

ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

✉ ¹Неустроев М.П., ²Донченко А.С., ¹Тарабукина Н.П.

¹Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова – обособленное подразделение Якутского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук

Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: mneyc@mail.ru

Представлены результаты исследований по изучению экологии возбудителей инфекционных болезней в условиях вечной мерзлоты. Работа проведена в лабораторных условиях и в коневодческих хозяйствах Республики Саха (Якутия), расположенных в зоне вечной мерзлоты. Выделение и идентификацию патогенных и условно-патогенных микроорганизмов проводили общепринятыми методами, используемыми в микробиологической практике. Выживаемость микроорганизмов изучали методами ветеринарной санитарии. Проведенные исследования показали, что сроки выживаемости некоторых микроорганизмов на объектах внешней среды в условиях вечной мерзлоты в 2–3 раза превышают сроки сохранения жизнеспособности аналогичных микроорганизмов в южных и европейских территориях России и за рубежом. При изучении микробной контаминации и сроков выживаемости микроорганизмов установлено значительное содержание аэробных спорообразующих бактерий (более 2×10^6 КОЕ/г) в мерзлотных почвах Центральной Якутии. Выделение жизнеспособных бактерий рода *Bacillus* из представителей мамонтовой фауны, сохранившихся в многолетних мерзлых грунтах (возраст 30–40 тыс. лет), доказывает роль вечной мерзлоты в сохранении бактерий плейстоценового периода. Вечная мерзлота способствует длительному сохранению очагов и факторов передачи возбудителей инфекционных болезней. Выделение с поверхностей ледников и от диких животных возбудителей иерсиниозов указывает на опасность контаминации продуктов питания при хранении и употреблении. Установление циркуляции возбудителей вирусных болезней среди северных оленей предполагает роль перелетных птиц в распространении инфекционных болезней. Актуальным остается изучение эпизоотологии сибирской язвы. Знание сроков выживаемости микроорганизмов на объектах внешней среды в экстремальных условиях Крайнего Севера и изучение микробиоты диких животных, перелетных птиц необходимы для оптимизации противоэпизоотических и эпидемиологических мероприятий в профилактике или ликвидации инфекционных болезней человека и животных.

Ключевые слова: микробы, выживаемость, возбудитель, вечная мерзлота, инфекционная болезнь

ECOLOGY OF MICROORGANISMS IN THE CONDITIONS OF PERMAFROST

✉ ¹Neustroev M.P., ²Donchenko A.S., ²Tarabukina N.P.

¹M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture – Branch of the Federal Research Centre “The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences” Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia

²Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of Russian Academy of Sciences Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: mneyc@mail.ru

The results of research into the ecology of pathogens of infectious diseases in permafrost conditions are presented. The work was carried out in laboratory conditions and horse breeding farms of the Republic of Sakha (Yakutia), located in the permafrost zone. Isolation and identification of pathogenic and conditionally pathogenic microorganisms were carried out by generally accepted methods used in microbiological practice. The survival rate of microorganisms was studied by methods of veterinary sanitation. The studies conducted showed that the survival time of some

microorganisms on the objects of the environment in permafrost conditions is 2-3 times longer than the survival time of similar microorganisms in the southern and European territories of Russia and abroad. When studying microbial contamination and the survival time of microorganisms, a significant content of aerobic spore-forming bacteria (more than 2×10^6 CFU/g) in permafrost soils of Central Yakutia was established. Isolation of viable bacteria of the genus *Bacillus* from representatives of mammoth fauna preserved in permafrost soils (age 30–40 thousand years) proves the role of permafrost in the preservation of bacteria of the Pleistocene period. Permafrost contributes to the long-term preservation of foci and transmission factors of pathogens of infectious diseases. Isolation of pathogens of yersiniosis from the surfaces of glaciers and from wild animals indicates the danger of contamination of food during storage and consumption. The establishment of the circulation of pathogens of viral diseases among reindeer suggests the role of migratory birds in the spread of infectious diseases. The study of the epizootology of anthrax remains relevant. Knowledge of the survival time of microorganisms on the objects of the environment in the extreme conditions of the Far North and the study of the microbiota of wild animals and migratory birds are necessary to optimize antiepidemic and epidemiological measures in the prevention or elimination of infectious diseases in humans and animals.

Keywords: microbes, survival, pathogen, permafrost, infectious disease

Для цитирования: Неустроев М.П., Донченко А.С., Тарабукина Н.П. Экология микроорганизмов в условиях вечной мерзлоты // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 4. С. 76–83. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-4-9>

For citation: Neustroev M.P., Donchenko A.S., Tarabukina N.P. Ecology of microorganisms in the conditions of permafrost. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 4, pp. 76–83. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-4-9>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Общепризнанное потепление климата в Арктике может увеличить риск возникновения и распространения инфекционных болезней человека и животных из-за таяния вечной мерзлоты, интенсивного освоения природных ресурсов, контролируемых и неконтролируемых палеонтологических раскопок, расширения среды обитания переносчиков (насекомых, грызунов), изменения путей миграции перелетных птиц. Вечная мерзлота способствует длительному сохранению (консервированию) патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, особенно спорообразующих бактерий. Известно, что глобальное потепление способствует преодолению вирусами межвидового барьера и распространению их на другие территории. Интересен факт возрождения гигантского вируса изо льда с возрастом 30 тыс. лет [1, 2].

В природе насчитывается около 1,5 млн видов представителей дикой фауны. Они могут быть резервуарами и переносчиками возбудителей многих инфекционных болезней животных и человека [3, 4]. Около 75% болезней могут быть перенесены дикими животными.

В Якутии гнездятся 30 млн птиц 271 вида. Большая часть гнездящихся пернатых (217 видов) являются перелетными, которые зимуют в основном в странах Юго-Восточной Азии. В последние годы отмечены изменения в составе фауны птицы. Появляются новые виды птиц: чибис, кулик-поручейник, светлкрылая крачка, скворец, большая синица. Список этот продолжает пополняться [5]. Для обеспечения биологической безопасности и санитарно-бактериологической оценки объектов внешней среды, а также определения возможного срока контаминации их патогенной и условно-патогенной микрофлорой в случае выделения их боль-

ными животными или бактерионосителями важно знание сроков выживаемости микроорганизмов во внешней среде.

Цель работы – изучить экологию возбудителей инфекционных болезней, сроки их выживаемости и микробной контаминации в условиях вечной мерзлоты.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в лаборатории по разработке микробных препаратов Якутского научно-исследовательского института сельского хозяйства и в районах Республики Саха (Якутия).

Материалом для изучения количественного и качественного состава микробиоты стали пробы воздуха и соскобы с поверхностей. Пробы воздуха брали седиментационным методом, соскобы – с помощью трафарета размером 10 × 10 см в стерильные чашки Петри. Количество микроорганизмов в воздухе и на поверхностях определяли согласно общепринятым методам санитарно-микробиологического исследования объектов окружающей среды. Родовую и видовую идентификацию выделенных культур микроорганизмов проводили согласно «Определителю бактерий Берджи» (1997 г.) и «Определителю зоопатогенных микроорганизмов» (1995 г.). Окраску мазков готовили по Граму. Учет результатов микробиологических посевов для бактерий проводили через 18 и 24 ч, микроскопических грибов – через 5 сут. Использовали элективные среды, приготовленные по ГОСТу: мясопептонный агар (МПА) для определения количества МАФАНМ (мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов), МПА – для выделения спорообразующих аэробных бактерий (после прогрева основного разведения при 80 °C в течение 15 мин), Эндо – для выделения и дифференциации энтеробактерий; СБТС – среду с бромтимоловым синим для выделения иерсиний, среду Чапека – для выделения микроскопических грибов.

В качестве тест-культур использовали паспортизированные в ВГНКИ ветеринарных препаратов (Москва) штаммы бактерий

Salmonella abortusequi БН-12, *Streptococcus equi* Н-34, *Bacillus subtilis* ТНП-3.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что сроки выживаемости некоторых микроорганизмов на объектах внешней среды в условиях вечной мерзлоты в 2–3 раза превышают сроки выживаемости аналогичных микроорганизмов в южных и европейских территориях России и за рубежом. В животноводческих помещениях кишечная палочка и золотистый стафилококк выживают 90–180 дней, возбудитель трихофитии сохраняет жизнеспособность и патогенность более 2 лет (срок наблюдения). В навозе кишечная палочка, мытный стрептококк, золотистый стафилококк выживают от 1,5 до 2 лет, микобактерии туберкулеза – до 4 лет. В поверхностных слоях мерзлотных почв кокковые формы бактерий (в летний период) выживают до нескольких месяцев, возбудители сальмонеллезов сохраняют жизнеспособность и патогенность более одного года, возбудители туберкулеза в зависимости от вида микобактерий и глубины залегания – от одного года до 5 лет (см. таблицу). Результаты исследований показали, что возбудитель сальмонеллеза лошадей под снегом при температуре воздуха от –14 до –19 °C сохраняется без изменений до 120 дней. На 135-й день возбудитель сальмонеллеза не выделен, отмечен рост почвенного микроорганизма рода *Bacillus*. Таким образом, возбудитель сальмонеллеза лошадей под тающим снегом (весной) сохраняет жизнеспособность и патогенность не более 120 дней.

Возбудитель сальмонеллеза, помещенный на изгородь на высоте от земли 1 м, сохраняет жизнеспособность и патогенность до 75 дней. Тест-микроб, находящийся в почве на глубине 0,5 см, в летнее время сохраняет жизнеспособность и патогенность до 56 дней. В конце опыта во всех тест-объектах отмечен рост бактерий рода *Bacillus*. Появление роста спорообразующих бактерий рода *Bacillus* выявлено на 15–16-й день наблюдения, т.е. в середине апреля, когда температура в дневное время достигала 5 °C.

Выживаемость микроорганизмов на объектах внешней среды
Survival of microorganisms on the objects of the external environment

Тест культура	Тип почвы	Глубина, см	Сроки исследований и результаты					
			56 дней	306 дней	365 дней	435 дней	4 года	5 лет
<i>Salmonella abortus equi</i>	Черноземно-луговая	0–5	+	+	–	–		
		5–20	+	+	+	–		
	Лугово-черноземная	0–5	+	–	–	–		
		5–20	+	+	–	–		
<i>Streptococcus equi</i>	Черноземно-луговая	0–5	+	–	–	–		
		5–20	+	–	–	–		
	Лугово-черноземная	0–5	–	–	–	–		
		5–20	+	+	–	–		
<i>Staphylococcus aureus</i>	Черноземно-луговая	0–5	–	–	–	–		
		5–20	+	+	–	–		
	Лугово-черноземная	0–5	–	–	–	–		
		5–20	+	+	–	–		
<i>M. vallee</i>	То же	0				+	–	–
		5				+	–	–
		10				+	+	+
		20				+	+	+

Примечание. + рост тест-культур; – отсутствие роста тест-культур.

Возбудитель сальмонеллеза, выделившийся в большом количестве при родах и абортах кобыл в марте – мае, контаминирует тебеновочные пастбища до начала лета и может значительное время сохранять жизнеспособность.

Таким образом, вечная мерзлота способствует длительному сохранению очагов и факторов передачи возбудителей инфекций. С учетом изложенного выше нами разработаны режимы и методы дезинфекции почвы и животноводческих помещений в условиях Крайнего Севера.

При изучении микробной контаминации и сроков выживаемости микроорганизмов учеными ЯНИИСХ установлено значительное содержание аэробных спорообразующих бактерий (более 2×10^6 КОЕ/г) в мерзлотно-почвах Центральной Якутии. Благодаря способности образовывать споры и высоким адаптивным возможностям аэробные спорообразующие бактерии широко распространены в природной среде Якутии и играют большую роль в различных биологических процессах. Нами изучены биологические

свойства споровых бактерий, выделенных из мерзлотно-почв, и установлена их высокая антагонистическая активность в отношении патогенных и условно-патогенных микроорганизмов для человека, животных и растений. Из них два штамма, обладающие наиболее выраженными антагонистическими свойствами, паспортизированы и депонированы в коллекции микроорганизмов Всероссийского ГНКИ стандартизации, контроля и сертификации ветеринарных препаратов. Полученные результаты позволили разработать лекарственное средство для профилактики и лечения дисбактериозов телят и поросят. Штаммы бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3 и ТНП-5 успешно используют для профилактики и лечения респираторных и желудочно-кишечных болезней телят, поросят, тугутов, пушных зверей и птиц.

Выделение жизнеспособных бактерий рода *Bacillus* из представителей мамонтовой фауны, сохранившихся в многолетних мерзлых грунтах (возраст 30–40 тыс. лет), доказывает роль вечной мерзлоты в сохранении бактерий плейстоценового периода¹

¹Tarabukina N.P., Neustroev M.P., Fedorova M.P., Parnikova S.I., Neustroev M.M. Yakutia Zoolite Microflora // In Vth International Conference on Mammoth and their Relatives. 2010. P. 59–60.

[6, 7]. В подземных ледниках, используемых для хранения продуктов питания (с дополнительной установкой для поддержания холода), при температуре $-13,4 \pm 2,1$ °C общая микробная обсемененность составляет на поверхностях до $60,0 \times 10^3$ и до $23,6 \times 10^3$ КОЕ/м³ в воздухе. Из микробиоты подземного ледника в зимнее время (февраль – апрель) изолированы возбудители иерсиниозов – *Yersinia pseudotuberculosis*, *Yersinia enterocolitica* и токсигенные грибы рода *Aspergillus fumigatus*, *niger*, *Mucor* sp.

Психрофильные свойства *Yersinia pseudotuberculosis* способствуют возникновению и развитию эпидемического процесса, поскольку холод не только позволяет этим бактериям размножаться и накапливаться в объектах окружающей среды, но и является пусковым фактором генетико-биохимических механизмов, обеспечивающих регуляцию их вирулентности [8]. Следовательно, выделенные с поверхностей ледников возбудители иерсиниозов представляют опасность контаминации продуктов питания при хранении.

В связи увеличением температуры поверхностного слоя вечной мерзлоты на $2-4$ °C (в 1900–1980 гг.) и ожидаемым дальнейшим повышением на 3 °C обосновано проведение мониторинга условий вечной мерзлоты во всех неблагополучных пунктах по сибирской язве. В России последняя вспышка сибирской язвы отмечена на Ямале в 2016 г., ранее там заболевание регистрировали в 1941 г. Причиной возникновения его считают оттаивание вечной мерзлоты. Кроме того, возникновению инфекционной болезни способствовала отмена вакцинации оленей в 2007 г. ввиду признания в 1968 г. этой территории свободной от сибирской язвы². Исходя из этого можно предположить, что споры оставались жизнеспособными в мерзлотной почве не менее 75 лет.

В Якутии сибирскую язву с 1993 г. не регистрируют. Однако в 2015 г. в результате

палеонтологических раскопок в Абыйском районе Якутии выделены три штамма возбудителя сибирской язвы. По результатам наших эпизоотологических исследований, в Абыйском районе не зафиксировано наличие неблагополучных пунктов по сибирской язве, что, однако, свидетельствует о недостаточности данных по этой проблеме. Сибиреязвенные захоронения животных представляют потенциальную опасность для диких животных, охотников и населения. По нашим сведениям, на территории Якутии с 1811 по 1993 г. зарегистрировано 739 вспышек сибирской язвы среди домашних и диких животных в 29 административных районах в 244 населенных пунктах [9].

Следует отметить отсутствие научных данных о выживаемости возбудителя сибирской язвы в условиях вечной мерзлоты. Возможность возникновения этого заболевания обуславливает необходимость изучения выживаемости спор его возбудителя в условиях вечной мерзлоты и разработки средств и методов обеззараживания, тем более экспериментально установлена возможность передачи возбудителя сибирской язвы через резервуары окружающей среды [10].

Вирусные болезни, такие как вирусная диарея, ринотрахеит, парагрипп и другие, у диких животных не изучены. Есть наши единичные сообщения о распространении вирусной диареи и ринотрахеита среди домашних оленей в Томпонском, Эвено-Бытантайском и Нижнеколымском районах Якутии [11].

Выявление антител к вирусам инфекционного ринотрахеита и вирусной диареи слизистых оболочек среди домашних оленей в отдаленном Нижне-Колымском районе арктической зоны Якутии дает основание предположить о значительной роли перелетных птиц в распространении болезней животных. Известно, что циркуляция возбудителя инфекционных болезней в дикой природе создает опасность заражения сель-

²Timofeev V., Bakhteeva I., Mironova R., Tibareva G., Lev I., Christiany D., Borzibov A., Bogun A., Vergnaud G. Insights from *Bacillus anthracis* isolation from permafrost in the tundra zone of Russia. In V th International Cnference on Mammoth and their Relatives. 3.2018. DOI: 10.1101/486290.

скохозайственных продуктивных животных и человека [12]. Выявление в 2019 г. впервые в Центральной Якутии инфекционной анемии лошадей требует изучения причин распространения этой опасной инфекционной болезни.

В период пандемии, вызванной COVID-19, настораживает сообщение о распространении коронавирусной болезни среди лошадей в штате Колорадо США [13].

Нами установлены заболевание козусль сальмонеллезом, передаваемым табунными лошадьми, и иерсиниоз у лосей. Признавая важное значение внешней среды как резервуара иерсиний в природе, следует указать на их роль в распространении инфекции дикими млекопитающими и птицами [14].

Болезни диких животных и птиц могут оказать существенное влияние на их численность и продуктивность и угрожать здоровью домашних животных и человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведение мониторинга инфекционных болезней диких копытных, перелетных птиц, а также бактериологических, вирусологических и молекулярно-генетических исследований выделенных изолятов является актуальным. Совместные исследования, направленные на изучение микробиоты и выделенных изолятов, помогут определить пути передачи возбудителей зоонозов, а также разработать и организовать методы защиты диких, домашних животных, птицы и человека. Знание сроков выживаемости микроорганизмов на объектах внешней среды в экстремальных условиях Крайнего Севера и изучение микробиоты диких животных, перелетных птиц необходимы и будут способствовать оптимизации противоэпизоотических и эпидемиологических мероприятий в профилактике или ликвидации инфекционных болезней человека и животных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Huber I., Potapova R., Ammosova E., Beyer W., Blagodatskiy S., Kokolova L., Lemke S., Neustroev M., Nyukkanov A., Protodyakonova G., Reshetnikov A., Romig T., Shadrin V., Samoilo-

- va I., Semenov S., Stepanov K., Tarabukina N., Vinokurova L., Zakharova R., Nifontov K. Symposium report: emerging threats for human health – impact of socioeconomic and climate change on zoonotic diseases in the Republic of Sakha (Yakutia), Russia // International Journal of Circumpolar Health. 2020. Vol. 79. N 1. P. 1–13. DOI: 10.1080/2243982.2020.171598.
2. Энхаунес Л. Вирусам помогает глобальное потепление // Аграрная наука. 2018. № 4. С. 10–12.
3. Revich B.A., Podolnaya M.A. Thawing of permafrost may disturb historic cattle burial grounds in East Siberia // Global Health Action. 2011. N 4. P. 8482–8498. DOI: 10.3402/gha.410.8482.
4. Бедоева З.М., Божьева Ю.В. Эпизоотологический мониторинг инфекционных болезней у диких плотоядных животных // Ветеринарная медицина. 2011. № 3-4. С. 120–122.
5. Дегтярев А.Г. Охотничьи промысловые птицы Республики (Саха) Якутии: монография. Якутск: Издательство СО РАН, 2004. 109 с.
6. Neustroev M.P. On the prospects of microbiological research on mammoth fauna in permafrost // Quaternary International. 2012. Vol. 255. P. 139–140.
7. Neustroev M.P., Tarabukina N.P., Neustroev M.M., Fedorova M.P., Stepanova A.M., Parnikova S.I., Baichev A.A. Microflora of Fossil Animals Preserved in Yakut Permafrost // Journal of Earth Science and Engineering. 2014. N 4. P. 484–489.
8. Maruyama T., Une T., Zen-Yoji H. Observation on the correlation between pathogenicity and serovars of *Yersinia enterocolitica* by the assay applying cell culture system and experimental mouse // Contributions to Microbiology and immunology. *Yersinia enterocolitica*: Biology and Pathology. Basel: Karger. 1979. Vol. 5.
9. Дягилев Г.Т., Неустроев М.П. Кадастр неблагополучных пунктов по сибирской язве в Республике Саха (Якутия) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 5. С. 88–93. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-5-11.
10. Turner W.C., Kausrud K.L., Beyer W., Easterday W.R., Barandongo Z.R., Blaschke E., Cloetel C.C., Lazak J., Van Ert M.N., Ganz H.H., Turnbull P.C.B., Stenseth N.C. & Getz W.M. Lethal exposure: An integrated approach to pathogen transmission via

- environmental reservoirs. Scientific reports. 2016. Vol. 6. P. 1–13. DOI: 10.1038/srep27311.
11. Юров Г.К., Алексеенкова С.В., Диас Хименес К.А., Неустроев М.П., Юров К.П. Антигенные свойства нецитопатогенных штаммов вируса диареи – болезни слизистых крупного рогатого скота // Российский ветеринарный журнал. 2013. № 2. С. 24–27.
 12. Семакина В.П., Акимова Т.П., Соломатина И.Ю., Караулов А.К. Риск заноса особо опасных заболеваний животных с везикулярным синдромом на территории России // Ветеринария сегодня. 2019. № 1 (28). С. 3–9. DOI: 10.2932/2304-196X-1-28-3-9.
 13. Manship A.J., Bliklager A.T., Elfenbein J.R. Disease features of equine coronavirus and enteric salmonellosis are similar in horses // Journal of Veterinary Medicine. 2019. Vol. 33. N 2. P. 912–917.
 14. Ленченко Е.М., Куликовский А.В., Павлова И.Б. Иерсиниоз. Этиология, эпизоотология, диагностика, меры борьбы и профилактики: монография. М.: Издательство Института ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности, 1998. 192 с.
- ## REFERENCES
1. Huber I., Potapova R., Ammosova E., Beyer W., Blagodatskiy S., Kokolova L., Lemke S., Neustroev M., Nyukkanov A., Protodyakonova G., Reshetnikov A., Romig T., Shadrin V., Samoilova I., Semenov S., Stepanov K., Tarabukina N., Vinokurova L., Zakharova R., Nifontov K. Symposium report: emerging threats for human health – impact of socioeconomic and climate change on zoonotic diseases in the Republic of Sakha (Yakutia), Russia. *International Journal of Circumpolar Health*, 2020, vol. 79, no. 1, pp. 1–13. DOI: 10.1080/2243982.2020.171598.
 2. Enhaunes L. Global warming helps viruses. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*, 2018, no. 4, pp. 10–12. (In Russian).
 3. Revich B.A., Podolnaya M.A. Thawing of permafrost may disturb historic cattle burial grounds in East Siberia. *Global Health Action*, 2011, no. 4, pp. 8482–8498. DOI: 10.3402/gha.410.8482.
 4. Bedoeva Z.M., Bozhieva Y.V. Epizootological monitoring of infectious diseases in wild carnivores. *Veterinarnaya meditsina = Veterinary medicine*, 2011, no. 3-4, pp. 120–122. (In Russian).
 5. Degtyarev A.G. *Hunting game birds of the Republic (Sakha) Yakutia*. Yakutsk, Publishing house of the SB RAS, 2004, 109 p. (In Russian)
 6. Neustroev M.P. On the prospects of microbiological research on mammoth fauna in permafrost. *Quaternary International*, 2012, vol. 255, pp. 139–140.
 7. Neustroev M.P., Tarabukina N.P., Neustroev M.M., Fedorova M.P., Stepanova A.M., Parnikova S.I., Baichev A.A. Microflora of Fossil Animals Preserved in Yakut Permafrost. *Journal of Earth Science and Engineering*, 2014, no. 4, pp. 484–489.
 8. Maruyama T., Une T., Zen-Yoji H. Observation on the correlation between pathogenicity and serovars of *Yersinia enterocolitica* by the assay applying cell culture system and experimental mouse. *Contributions to Microbiology and Immunology. Yersinia enterocolitica: Biology and Pathology*. Basel, Karger, 1979, vol. 5.
 9. Diaghilev G.T. Neustroev M.P. Cadastre of unfavorable locations for anthrax of animals in the Republic of Sakha (Yakutia). *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no. 5, pp. 88–93. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-5-11.
 10. Turner W.C., Kausrud K.L., Beyer W., Easterday W.R., Barandongo Z.R., Blaschke E., Cloete C.C., Lazak J., Van Ert M.N., Ganz H.H., Turnbull P.C.B., Stenseth N.C. & Getz W.M. Lethal exposure: An integrated approach to pathogen transmission via environmental reservoirs. *Scientific reports*, 2016, vol. 6, pp. 1–13. DOI: 10.1038/srep27311.
 11. Yurov G.K., Alekseenkova S.V., Diaz Jimenez K.A., Neustroev M.P., Yurov K.P. Antigenicity of non-cytopathogenic strains of bovine viral diarrhea – diseases of mucous membranes of cattle. *Rossiyskiy veterinarnyy zhurnal = Russian Veterinary Journal*, 2013, no. 2, pp. 24–27. (In Russian).
 12. Semakina V.P., Akimova T.P., Solomatina I.Yu., Karaulov A.K. Risk of introducing highly dangerous animal vesicular diseases into the Russian Federation. *Veterinariya segodnya = Veterinary Science Today*, 2019, no. 1 (28), pp. 3–9. (In Russian). DOI: 10.2932/2304-196X-1-28-3-9.

13. Manship A.J., Bliklager A.T., Elfenbein J.R. Disease features of equine coronavirus and enteric salmonellosis are similar in horses. *Journal of Veterinary Medicine*, 2019, vol. 33, no. 2, pp. 912–917.
14. Lenchenko E.M., Kulikovskii A.V., Pavlova I.B. Etiology, epizootology, diagnostics, control and prevention measures. M., Publishing House of the Institute of Veterinary Medicine, Veterinary and Sanitary Expertise and Agro-safety, 1998. 192 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Донченко А.С., доктор ветеринарных наук, академик РАН, главный научный сотрудник

✉ **Неустроев М.П.**, доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 677001, Республика Саха (Якутия), Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, 23/1; e-mail: mneyc@mail.ru

Тарабукина Н.П., доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

Alexander S. Donchenko, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head Researcher

✉ **Mikhail P. Neustroev**, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head Researcher; **address:** 23/1, Bestuzhev-Marlinsky St., Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), 677001, Russia; e-mail: mneyc@mail.ru

Nadezhda P. Tarabukina, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 07.04.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 10.08.2021
Дата публикации / Published 29.09.2021