Blackburn J.K., Sansyzybayev Y. Using a geographic information system to spatially investigate infectious disease // Encyclopedia of infectious diseases: modern methodologies / M. Tibayrenc ed. – London: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2007. – 800 p.
7. Blackburn J.K. Integrating Geographic Information Systems and Ecological Niche Modeling into Disease Ecology: A Case Study of Bacillus anthracis in the United States and Mexico // Emerging and Endemic Pathogens: Conference proceedings. Part of the NATO Science for Peace and Security Series A: Chemistry and Biology. – Dordrecht: Springer, 2010. – P. 59–88. DOI: 10.1007/978-90-481-9637-1_7
8. Сибирская язва на Ямале: оценка эпизоотологических и эпидемиологических рисков / Е.Г. Симонова, С.А. Картавая, А.В. Титков, М.Н. Локтионова, С.Р. Раичич, В.А. Толпин, Е.А. Лупян, А.Е. Платонов // Проблемы особо опасных инфекций. – 2017. – № 1. – С. 89–93. DOI: 10.21055/0370-1069-2017-1-89-93
9. Сибирская язва на Ямале: причины возникновения и проблемы диагностики / Ю.О. Селянинов, И.Ю. Егорова, Д.В. Колбасов, А.А. Листищенко // Ветеринария. – 2016. – № 10. – С. 3–7.
10. Проявления активности стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктов Российской Федерации в современных условиях / Е.Г. Симонова, С.Р. Раичич, С.А. Картавая, М.Н. Локтионова, А.А. Шабейкин // Проблемы особо опасных инфекций. – 2018. – № 2. – С. 90–94. DOI: 10.21055/0370-1069-2018-2-90-94
11. Сибирезвонные скотомогильники: проблемы и решения / Л.И. Маринин, И.А. Дятлов, Н.А. Шишкова, В.Н. Герасимов. – М.: Династия, 2017. – 216 с.
12. Черкасский Б.Л. Кадастр стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктов Российской Федерации. – М., 2005. – 829 с.
13. Покровский В.И., Онищенко Г.Г., Черкасский Б.Л. Эволюция инфекционных болезней в России в XX веке. – М.: Медицина, 2003. – 589 с.
14. Анализ заболеваемости сибирской язвой в 2012 г., прогноз на 2013 г. / Е.И. Еременко, А.Г. Рязанова, Н.П. Буравцева, О.И. Цыганкова, Л.Ю. Аксенова [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. – 2013. – № 1. – С. 18–21.
15. Ситуация по сибирской язве в 2018 г., прогноз на 2019 г. / А.Г. Рязанова, Е.Б. Ежлова, Н.Д. Пакскина, О.В. Семенова, Л.Ю. Аксенова, Е.И. Еременко, Н.П. Буравцева, Т.М. Головинская [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. – 2019. – № 1. – С. 98–102. DOI: 10.21055/0370-1069-2019-1-98-102
16. Schmid G., Kaufmann A. Anthrax in Europe: its epidemiology, clinical characteristics, and role in bioterrorism // Clin Microbiol Infect. – 2002. – № 8. – P. 479–488. DOI: 10.1046/j.1469-0691.2002.00500.x
17. Anthrax in humans and animals. Fourth edition [Электронный ресурс]. – Geneva: World Health Organization, 2008. – P. 89–100. – URL: https://www.who.int/csr/resources/publications/anthrax_webs.pdf (дата обращения: 03.03.2019).
18. Modeling the geographic distribution of Bacillus anthracis, the causative agent of anthrax disease, for the contiguous United States using predictive ecological niche modeling / J.K. Blackburn, K.M. McNyset, M.E. Hugh-Jones, A. Curtis // Am. J. Trop. Med. Hyg. – 2007. – Vol. 77. – P. 1103–1110. DOI: 10.4269/ajtmh.16-0758
19. Van Ness G.B. Ecology of anthrax // Science. – 1971. – Vol. 172, № 3990. – P. 1303–1307. DOI: 10.1126/science.172.3990.1303
20. Bacillus anthracis, Bacillus cereus, and Bacillus thuringiensis – one species on the basis of genetic evidence / E. Helgason, O.A. Okstad, D.A. Caugant, H.A. Johansen, A. Fouet, M. Mock, I. Hegna, A.B. Kolsto // Applied and Environmental Microbiology. – 2000. – Vol. 66. – P. 2627–2630. DOI: 10.1128/aem.66.6.2627-2630.2000

Применение геоинформационных технологий для оценки эпизоотологической и эпидемиологической ситуации по сибирской язве / Е.Г. Симонова, А.А. Шабейкин, С.Р. Раичич, М.Н. Локтионова, С.А. Сабурова, М.А. Патяшина, В.И. Ладный, А.М. Гулюкин // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 3. – С. 74–82. DOI: 10.21668/health.risk/2019.3.09

GEOINFORMATION TECHNOLOGIES FOR ASSESSING EPIZOOTOLOGIC AND EPIDEMIOLOGIC SITUATION WITH ANTHRAX**E.G. Simonova^{1,2}, A.A. Shabeikin³, S.R. Raichich¹, M.N. Loktionova^{1,2}, S.A. Saburova¹, M.A. Patyashina⁴, V.I. Ladnyi¹, A.M. Gulyukin³**¹Central Research Institute of Epidemiology, 3A Novogireevskaya Str., Moscow, 111123, Russian Federation²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, bld. 2, 8 Trubetskaya Str., Moscow, 119991, Russian Federation³Ya. R. Kovalenko and K.I. Skryabin's Russian Scientific and Research Institute for Experimental Veterinary, 1 bld., 24 Ryazanskii Ave., Moscow, 109428, Russian Federation⁴Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, in the Republic of Tatarstan, 30 Bol'shaya Krasnaya Str., Kazan, 420111, Russian Federation

The article dwells on opportunities granted by application of geoinformation technologies in surveillance over anthrax, an infection that still remains rather dangerous. It was shown that, in spite of a decrease in incidence with anthrax among animals and people, risks persist on the RF territory; these risks are caused by residual activity in soil foci. A geoinformation system was applied to determine that at present areas where anthrax can be detected are predominantly located in forest-steppe zones, steppe zones, dry steppe zones, and Caucasian-Crimean mountain regions. 82 % of all the outbreaks detected in the 21st century occurred in these geographic zones. Unfavorable situation with anthrax seems to be clearly bound to territories with prevailing leached black earth, common black earth, mountain black earth, and mountain cinnamonic soil. Over the last years most anthrax outbreaks have occurred on these territories. All these territories were shown to have warm climate, with predominant stockbreeding in agriculture, as well as great numbers of cattle in private households; these cattle grazed freely on territories of natural foci with anthrax, and a lot of household work was handled manually. Territories that took leading places among unfavorable ones usually had a lot of households with cattle that nowadays remains a basic source of epidemiologic risk. We chose Tatarstan as a model region to show opportunities offered by a geoinformation system for improving epidemiologic surveillance over anthrax in relation to risk assessment. This territory was chosen due to high epizootologic activity and sporadic incidence among population detected there. We revealed risk territories in the region, determined basic reasons for unfavorable situation with anthrax as well as factors that made this situation even more complicated.

Key words: anthrax, soil focus, stationary unfavorable point, anthrax disposal, risk assessment, geoinformation system.

References

1. Cherkasskii B.L. Epidemiologiya i profilaktika sibirskoi yazyvu [Anthrax: epidemiology and prevention]. Moscow, Intersen Publ., 2002, 384 p. (in Russian).
2. Onishchenko G.G., Darmov I.V., Vasil'ev N.T., Kirillov I.A., Kikot' S.G., Borisevich S.V., Tumanov A.S., Bakulin M.K. [et al.] Sibirskaya yazyvu: aktual'nye problem razrabotki i vnedreniya meditsinskikh sredstv zashchity [Anthrax: vital issues related to development and implementation of medical protection]. In: G.G. Onishchenko, I.V. Darmov, S.V. Borisevich eds. 2-nd edition. Sergiev Posad, 2018, 591 p. (in Russian).

© Simonova E.G., Shabeikin A.A., Raichich S.R., Loktionova M.N., Saburova S.A., Patyashina M.A., Ladnyi V.I., Gulyukin A.M., 2019

Elena G. Simonova – Doctor of Medical Sciences, Professor at the Epidemiology Department, Leading researcher at the Laboratory for Epidemiology of Natural Foci Infections (e-mail: simonova_e_g@mail.ru; tel.: +7 (495) 602-12-75; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7179-9890>).

Aleksandr A. Shabeikin – Candidate of Veterinary Sciences, leading researcher at the Epizootology Laboratory (e-mail: viev@mail.ru; tel.: +7 (925) 504-64-87; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3413-8131>).

Stefan R. Raichich – junior researcher at the Laboratory for Epidemiology of Natural Foci Infections (e-mail: anthraxcrie@gmail.com; tel.: +7 (495) 672-11-73; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7734-7382>).

Marina N. Loktionova – Candidate of Medical Sciences, Associate professor at the Epidemiology Department, researcher at the Laboratory for Epidemiology of Natural Foci Infections (e-mail: anthraxcrie@gmail.com; tel.: +7 (903) 618-37-96; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1332-519X>).

Svetlana A. Saburova – Candidate of Medical Sciences, researcher at the Laboratory for Epidemiology of Natural Foci Infections (e-mail: anthraxcrie@gmail.com; tel.: +7 (495) 672-11-73; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9332-0526>).

Marina A. Patyashina – Doctor of Medical Sciences, Supervisor (e-mail: rpn.rt@tatar.ru; tel.: +7 (843) 238-98-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6302-3993>).

Viktor I. Ladnyi – researcher at the Laboratory for Epidemiology of Natural Foci Infections (e-mail: anthraxcrie@gmail.com; tel.: +7 (495) 672-11-73; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7525-8127>).

Aleksei M. Gulyukin – Candidate of Biological Sciences, Director (e-mail: admin@viev.r; tel.: +7 (495) 970-03-67; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2160-4770>).

3. Makarov V.V. Anthrax in the early 21st century. *Veterinariya*, 2017, no. 1, pp. 3–8 (in Russian).
4. Popova A.Yu., Ezhlova E.B., Demina Yu.V., Kulichenko A.N., Ryazanova A.G., Buravtseva N.P., Eremenko E.I., Dyatlov I.A. [et al.]. Ways to improve the epidemiological surveillance and control of anthrax in the Russian Federation. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2017, no. 1, pp. 84–88 (in Russian).
5. Clarke K.C., McLafferty S.L., Tempalski B.J. On epidemiology and geographic information systems: a review and discussion of future directions. *Emerg. Infect. Dis.*, 1996, no. 2, pp. 85–92. DOI: 10.3201/eid0202.960202
6. Curtis A.C., Blackburn J.K., Sansyrbayev Y. Using a geographic information system to spatially investigate infectious disease. In: M. Tibayrenc ed. *Encyclopedia of infectious diseases: modern methodologies*, London, John Wiley & Sons, Inc. Publ., Hoboken, New Jersey, 2007, 800 p.
7. Blackburn J.K. Integrating Geographic Information Systems and Ecological Niche Modeling into Disease Ecology: A Case Study of *Bacillus anthracis* in the United States and Mexico. *Emerging and Endemic Pathogens: Conference proceedings. Part of the NATO Science for Peace and Security Series A: Chemistry and Biology*. Dordrecht, Springer, 2010, pp. 59–88. DOI: 10.1007/978-90-481-9637-1_7
8. Simonova E.G., Kartavaya S.A., Titkov A.V., Loktionova M.N., Raichich S.R., Tolpin V.A., Lupyan E.A., Platonov A.E. Anthrax in the territory of Yamal: assessment of epizootiological and epidemiological risks. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2017, no. 1, pp. 89–93 (in Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2017-1-89-93
9. Selyaninov Yu.O., Egorova I.Yu., Kolbasov D.V., Listishenko A.A. Anthrax in Yamal: reemergence causes and diagnostic issues. *Veterinariya*, 2016, no. 10, pp. 3–7 (in Russian).
10. Simonova E.G., Raichich S.R., Kartavaya S.A., Loktionova M.N., Shabeikin A.A. Manifestation of Activity of Potentially Hazardous as regards Anthrax Areas across the Russian Federation under Current Conditions. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2018, no. 2, pp. 90–94 (in Russian).
11. Marinin L.I., Dyatlov I.A., Shishkova N.A., Gerasimov V.N. Sibireyazvennye skotomogil'niki: problem i resheniya [Burial grounds of cattle that contain anthrax: problems and solution to them]. Moscow, Dinastiya Publ., 2017, 216 p. (in Russian).
12. KadastrstatsionarnoneblagopoluchnykhposibirskoiyazvepunktovRossiiskoiFederatsii [The cadastre of territories in the RF that are stationary unfavorable in terms of anthrax]. In: B.L. Cherkasskii ed. Moscow, 2005, 829 p. (in Russian).
13. Pokrovskii V.I., Onishchenko G.G., Cherkasskii B.L. Evolyutsiya infektsionnykh boleznei v Rossii v XX veke [Evolution of infectious diseases in Russia in the 20th century]. Moscow, Meditsina Publ., 2003, 589 p. (in Russian).
14. Eremenko E.I., Ryazanova A.G., Buravtseva N.P., Tsygankova O.I., Aksenova L.Yu. [et al.]. Evaluation of Anthrax Morbidity Rate in 2012, Prognosis for 2013. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2013, no. 1, pp. 18–21 (in Russian).
15. Ryazanova A.G., Ezhlova E.B., Paskina N.D., Semenova O.V., Aksenova L.Y., Eremenko E.I., Buravtseva N.P., Golovinskaya T.M. [et al.]. Epidemiological Situation on Anthrax in 2018, the Forecast for 2019. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2019, no. 1, pp. 98–102 (in Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2019-1-98-102
16. Schmid G., Kaufmann A. Anthrax in Europe: its epidemiology, clinical characteristics, and role in bioterrorism. *Clin. Microbiol. Infect.*, 2002, no. 8, pp. 479–488. DOI: 10.1046/j.1469-0691.2002.00500.x
17. Anthrax in humans and animals. Fourth edition. P. Turnbull ed. Geneva, World Health Organization, 2008, pp. 89–100. Available at: https://www.who.int/csr/resources/publications/anthrax_webs.pdf (03.03.2019).
18. Blackburn J.K., McNyset K.M., Hugh-Jones M.E., Curtis A. Modeling the geographic distribution of *Bacillus anthracis*, the causative agent of anthrax disease, for the contiguous United States using predictive ecological niche modeling. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 2007, vol. 77, pp. 1103–1110. DOI: 10.4269/ajtmh.16-0758
19. Van Ness G.B. Ecology of anthrax. *Science*, 1971, vol. 172, no. 3990, pp. 1303–1307. DOI: 10.1126/science.172.3990.1303
20. Helgason E., Okstad O.A., Caugant D.A., Johansen H.A., Fouet A., Mock M., Hegna I., Kolsto A.B. *Bacillus anthracis*, *Bacillus cereus*, and *Bacillus thuringiensis* – one species on the basis of genetic evidence. *Applied and Environmental Microbiology*, 2000, vol. 66, pp. 2627–2630. DOI: 10.1128/aem.66.6.2627-2630.2000

Simonova E.G., Shabeikin A.A., Raichich S.R., Loktionova M.N., Saburova S.A., Patyashina M.A., Ladnyi V.I., Gulyukin A.M. Geoinformation technologies for assessing epizootologic and epidemiologic situation with anthrax. *Health Risk Analysis*, 2019, no. 3, pp. 74–82. DOI: 10.21668/health.risk/2019.3.09.eng

Получена: 19.03.2019

Принята: 08.08.2019

Опубликована: 30.09.2019