

Научная статья

СИБИРЕЯЗВЕННЫЕ ЗАХОРОНЕНИЯ – ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ УГРОЗА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КРИОЛИТОЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ

С.А. Иглоvский, В.В. Крячюнас

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова
УрО РАН, Россия, 163000, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, 109

За последнее время в РФ зарегистрирован ряд случаев заболевания животных и людей сибирской язвой. Фактором риска эпизоотологического неблагополучия по сибирской язве продолжают оставаться сибиреязвенные скотомогильники, состояние многих из них не соответствует требованиям санитарно-эпидемиологических правил, особенно в зоне развития многолетнемерзлых пород Европейского Севера России.

Осуществлено исследование состояния сибиреязвенных скотомогильников, особенно в условиях меняющегося климата и криолитозоны, и оценены перспективы их состояния в будущем. Это важно для коренного населения, проживающего в тундре и осуществляющего здесь выпас многотысячных стад оленей.

Для достижения этой цели решались следующие задачи. Был проведен предварительный анализ распространения сибиреязвенных скотомогильников на Европейском Севере России и мест, неблагополучных по сибирской язве. Месторасположение этих участков было сопоставлено с имеющимися материалами по современному развитию криолитозоны на Европейском Севере России. Необходимо было дать оценку предстоящих изменений криолитозоны и описать возникающие проблемы, связанные с распространением здесь сибиреязвенных скотомогильников, и предложить возможные пути их решения. За последние 50 лет значительные участки криолитозоны здесь протаяли на всю мощность или частично, особенно вблизи южной границы мерзлоты. Важно понять, в каком состоянии сейчас находятся сибиреязвенные скотомогильники в условиях меняющегося климата и оценить перспективы их состояния в будущем. Для недопущения возникновения чрезвычайных ситуаций в зоне активизации геокриологических процессов на территории скотомогильников необходимо провести превентивный комплекс температурных замеров, оценки геокриологической опасности, создать математические модели развития негативных событий, а также осуществить ряд противоэпидемических, противоэпизоотических и профилактических мероприятий.

Ключевые слова: сибиреязвенные скотомогильники, риски, криолитозона, сезонно-талый слой, деградация мерзлоты, протаивание, мониторинг.

За последнее время в России зарегистрирован ряд случаев заболевания животных и людей сибирской язвой. Причинами заболевания явились контакты с больными животными при проведении убоя без уведомления ветеринарной службы, при обработке туш и захоронении трупов животных, павших от сибирской язвы, при обработке зараженного мяса, при уходе за больными животными или при торговле мясом на рынках. Фактором риска эпизоотологического неблагополучия по сибирской язве продолжают оставаться сибиреязвенные скотомогильники, состояние многих из них не соответствует требованиям санитарно-эпидемиологических правил, что отмечено в работах [1–12], особенно в зоне развития многолетнемерзлых пород (ММП) и в зоне сезонного промерзания¹. Эти могильники могут быть подвержены разрушению в результате таяния мерзлоты. В 2016 г. эпидемиологическая об-

логического неблагополучия по сибирской язве продолжают оставаться сибиреязвенные скотомогильники, состояние многих из них не соответствует требованиям санитарно-эпидемиологических правил, что отмечено в работах [1–12], особенно в зоне развития многолетнемерзлых пород (ММП) и в зоне сезонного промерзания¹. Эти могильники могут быть подвержены разрушению в результате таяния мерзлоты. В 2016 г. эпидемиологическая об-

© Иглоvский С.А., Крячюнас В.В., 2021

Иглоvский Станислав Анатольевич – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: iglovskys@mail.ru; тел.: 8 (921) 240-80-08; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9675-455X>).

Крячюнас Вилас Винанто – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: vidas76@mail.ru; тел.: 8 (911) 068-15-76; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7437-381X>).

¹ Обзорная геокриологическая карта Большеземельской тундры (Республика Коми и Ненецкий автономный округ). Масштаб 1:1000000 / Г.Г. Осадчая, Н.В. Тумель, Т.Ю. Зенгина, Е.М. Лаптева // Отчет проекта ПРООН/ГЭФ/ЕС Укрепленные системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховьев р. Печора. – Сыктывкар: Изд-во Коми НЦ УрО РАН, 2015. – 112 с.

становка в РФ по сибирской язве осложнилась. В Ямальском районе Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) зарегистрирован очаг сибирской язвы, сформировавшийся на фоне крупной эпизоотии среди оленей [13, 14]. Эпизоотии сибирской язвы среди сельскохозяйственных и диких животных ежегодно регистрируются в странах Азии, Африки и Южной Америки, зачастую приводя к масштабным вспышкам среди людей. Крупная вспышка сибирской язвы отмечена в мае-июне 2017 г. в Индии, Пакистане и Бангладеш [15]. Заболевания животных сибирской язвой обусловлены в основном выпасом их на санитарно-защитных территориях сибирезвенных скотомогильников и заготовкой кормов на территориях скотомогильников. Также особое значение имеет вакцинация поголовья и его полный охват. Потенциал инфекции поддерживается существованием значительного количества почвенных очагов, которые проявляют себя в течение продолжительного времени периодическими вспышками среди сельскохозяйственных животных и людей. Но наибольшую угрозу для людей и животных представляют сибирезвенные скотомогильники. На территории России расположено порядка 35 тысяч стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктов с почвенными очагами, причем из которых 7940 – скотомогильники [9].

За последние 50 лет значительные участки криолитозоны на Европейском Севере России протаяли на всю мощность или частично, особенно вблизи южной границы мерзлоты.

Цель исследования – понять, в каком состоянии сейчас находятся здесь сибирезвенные скотомогильники, особенно в условиях меняющегося климата и криолитозоны, и оценить перспективы их состояния в будущем. Это важно для коренного населения, проживающего в тундре и осуществляющего здесь выпас многотысячных стад оленей. Для достижения этой цели решались следующие задачи. Проведен предварительный анализ распространения сибирезвенных скотомогильников на Европейском Севере России и мест, неблагополучных по сибирской язве. Месторасположение этих участков, частично отображенных на эпизоотической карте Ненецкого автономного округа², было сопоставлено с имеющимися материалами по современному развитию криолитозоны на Европейском Севере России¹ [16–21]. Необходимо было дать оценку предстоящих изменений криолитозоны и описать возникающие проблемы, связанные с распространением здесь сибирезвенных скотомогильников, и предложить возможные пути их решения.

Материалы и методы. На основании картографического анализа ряда мерзлотных карт, построенных по фактическим и спрогнозированным данным, можно сделать вывод о произошедшей зна-

чительной «перестройке» геокриологических условий Европейского Севера России [16–21]. Она выразилась в отступании к северу на десятки километров южных границ криолитозоны и зоны сплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП), а также в значительном увеличении мощности несквозных таликов, существовавших до указанного периода, и в сокращении площади ММП за счет возникновения новых таликов, значительном повышении температуры ММП и развитии термокарстовых просадок [17, 22, 23]. Деграция ММП, спрогнозированная к 2020 г., проявится значительно слабее, чем за 1970–2005 гг. Но после 2020 гг. можно ожидать усиления в сравнении с прогнозом деграции ММП за счет отепляющего эффекта возрастающей эмиссии парниковых газов из мерзлоты [24].

Результаты и их обсуждение. Одной из важнейших характеристик, определяющих современное состояние криолитозоны, является ее температура. Так, наибольшие изменения температур ММП (повышение на 0,6–1 °С) происходят в восточной части Ненецкого автономного округа (НАО) и Республики Коми (Урал, Пай-Хой). Здесь следует уделить внимание состоянию неблагополучных по сибирской язве районов: бассейнам рек Малая Уса, Большая Сыръяга, Хальмершор (Республика Коми), Юнкошор, окрестностям Карской губы, р. Табью (НАО) [19].

Повышение температуры ММП на 0,4–0,6 °С затрагивает территории к востоку от линии р. Порчтывыс – р. Сядэйю. Здесь также существуют неблагополучные по сибирской язве территории. Это бассейны рек Порчтывыс, Сядэйю, Адзвы, Пяйю, окрестности Вашуткиных озер, реки Савайю, Сянаю, Ярейю, Юнкошор.

Повышение температуры ММП на 0,2–0,4 °С захватывало практически всю территорию НАО за исключением побережья Печорской губы, Баренцева моря, где температура изменится незначительно – до 0,2 °С. Так, на стационаре Болванский тренд возрастания среднегодовой температуры пород для различных ландшафтов в среднем составило 0,04 °С в год. В 1980-е гг. среднегодовая температура ММП на глубине 10 м изменялась от –0,8 до –2,5 °С, а затем повысилась на 0,2...1,2 °С, при этом диапазон изменения среднегодовой температуры ММП в различных ландшафтах сократился почти в три раза и составляет в настоящее время –0,6...–1,2 °С. В зоне южной тундры на площадке стационара Болванский начиная с 2000 г. отмечается увеличение мощности протаивания сезонно-талого слоя с 1,2 м (2000 г.) до 1,8 м (2016 г.), что превышает глубину потенциального промерзания для этого района (началось опускание кровли мерзлоты) [21]. Глубина протаивания в период с 2005 по 2020 г. составила в районе Вашуткиных озер, западной части бассейна р. Адзвы –

² Эпизоотическая карта Ненецкого автономного округа. – Нарьян-Мар: ОГУ НАО Ненецкий информационно-аналитический центр, 2010.

от 1 до 2 м, р. Коратаиха – до 1 м, р. Юнъяха, Ярэйю – до 2 м, р. Юнкошор – от 2 до 4 м, в районе Карской губы – до 1 м, р. Табь-Ю – до 1 м.

На севере НАО (побережье Баренцева и Карского морей) возможны единичные случаи появления таликовых зон в местах неблагоприятных по сибирской язве. Это зона к югу от Болванской губы, бассейн р. Урерьяха, бассейн р. Юнкошор, окрестности п. Амдермы (глубина протаивания до 1 м).

Мерзлотно-картографический анализ позволяет констатировать следующее. Во-первых, за период с 1970 по 2020 г. произошло существенное сокращение площади голоценовых ММП, распространенных с земной поверхности и полностью протаявших в самых южных районах, что следует учитывать при оценке сибирезвенных скотомогильников. В результате южная граница развития этих ММП сместилась к северу в основном на 30–40 км в Печорской низменности и на полуострове Канин, на полярных равнинах Приуралья – до 80 км [18, 19]. Во-вторых, возникли многочисленные снежниковые несквозные талики на междуречьях зоны сплошного и южных площадях зоны сплошного распространения ММП. Этот факт в сочетании с повышением температуры сливающихся ММП до минус 2 °С и теплее позволяет констатировать смещение к северу границы зон сплошного и несплошного распространения ММП: на 15–20 км в равнинной тундре и на многие десятки километров в Приуралье и на Пай-Хое [18]. В-третьих, почти повсеместное повышение температуры ММП обусловило столь же почти повсеместную активизацию процессов термокарста в пределах ландшафтов, сложенных четвертичными минеральными отложениями [20].

Анализируя ситуацию по распространению ММП и сибирской язвы в НАО в период с 1970 по 2010 г., можно сделать следующие предположения о дальнейшем развитии. Довольно большую площадь в НАО на границе с Республикой Коми занимали участки на песчаных отложениях, на которых долгое время существовали ММП. В период с 1970 по 2020 г. они практически протаяли на всю мощность либо частично. В эту зону попадает территория к юго-востоку от г. Нарьян-Мара, на которой отмечены участки распространения сибирской язвы. Это собственно окрестности г. Нарьян-Мар, бассейны рек Куи, Войвож, Белая-Ю, Нюрбейн-Ю, Хальмер-Ю, Колва, Колвавис, Пайвис, Нерую, Воулэсью, Харугаю, Левый Фома-Ю. На этой территории существенно изменилась геокриологическая ситуация. Увеличилась обводненность и заболоченность территории, активизировались криогенные процессы. Большая часть зоны сплошного распространения ММП в НАО (по линии Нарьян-Мар – Вашуткины озера по 68 °с.ш.) за период с 1970 по 2020 г. трансформировалась в зону несплошного их распространения, что выразилось в появлении таликовых зон. Так, в бассейне р. Тэдиньяха, Пэхэхэяха, Урэнъяха (неблагоприятных по сибирской язве) глубина протаивания

в период с 1970 по 2020 г. составила от 6 до 8 м, в районе Вашуткиных озер – от 4 до 6 м, западная часть бассейна р. Адзъва – от 8 до 9 м, р. Коратаиха – от 5 до 7 м, р. Юнъяха, Ярэйю – от 6 до 10 м, р. Юнкошор – от 6 до 12 м, в районе Карской губы – от 5 до 7 м, р. Табь-Ю – от 4 до 6 м.

В Архангельской области в зоне сезонного промерзания заболевания людей сибирской язвой не регистрируются более 80 лет [25]. Последнее заболевание сибирской язвой среди животных (свиньи) было зарегистрировано в 1984 г. в поселке Уйма Приморского района. В Архангельской области имеется 24 сибирезвенных скотомогильника. Хозяйственная принадлежность не определена у восьми скотомогильников, в том числе четырех в Красноборском районе, двух в Няндомском районе, по одному в Онежском и Пинежском районах. Неблагополучная эпизоотологическая ситуация по сибирской язве создает угрозу завоза больных животных, сырья и продуктов животноводства, содержащих споры возбудителя сибирской язвы, на территорию Архангельской области.

Сегодня на территории Архангельской области находится 113 скотомогильников (биотермических ям), в том числе сибирезвенных захоронений – 24. Все сибирезвенные захоронения соответствуют требованиям ветеринарно-санитарных правил. На данный момент как в РФ, так и в Архангельской области ведется полноценная кропотливая работа по поддержанию в надлежащем ветеринарно-санитарном состоянии сибирезвенных захоронений и биотермических ям. В стационарно неблагоприятных по сибирской язве пунктах проводится вакцинация животных против сибирской язвы (таблица).

Выводы. Таким образом, необходимо продолжение проведения комплексных мониторинговых исследований сибирезвенных скотомогильников на потенциально опасных участках активизации геокриологических процессов [14, 19, 26]. Наличие ряда незарегистрированных скотомогильников может привести к увеличению эпидемических вспышек заболевания, примером чему является чрезвычайная ситуация, случившаяся в ЯНАО. Для снижения риска следует провести географическую привязку незарегистрированных скотомогильников, как это было сделано для Ставропольского края с использованием геоинформационной системы [27].

В настоящий момент происходит значительное изменение геокриологических условий Европейского Севера России. На десятки километров отступает южная граница криолитозоны и зоны сплошного распространения ММП [28]. Значительно увеличивается мощность несквозных таликов, существовавших ранее, и происходит сокращение площади ММП за счет возникновения новых таликов, значительное повышение температуры ММП и развитие термокарстовых просадок, что может вызвать разрушение сибирезвенных скотомогильников, особенно в уязвимой тундровой зоне, как в зоне много-

Муниципальные образования Архангельской области, на территории которых имеются сибирезвенные скотомогильники (по состоянию на 20.03.2009)

Муниципальное образование	Общее количество захоронений		Скотомогильники		
	место не установлено	место не установлено	закрытые	действующие	сибирезвенные
г. Архангельск	1	–	–	–	–
Вельский	7	19	11	8	9
Верхнетоемский	–	15	11	4	–
Вилегодский	–	7	–	7	–
Виноградовский	–	7	4	3	1
Каргопольский	8	10	2	8	–
Коношский	1	3	2	1	2
Котласский	1	6	2	4	1
Красноборский	11	11	4	7	4
Ленский	–	3	2	1	–
Лешуконский	–	7	–	7	–
Мезенский	–	8	1	4	1
Нядомский	2	5	2	3	2
Онежский	–	2	1	1	1
Пинежский	–	1	1	–	1
Плесецкий	2	8	2	6	–
Приморский	–	4	–	4	–
Устьянский	2	5	1	4	–
Холмогорский	–	12	3	9	1
Шенкурский	–	20	7	13	1
Всего	35	150	56	94	24
Ненецкий автономный округ	19	–	–	–	–

летнемерзлых пород, так и в зоне сезонного промерзания, где происходят ежегодные многотысячные миграции северных оленей с севера на юг и обратно, и привести к высвобождению из оттаявших слоев спор сибирской язвы. Одной из важных проблем является низкая осведомленность коренного населения тундры о рисках, связанных с сибирской язвой. Кроме того, деградация мерзлоты в сочетании с факторами, связанными с деятельностью человека (например, добычей нефти и газа), меняют традиционное культурное наследие коренных оленеводческих общин, что может привести к изменению маршрутов и срока выпаса оленей. При комплексном мониторинге необходимо оценивать передвижения оленеводческих общин, маршруты миграции животных, перемещение спор сибирской язвы в сезонно-талый слой, вызванное деградацией мерзлоты. Такой подход в сочетании с мониторингом состояния сезонно-талого слоя и мерзлоты в районах наибольшего риска, наряду с исследованиями процессов заражения сибирской

язвой на Европейском Севере России, может быть полезен лицам, принимающим решения в Арктических регионах в области охраны окружающей среды и здоровья населения. Для недопущения возникновения чрезвычайных ситуаций в зоне активизации геокриологических процессов на территории скотомогильников следует осуществить превентивный комплекс температурных замеров, оценки геокриологической опасности, создание математических моделей развития негативных событий, а также ряд противоэпидемических, противозооотических и профилактических мероприятий.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-77-10057 «Диагностика деградации мерзлоты на базе изотопных трассеров ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$, $\delta^{18}\text{O}+\delta^{2}\text{H}$, $\delta^{13}\text{C}+^{14}\text{C}$)», руководитель проекта канд. геол.-мин. наук Е.Ю. Яковлев.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Гаврилов В.А. Биологическая опасность сибирезвенных скотомогильников и перспективы решения существующей проблемы // Жизнь без опасностей. Здоровье. Профилактика. Долголетие. – 2008. – № 4–1. – С. 81–84.
2. Bulgakova T. Climate change, vulnerability and adaptation among Nenets reindeer herders // Community Adaptation and Vulnerability in Arctic Regions. – 2010. – P. 83–105. DOI: 10.1007/978-90-481-9174-1
3. Revich B.A., Podolnaya M.A. Thawing of permafrost may disturb historic cattle burial grounds in East Siberia // Glob. Health Action. – 2011. – № 4. – P. 8482. DOI: 10.3402/gha.v4i0.8482
4. Revich B., Tokarevich N., Parkinson A.J. Climate change and zoonotic infections in the Russian Arctic // Int. J. Circumpolar Health. – 2012. – № 71. – P. 18792. DOI: 10.3402/ijch.v71i0.18792
5. Сибирезвенные скотомогильники на территории РФ и их биологическая безопасность / Е.Г. Симонова, В.В. Галкин, М.Н. Локтионова, В.И. Ладный // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2010. – № 4. – С. 23–26.
6. Эпидемиологическая опасность сибирезвенных захоронений: теоретико-методологические аспекты / Е.Г. Симонова, С.А. Картава, М.Н. Локтионова, В.И. Ладный // Медицина в Кузбассе. – 2013. – Т. 12, № 2. – С. 26–31.

7. Kangbai J., Momoh E. Anthropogenic climatic change risks a global anthrax outbreak: a short communication // *J. Trop. Dis.* – 2017. – Vol. 5, № 4. – P. 2. DOI: 10.4172/2329-891X.1000244
8. Walsh M.G., de Smalen A.W., Mor S.M. Climatic influence on anthrax suitability in warming northern latitudes // *Sci. Rep.* – 2018. – Vol. 18, № 8 (1). – P. 9269. DOI: 10.1038/s41598-018-27604-w
9. Ковальчук Н.А. Сибиреязвенные скотомогильники: актуальные проблемы // *Известия Российской Военно-медицинской академии.* – 2019. – Т. 1, № S1. – С. 214–216.
10. Совершенствование методических подходов к обследованию сибиреязвенных захоронений и скотомогильников / З.Ф. Дугаржапова, М.В. Чеснокова, Т.А. Иванова, С.А. Косилко, С.В. Балахонов // *Проблемы особо опасных инфекций.* – 2019. – № 4. – С. 41–47.
11. Эпизоотолого-эпидемиологический мониторинг сибирской язвы в арктической и восточной зонах Якутии / Г.Т. Дягилев, В.Ф. Чернявский, И.Я. Егоров, О.Н. Софронова, О.И. Никифоров // *Природные ресурсы Арктики и Субарктики.* – 2019. – Т. 24, № 2. – С. 95–105.
12. Factors Contributing to Anthrax Outbreaks in the Circumpolar North / K. Hueffer, D. Drown, V. Romanovsky, T. Hennessy // *EcoHealth.* – 2020. – Vol. 17. – P. 174–180. DOI: 10.1007/s10393-020-01474-z
13. Селянинов Ю.О., Егорова И.Ю., Колбасов Д.В. Сибирская язва на Ямале: причины возникновения и проблемы диагностики // *Ветеринария.* – 2016. – № 10. – С. 3–7.
14. Сибирская язва на Ямале: итоги ликвидации последствий чрезвычайной ситуации / Т.Г. Суранова, В.И. Прошин, В.В. Семиног, Н.Г. Горячева, П.В. Авитисов // *Медицина катастроф.* – 2017. – Т. 97, № 1. – С. 38–42.
15. Теребова С.В. Мониторинговые исследования вспышек сибирской язвы // *Аграрный вестник Приморья.* – 2017. – Т. 8, № 4. – С. 42–47.
16. Oberman N.G., Mazhitova G.G. Permafrost dynamics in the northeast of European Russia at the end of the 20th century // *Norsk Geografi sk Tidsskrift.* – 2001. – Vol. 4, № 55. – P. 241–244. DOI: 10.1080/00291950152746595
17. Вечная мерзлота и освоение нефтегазоносных районов / под ред. Е.С. Мельникова, С.Е. Гречищева. – М.: ГЕОС. – 2002. – 402 с.
18. Оберман Н.Г., Шеслер И.Г. Современные и прогнозируемые изменения мерзлотных условий Европейского северо-востока Российской Федерации // *Проблемы Севера и Арктики Российской Федерации: научно-информационный бюллетень.* – 2009. – № 9. – С. 96–106.
19. Iglovsky S.A. Anthropogenic changes of permafrost in the European north and their consequences // *Water Resources.* – 2014. – Vol. 41, № 7. – P. 865–871. DOI: 10.1134/S0097807814070069
20. Осадчая Г.Г., Тумель Н.В., Королева А.М. Морфологическая структура криогенных ландшафтов Большеземельской тундры // *Криосфера Земли.* – 2016. – Т. 20, № 3. – С. 14–23.
21. Деградация мерзлоты: результаты многолетнего геокриологического мониторинга в западном секторе российской Арктики / А.А. Васильев, А.Г. Гравис, А.А. Губарьков, Д.С. Дроздов, Ю.В. Коростелев, Г.В. Малкова, Г.Е. Облогов [и др.] // *Криосфера земли.* – 2020. – Т. 24, № 2. – С. 15–30.
22. Перельштейн Г.З., Павлов А.В., Буйских А.А. Изменения криолитозоны в условиях современного климата // *Геоэкология.* – 2006. – № 4. – С. 305–312.
23. Permafrost is warming at a global scale / B.K. Biskaborn, S.L. Smith, J. Noetzli, H. Matthes, G. Vieira, D.A. Streletskiy, P. Schoeneich [et al.] // *Nature Communication.* – 2019. – Vol. 16, № 10 (1). – P. 264. DOI: 10.1038/s41467-018-08240-4
24. Permafrost collapse is accelerating carbon release / M.R. Turetsky, B.W. Abbott, M.C. Jones, K. Walter Anthony, D. Olefeldt, E.A.G. Schuur, C. Koven [et al.] // *Nature.* – 2019. – Vol. 569, № 7754. – P. 32–34. DOI: 10.1038/d41586-019-01313-4
25. Игловский С.А., Шаврина Е.В., Шварцман Ю.Г. Развитие геокриогенных процессов на территории Беломорско-Кулойского плато Архангельской области // *Материалы научно-практической конференции, посвященной 25-летию ГПЗП Архангельск.* – 1999. – С. 52–54.
26. Permafrost dynamics and the risk of anthrax transmission: a modelling study / E. Stella, L. Mari, J. Gabrieli, E. Bertuzzo // *Sci. Rep.* – 2020. – № 10. – P. 16460. DOI: 10.1038/s41598-020-72440-6
27. Использование геоинформационных систем для создания электронной базы данных сибиреязвенных захоронений на территории Ставропольского края / Н.П. Буравцева, В.М. Мезенцев, А.Г. Рязанова, Т.М. Головинская, Д.Ю. Дегтярев, А.Н. Пазенко, О.И. Семенова, А.Н. Куличенко // *Проблемы особо опасных инфекций.* – 2019. – № 4. – P. 31–36.
28. Оберман Н.Г., Лыгин А.М. Прогнозирование деградации многолетнемерзлых пород на примере Европейского Северо-востока страны // *Разведка и охрана недр.* – 2009. – № 7. – С. 15–20.

Игловский С.А., Кряучюнас В.В. Сибиреязвенные захоронения – потенциальная угроза при изменении криолитозоны Европейского Севера России // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 1. – С. 108–114. DOI: 10.21668/health.risk/2021.1.11

Research article

ANTHRAX CATTLE BURIALS AS A POTENTIAL THREAT CAUSED BY CHANGES IN CRYOLITE ZONES IN THE NORTHERN EUROPEAN PART OF RUSSIA**S.A. Iglovsky, V.V. Kriauciunas**

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 109 Naberezhnaya Severnoi Dviny, Arkhangel'sk, 163000, Russian Federation

Over recent years there have been registered anthrax cases among animals and people in Russia. Anthrax cattle burials remain a basic risk factor that causes epizootic deterioration. A lot of such burials do not correspond to sanitary-epidemiologic requirements especially those located in zones where long-term frozen rocks are now being developed in the northern European part of the country.

Our research goal was to examine a situation with anthrax cattle burials in the chosen regions, especially bearing in mind climatic changes and changes in cryolite zones as well as to assess future prospects regarding them. It is especially vital for native people who live in tundra and breed their numerous deer herds there.

To achieve the goal, several tasks were accomplished. First, we performed preliminary analysis of anthrax cattle burials distribution in the northern European part of the country and places that were unfavorable as per anthrax. Then, locations of such zones were compared with available data on contemporary development of the cryolite zone in the northern European part of the country. It was necessary to assess future changes in the cryolite zone and describe occurring problems related to anthrax cattle burials being widely spread there as well as to suggest possible ways to solve them. Over the last 50 years considerable spots in the cryolite zone have thawed through completely or partially, especially in an area close to the south border of frozen earth. It is important to know an actual situation with anthrax cattle burials given changing climatic conditions and to assess their future prospects. In order to prevent emergencies in zones where geocryological processes have been activated it is necessary to measure temperature on anthrax cattle burials territories, to assess geocryological threats, to create mathematical models for probable negative events occurrence, as well as to accomplish certain anti-epidemic, anti-epizootic, and preventive activities.

Key words: anthrax cattle burials, risks, cryolite zone, seasonal-thawed layer, frozen earth degradation, thawing through, monitoring.

References

1. Gavrilov V.A. Biologicheskaya opasnost' sibiriyazvennykh skotomogil'nikov i perspektivy resheniya sushchestvuyushchei problemy [Biological threat caused by anthrax cattle burials and prospects of finding solution to the existing problem]. *Zhizn' bez opasnostei. Zdorov'e. Profilaktika. Dolgoletie*, 2008, no. 4–1, pp. 81–84 (in Russian).
2. Bulgakova T. Climate change, vulnerability and adaptation among Nenets reindeer herders. *Community Adaptation and Vulnerability in Arctic Region*, 2010, pp. 83–105. DOI: 10.1007/978-90-481-9174-1
3. Revich B.A., Podolnaya M.A. Thawing of permafrost may disturb historic cattle burial grounds in East Siberia. *Glob. Health Action*, 2011, no. 4, pp. 8482. DOI: 10.3402/gha.v4i0.8482
4. Revich B., Tokarevich N., Parkinson A.J. Climate change and zoonotic infections in the Russian Arctic. *Int. J. Circumpolar Health*, 2012, no. 71, pp. 18792. DOI: 10.3402/ijch.v71i0.18792
5. Simonova E.G., Galkin V.V., Loktionova M.N., Ladnyi V.I. Anthrax cattle burial grounds in Russia and their bio-safety. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*, 2010, no. 4, pp. 23–26 (in Russian).
6. Simonova E.G., Kartavaya S.A., Loktionova M.N., Ladnyi V.I. Epidemiological hazard of anthrax animal burials: theoretical and methodological aspects. *Medsitsina v Kuzbasse*, 2013, vol. 12, no. 2, pp. 26–31 (in Russian).
7. Kangbai J., Momoh E. Anthropogenic climatic change risks a global anthrax outbreak: a short communication. *J. Trop. Dis*, 2017, vol. 5, no. 4, pp. 2. DOI: 10.4172/2329-891X.1000244
8. Walsh M.G., de Smalen A.W., Mor S.M. Climatic influence on anthrax suitability in warming northern latitudes. *Sci. Rep.*, 2018, vol. 18, no.8 (1), pp. 9269. DOI: 10.1038/s41598-018-27604-w
9. Koval'chuk N.A. Siberian cattle burial grounds: actual problems. *Izvestiya Rossiiskoi Voenno-meditsinskoi akademii*, 2019, vol. 1, no. S1, pp. 214–216 (in Russian).

© Iglovsky S.A., Kriauciunas V.V., 2021

Stanislav A. Iglovsky – Candidate of Geographical Sciences, Leading researcher (e-mail: iglovskys@mail.ru; tel.: +7 (921) 240-80-08; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9675-455X>).Vidas V. Kriauciunas – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading researcher (e-mail: vidas76@mail.ru; tel.: +7 (911) 068-15-76; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7437-381X>).

10. Dugarzhapova Z.F., Chesnokova M.V., Ivanova T.A., Kosilko S.A., Balakhonov S.V. Improvement of methodical approaches to investigation of anthrax burials and animal burial sites. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2019, no. 4, pp. 41–47 (in Russian).
11. Dyagilev G.T., Chernyavskii V.F., Egorov I.Ya., Sofronova O.N., Nikiforov O.I. Epizootological and epidemiological monitoring of anthrax in the arctic and eastern zones of Yakutia. *Prirodnye resursy Arktiki i Subarktiki*, 2019, vol. 24, no. 2, pp. 95–105 (in Russian).
12. Hueffer K., Drown D., Romanovsky V., Hennessy T. Factors Contributing to Anthrax Outbreaks in the Circumpolar North. *EcoHealth*, 2020, vol. 17, pp. 174–180. DOI: 10.1007/s10393-020-01474-z
13. Selyaninov Yu.O., Egorova I.Yu., Kolbasov D.V. Anthrax in Yamal: reemergence causes and diagnostic issues. *Veterinariya*, 2016, no. 10, pp. 3–7 (in Russian).
14. Suranova T.G., Prosin V.I., Seminog V.V., Goryacheva N.G., Avitsov P.V. Anthrax P.V. in Yamal: results of liquidation of consequences of emergency situation. *Meditsina katastrof*, 2017, vol. 97, no. 1, pp. 38–42 (in Russian).
15. Terebova S.V. The monitoring of anthrax outbreaks. *Agrarnyi vestnik Primor'ya*, 2017, vol. 8, no. 4, pp. 42–47 (in Russian).
16. Oberman N.G., Mazhitova G.G. Permafrost dynamics in the north east of European Russia at the end of the 20th century. *Norsk Geografisk Tidsskrift*, 2001, vol. 4, no. 55, pp. 241–244. DOI: 10.1080/00291950152746595
17. Vechnaya merzlota i osvoenie neftegazonosnykh raionov [Frozen earth and oil-and-gas-bearing regions development]. In: E.S. Mel'nikova, S.E. Grechishcheva eds. Moscow, GEOS Publ., 2002, 402 p. (in Russian).
18. Oberman N.G., Shesler I.G. Sovremennye i prognoziruemye izmeneniya merzlotnykh uslovii Evropeiskogo severovostoka Rossiiskoi Federatsii [Contemporary and predicted changes in frozen earth in the north-east European part of the RF]. *Problemy Severa i Arktiki Rossiiskoi Federatsii: nauchno-informatsionnyi byulleten'*, 2009, no. 9, pp. 96–106 (in Russian).
19. Iglovsky S.A. Anthropogenic changes of permafrost in the European north and their consequences. *Water Resources*, 2014, vol. 41, no. 7, pp. 865–871. DOI: 10.1134/S0097807814070069
20. Osadchaya G.G., Tumel' N.V., Koroleva A.M. Morphological structure of cryogenic landscapes of the Bolshezemel'skaya tundra. *Kriosfera Zemli*, 2016, vol. 20, no. 3, pp. 14–23 (in Russian).
21. Vasil'ev A.A., Gravis A.G., Gubar'kov A.A., Drozdov D.S., Korostelev Yu.V., Malkova G.V., Oblgov G.E. [et al.]. Permafrost degradation: results of the long-term geocryological monitoring in the western sector of Russian Arctic. *Kriosfera zemli*, 2020, vol. 24, no. 2, pp. 15–30 (in Russian).
22. Perel'shtein G.Z., Pavlov A.V., Buiskikh A.A. Changes in the permafrost zone upon the modern climate warming. *Geokologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*, 2006, no. 4, pp. 305–312 (in Russian).
23. Biskaborn B.K., Smith S.L., Noetzi J., Matthes H., Vieira G., Streletskiy D.A., Schoeneich P. [et al.]. Permafrost is warming at a global scale. *Nature Communication*, 2019, vol. 16, no. 10 (1), pp. 264. DOI: 10.1038/s41467-018-08240-4
24. Turetsky M.R., Abbott B.W., Jones M.C., Walter Anthony K., Olefeldt D., Schuur E.A.G., Koven C. [et al.]. Permafrost collapse is accelerating carbon release. *Nature*, 2019, vol. 569, no. 7754, pp. 32–34. DOI: 10.1038/d41586-019-01313-4
25. Iglovskii S.A., Shavrina E.V., Shvartsman Yu.G. Razvitiye geokriogennykh protsessov na territorii Belomorsko-Kuloiskogo plato Arkhangel'skoi oblasti [Geocryological processes development on the Belomorsko-Kuloyskoye plateau in Arkhangel'sk region]. *Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 25-letiyu GPZP Arkhangel'sk*, 1999, pp. 52–54 (in Russian).
26. Stella E., Mari L., Gabrieli J., Bertuzzo E. Permafrost dynamics and the risk of anthrax transmission: a modelling study. *Sci. Rep.*, 2020, no. 10, pp. 16460. DOI: 10.1038/s41598-020-72440-6
27. Buravtseva N.P., Mezentshev V.M., Ryazanova A.G., Golovinskaya T.M., Degtyarev D.Yu., Pazenko A.N., Semenova O.I., Kulichenko A.N. Use of geographic information systems for creation of electronic database of anthrax burial sites in the Stavropol territory. *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2019, no. 4, pp. 31–36 (in Russian).
28. Oberman N.G., Lygin A.M. Prognosis of the degradation of permafrost in an example of European north-east of Russia. *Razvedka i okhrana nedr*, 2009, no. 7, pp. 15–20 (in Russian).

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: 10.21668/health.risk2021.1.11.eng

Получена: 04.12.2020

Принята: 03.03.2021

Опубликована: 30.03.2021