

DOI: 10.21055/0370-1069-2023-4-6-15

УДК 616.98:578.824.11(571.651)

А.Д. Ботвинкин¹, И.Д. Зарва¹, С.А. Чупин², А.В. Мельников¹, И.В. Мельцов³**Чукотка как портал для распространения бешенства на Камчатку (систематический обзор)**¹ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет», Иркутск, Российская Федерация;²ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных», Владимир, Российская Федерация;³ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского», Иркутск, Российская Федерация

Цель обзора – оценить особенности распространения и эпидемиологическую опасность бешенства на крайнем северо-востоке Азии. Систематический обзор подготовлен в результате синтеза публикаций о бешенстве и «дикувании» за 1860–2022 гг. (n=22) и ранее не опубликованных данных за 2009–2023 гг. С конца XIX в. до 1980-х гг. эпизоотии бешенства систематически наблюдались на Чукотке и Камчатке. Выявлена корреляционная связь времени возникновения заболеваний бешенством на этих территориях с лагом в 1–2 года ($r=0,349$; $p=0,054$). На Чукотке с 2009 по 2023 г. подтверждено 24 случая бешенства у животных; на Камчатке бешенство не регистрируется после 1981 г. До 1982 г. описано 5 подтвержденных случаев заболевания бешенством у людей на Чукотке, а также 4 случая смерти людей предположительно от бешенства (Чукотка – 3, Камчатка – 1). Установлено сходство пространственного распространения эпизоотий в разные периоды времени. Бешенство выявлялось преимущественно на территории постоянного обитания песца (*Vulpes lagopus*) в прибрежных тундрах от устья Колымы до Анадырского залива. За пределами этой территории (долины рек Анадырь и Пенжина, полуостров Камчатка) бешенство распространялось среди лисиц (*Vulpes vulpes*). В настоящее время значение песца в распространении бешенства на Чукотке сократилось, а значение лисицы существенно возросло. Благодаря вакцинации бешенство среди собак регистрируется sporadически. Изоляты вируса бешенства с Чукотки принадлежат к генетической линии Arctic (группа Arctic-3), имеющей циркуполярное распространение. Возможность независимой циркуляции вируса бешенства на Камчатском полуострове сомнительна из-за ограниченных размеров популяции лисицы. На основе картографирования установлены возможные направления заноса бешенства с Чукотки на Камчатский полуостров. Проведение барьерной оральной вакцинации лисиц рекомендуется в годы подъема численности лисицы и песца на Чукотке.

Ключевые слова: арктическое бешенство, Чукотка, Камчатка, история изучения, пространственно-временной анализ.

Корреспондирующий автор: Ботвинкин Александр Дмитриевич, e-mail: botvinkin_ismu@mail.ru.

Для цитирования: Ботвинкин А.Д., Зарва И.Д., Чупин С.А., Мельников А.В., Мельцов И.В. Чукотка как портал для распространения бешенства на Камчатку (систематический обзор). Проблемы особо опасных инфекций. 2023; 4:6–15. DOI: 10.21055/0370-1069-2023-4-6-15

Поступила 28.06.2023. Принята к публ. 04.07.2023.

A.D. Botvinkin¹, I.D. Zarva¹, S.A. Chupin², A.V. Mel'nikov¹, I.V. Mel'tsov³**Chukotka as a Portal for the Rabies Introduction into Kamchatka (Systematic Review)**¹Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russian Federation;²Federal Center for Animal Health, Vladimir, Russian Federation;³Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The aim of this review was to assess the peculiarities of distribution and epidemiological risk of rabies in the extreme northeast of Asia. The systematic review was prepared through synthesizing publications on rabies over 1860–2022 (n=22) and previously unpublished data for 2009–2023. From the late 19th century until the 1980s, rabies epizootics were consistently observed in Chukotka and Kamchatka. A correlation was found between the time of occurrence of rabies in those territories with a lag period of 1–2 years ($r=0.349$; $p=0.054$). In 2009–2023, 24 animal rabies cases were confirmed in Chukotka; rabies has not been registered in Kamchatka since 1981. Until 1982, 5 confirmed human rabies cases were described in Chukotka, as well as 4 lethal cases presumably due to rabies (Chukotka – 3, Kamchatka – 1). The similarity of the spatial distribution of epizootics in different periods of time was established. Rabies was detected mainly in the area of the permanent polar fox (*Vulpes lagopus*) habitation, in the coastal tundra from the mouth of the Kolyma River to the Anadyr Gulf. Outside this territory (the valleys of the Anadyr and Penzhina Rivers, the Kamchatka Peninsula), rabies was reported in red foxes (*Vulpes vulpes*). At present, the importance of the polar fox in the spread of rabies in Chukotka has decreased, while the significance of the red fox has increased substantially. Due to vaccination, rabies among dogs is recorded sporadically. Rabies virus isolates from Chukotka belong to the Arctic genetic lineage (Arctic-3 group), which has a circumpolar distribution. The possibility of independent circulation of the rabies virus in the Kamchatka Peninsula is doubtful because of the limited size of the red fox population. Based on the mapping, possible directions for the introduction of rabies to Kamchatka from Chukotka have been identified. Barrier oral rabies vaccination of foxes is recommended during the years of high abundance of red and polar foxes in Chukotka.

Key words: Arctic rabies, Chukotka, Kamchatka, history of study, spatiotemporal analysis.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Funding: The authors declare no additional financial support for this study.

Acknowledgements: The authors are grateful to the specialists of the Veterinary Departments, Rospotrebnadzor Administrations and the Departments of Natural Resources and Ecology in the Chukotka Autonomous National District (Anadyr) and the Kamchatka Territory (Petropavlovsk-Kamchatsky) for their assistance in collecting information for 2009–2023.

Corresponding author: Aleksandr D. Botvinkin, e-mail: botvinkin_ismu@mail.ru.

Citation: Botvinkin A.D., Zarva I.D., Chupin S.A., Mel'nikov A.V., Mel'tsov I.V. Chukotka as a Portal for the Rabies Introduction into Kamchatka (Systematic Review). *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2023; 4:6–15. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2023-4-6-15

Received 28.06.2023. *Accepted* 04.07.2023.

Botvinkin A.D., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1324-7374>

Zarva I.D., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4225-5998>

Chupin S.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2114-5589>

Mel'nikov A.V., ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1563-5400>

Mel'tsov I.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8566-7004>

Бешенство широко распространено в арктических и субарктических районах Евразии и Северной Америки. В современной научной литературе при описании этой болезни на Крайнем Севере используются термины «арктическое бешенство» или Arctic rabies [1–3]. На Чукотке и Камчатке, а также на севере Сибири и на Аляске эта болезнь была известна с XIX в. под разными названиями: «дикование», «дикость», «дикуша», «камчатская дикость», Polar madness, Eskimo dog disease, Arctic dog disease и др. [4–8]. Необычное поведение и периодически возникающая массовая гибель песцов, лисиц, ездовых собак и северных оленей издавна привлекали внимание местного населения, первопроходцев и исследователей Севера [9, 10]. Ф. Холодцов, А.С. Грюнер и другие ветеринары, впервые наблюдавшие эту болезнь на северо-восточных окраинах России, полагали более 100 лет тому назад, что это бешенство, хотя отмечали особенности проявлений болезни и предлагали выделить ее в самостоятельную нозологическую форму [4, 11]. Главной особенностью в те времена считалась невосприимчивость человека к этой болезни [9–11].

В середине XX в. этиология болезни подтверждена выделением вируса бешенства от песцов *Vulpes (Alopex) lagopus* и других животных Арктики [7, 8, 12]. В дальнейшем основное внимание уделялось изучению природной очаговости и эпидемиологической значимости бешенства в высоких широтах. К настоящему времени заболевания людей бешенством зарегистрированы на северных территориях Российской Федерации от Чукотки до Кольского полуострова, на Аляске и в Гренландии [13–16]. В начале XXI в. установлено, что в Арктике и Субарктике циркулирует географический вариант вируса бешенства, получивший название «арктический», или arctic [2, 3]. Филогенетический анализ указывает на связь генетической линии вируса бешенства Arctic с родственной линией Arctic-like (подобная арктической), варианты которой в настоящее время распространены на юге Дальнего Востока России, в Китае, Индии, Непале и некоторых других районах Азии. Предполагается, что вирус бешенства проник на север Евразии и Америки из Юго-Восточной Азии с разделением генетических линий около 1500 лет назад [2]. Эти данные указывают на ключевую роль северо-востока Азии и Аляски в распространении бешенства в высоких широтах.

С 1982 г. Камчатский край считается благополучной по бешенству территорией. Сведения о бешенстве на Чукотке также отсутствовали в течение продолжительного времени, но после 2009 г. эпизоотологическая ситуация ухудшилась [16, 17]. Возникла угроза проникновения вируса бешенства на Камчатку через перешеек, соединяющий два полуострова. Для планирования превентивных мероприятий важно знать, как в прошлом распространялись эпизоотии в этом регионе. Из-за потепления климата и упадка пушного промысла ожидается изменение потенциала природных очагов бешенства в Арктике [3, 18, 19].

Разрозненные сведения о бешенстве на Чукотке и Камчатке опубликованы в виде тезисов, статей и отчетов в основном до 1990 г. и практически не представлены в современных электронных базах данных. Многие старые публикации становятся библиографической редкостью. На картах распространения бешенства в России информация по Камчатке и Чукотке отображена схематично [17, 20]. Актуальность проблемы определяется также растущей популярностью экологического туризма на Дальнем Востоке России. Таким образом, анализ накопленных сведений о бешенстве на рассматриваемой территории представляет научный и практический интерес.

Цель обзора – оценить особенности распространения и эпидемиологическую опасность бешенства на полуостровных территориях крайнего северо-востока Азии. Проведен систематический обзор публикаций о распространении бешенства на Камчатке и Чукотке за 1860–2022 гг. с включением ранее не опубликованных данных за 2009–2023 гг. Обработана информация о распространении бешенства в пределах современных границ Чукотского автономного округа (ЧАО) и Камчатского края. Принято во внимание, что до 1991 г. Чукотка и Камчатка входили в состав разных административных территорий Российской империи и СССР; в 1992 г. ЧАО выведен из состава Магаданской области, а в 2007 г. Корякский национальный округ включен в состав Камчатского края.

Поиски опубликованных источников проведены по каталогам библиотек, библиографическим указателям и спискам из статей и диссертаций, а также через интернет в электронных базах данных (ключевые слова: бешенство, арктическое бешенство,

дикование, Arctic rabies, Чукотка, Камчатка). В итоге отобрано 22 публикации, в которых имелись оригинальные сведения о бешенстве на двух соседних территориях [4–6, 9–11, 21–36].

Дополнительно использованы сведения, собранные региональными организациями ветеринарной и санитарно-эпидемиологической служб при осуществлении надзора за зоонозными инфекциями с 2009 г. до июня 2023 г. В анализ включены только лабораторно подтвержденные случаи бешенства ($n=24$). Сведения о численности и добыче лисицы за 2008–2023 гг. по данным зимних маршрутных учетов (ЗМУ) предоставлены департаментами природных ресурсов и экологии Камчатского края и ЧАО.

Собранные данные обработаны с использованием ГИС-технологий; статистические расчеты выполнены в программе Rstudio. Методические особенности описаны при изложении результатов по разделам.

Многолетняя динамика заболеваемости бешенством. По динамическим рядам данных визуально определяются многолетние периоды неблагополучия по бешенству и периоды, в течение которых сведения о бешенстве отсутствуют (рис. 1).

Из-за скудности количественных данных в опубликованных источниках для статистического анализа использовали бинарное кодирование. Годы с наличием информации о бешенстве отмечены как «1», другие годы – как «0» с последующим расчетом коэффициента корреляции Пирсона и кросс-корреляции по Камчатке и Чукотке за два периода: 1880–1982 гг. и 1950–1982 гг. За вековой период корреляция слабая ($r=0,197$; $p=0,048$), что, очевидно, связано с неточностями в регистрации бешенства в прошлом. Кросс-корреляционный анализ выявил статистически значимую связь с лагом $\pm(1-2)$ года и слабые признаки цикличности (рис. 1). Во второй половине XX в. корреляционная связь средней силы ($r=0,349$; $p=0,054$).

Статистические выкладки дополнены информацией из первоисточников в хронологии. Наиболее

ранние описания эпизоотий найдены в публикациях о быте и условиях жизни местного населения. И.А. Землянский приводит цитату из документов Российского государственного исторического архива Дальнего Востока с описанием болезни с типичными для бешенства проявлениями, поразившей в 1860 г. собак, лошадей и крупный рогатый скот на западном берегу Камчатки [35]. Известный исследователь Камчатки Н.В. Слюнин сообщал о повальном заболевании лисиц и собак в 1883 г. с характерными для бешенства признаками болезни [10]. Сообщения о такой же болезни на Чукотском полуострове в материалах экспедиций, организованных Русским императорским географическим обществом, относятся к 1880–1895 гг. [9, цит. по: 24]. Высокопрофессиональные наблюдения по Камчатскому краю за 1879–1899 гг. приводит ветеринарный врач Ф. Холодцов [4].

В начале XX в. упоминания о бешенстве волков, собак и оленей на Чукотке изредка появлялись в статистических сводках ветеринарной службы Дальнего Востока России [21]. Описания массового падежа собак от болезни, которую местное население и власти считали бешенством, приводит в своих отчетах ветеринарный врач Охотско-Камчатского края А.С. Грюнер. По его мнению, гибель собак нередко была связана с бескормицей и чумой плотоядных, но в 1915 г. на северо-западе Камчатки болезнь определенно имела признаки бешенства, хотя и отличалась от него [11]. О массовой гибели лисиц зимой 1919/20 г. на Камчатке сообщал зоолог и путешественник Стен Бергман [цит. по: 5, 24]. Обобщая данные за 1914–1936 гг., ветеринарный врач К.Н. Шерстобоев, работавший в районе бухты Провидения на Чукотке, писал: «...от бухты Тикси до Берингова пролива, по побережью Берингова моря и на Камчатке... часто наблюдаются опустошительные эпизоотии лиссаподобного заболевания» [6].

Периодически возникавшие эпизоотии «дикования» описаны на крайнем северо-востоке Азии зоологами и охотоведами, изучавшими промысел песца и лисицы в сибирской Субарктике. Эти публикации

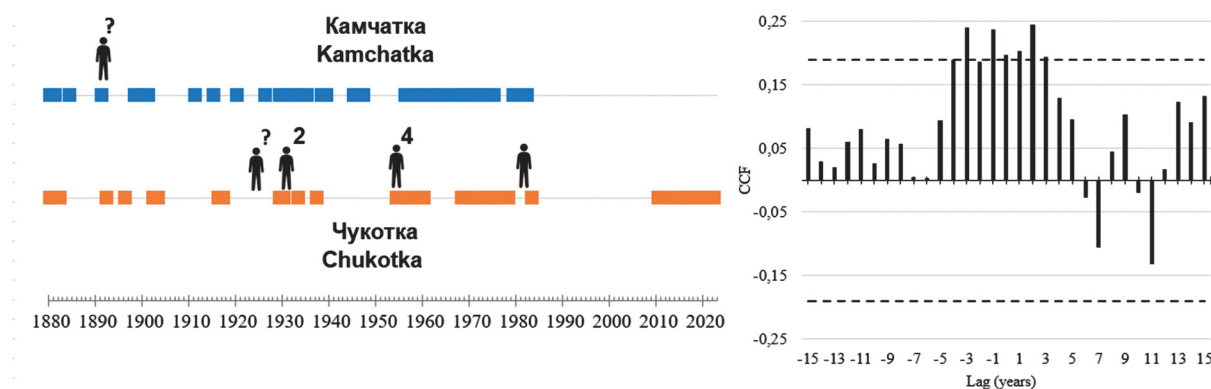


Рис. 1. Динамика выявления бешенства у людей и животных в 1880–2023 гг. и кросс-корреляция по годам данных по Чукотке и Камчатке в 1880–1982 гг.:

? – дата точно неизвестна; 2 и 4 – число случаев у людей; пунктир – 95 % доверительные интервалы

Fig. 1. Dynamics of human and animal rabies detection in 1880–2023 and cross-correlation function (CCF) of the data by years for Chukotka and Kamchatka in 1880–1982:

? – date is not precisely known; 2 and 4 – the number of human rabies cases; the dotted line – 95 % confidence intervals

основаны на собственных полевых наблюдениях и информации, полученной от охотников [22, 24, 25, 28–30]. Особенно интенсивные эпизоотии отмечены в 1953–1959 и 1969–1972 гг. В ряде случаев бешенство подтверждено лабораторными исследованиями [26–28]. Из публикаций второй половины XX в. следует, что заболевания животных бешенством систематически выявлялись на Чукотке и Камчатке до начала 1980-х гг. Так, массовая гибель песцов отмечена на Чукотке в долинах рек Песцовая и Неизвестная зимой 1977/78 г. [34]. В 1980–1982 гг. бешенство подтверждено у песцов на о. Врангеля [32] и в окрестностях г. Анадыря [33]. Последние единичные случаи бешенства у животных на Камчатке зарегистрированы в 1974, 1978 и 1981 гг. [36]. С 1991 по 2008 г. в официальных статистических документах сведения о бешенстве в ЧАО отсутствуют [16]. По данным ветеринарной службы, начиная с 2009 г. на Чукотке выявлялось от 1 до 8 лабораторно подтвержденных случаев бешенства в год, иногда с перерывами в 1–2 года. Больше всего случаев зарегистрировано в 2023 г.

ГИС-анализ пространственного распространения бешенства животных. В отобранных для анализа публикациях (n=22) Чукотка и Камчатка упоминались почти одинаково часто (14 и 12 соответственно), в том числе в четырех публикациях фигурируют обе территории. Картографирование собранных данных выполнено с помощью программы QGIS 3.2.1 на основе электронной ландшафтно-географической карты Natural Earth и открытых данных аэрокосмической съемки GoogleEarth. Локализация случаев на картах обозначена разными значками в зависимости от точности привязки к местности в первоисточнике (см. легенду к рис. 2).

Как следует из ранних публикаций, до 1950 г. падеж собак, лисиц и песцов от «дикування» наблюдался на Чукотке преимущественно вдоль морского побережья, а также в долине р. Анадырь [6, 9]. Аналогичные особенности прослеживаются по схематической карте распространения бешенства животных на Чукотке в 1967–1977 гг. [31]. В пределах территории бывшего Корякского национального округа бешенство с наибольшим постоянством отмечалось в долинах р. Пенжины и ее притоков, а в отдельные годы проникало до р. Гижиги (ныне территория Магаданской области) [25, 27]. В публикациях по Камчатскому краю чаще упоминаются западное побережье и северо-восточные территории вблизи перешейка, но в некоторые годы бешенство распространялось по всему полуострову вплоть до мыса Лопатка [25, 27, 28]. Последовательное продвижение эпизоотии бешенства с материка на Камчатку прослежено в статье эпидемиолога Т.А. Яковлевой и соавт.: в 1959–1961 гг. бешеных лисиц наблюдали в Пенжинском районе Камчатского края севернее перешейка; в 1961–1962 гг. заболевания животных выявлены в населенных пунктах вдоль западного побережья Камчатки (Тигильский район); в 1963 г. эпизоотия охватила южные и центральные райо-

ны; в 1964 г. не выявлено ни одного случая [27]. Обобщенная информация до 1982 г. представлена на карте. В современный период бешенство на Чукотке, как и в прошлом, регистрируется в приморских тундрах от устья р. Колымы до Анадырского залива и проникает вглубь материка по долине р. Анадырь (рис. 2).

Сведения о заболевании людей бешенством.

О том, что люди не заболевают бешенством после укусов бешеными животными в Арктике, упоминается в большинстве из 22 отобранных для анализа публикаций по Чукотке и Камчатке, но только в четырех из них (18,2 %) содержится конкретная информация, а не ссылки на работы предшественников. В качестве доказательств описаны нападения «дикующих» собак, волков и песцов на людей, которые не заболевали, несмотря на серьезные травмы головы и рук, хотя собаки, покусанные теми же животными, быстро погибали [4, 6, 10, 11]. В то же время в пяти публикациях (22,7 %) имеются сообщения о заболевании людей.

Так, А. Шмит сообщает о смерти матроса парохода «Колыма», зимовавшего во льдах между о. Врангеля и материком в 1928/29 г. «Найдя мертвого песца и содрав с него шкуру, матрос заболел бешенством и умер» [23, с. 16]. Этой же зимой артельщик с парохода «Ставрополь», стоявшего во льдах в бухте Провидения, был покусан в лицо и руки песцом, забежавшим на пароход. Пострадавший «...умер через некоторое время при наличии нервного расстройства». В статье приведено сообщение врача (без указания года) о заболевании «...эскимоса, имевшего в анамнезе укус больной собакой. Смерть наступила при нарастающих паралитических явлениях» [6, с. 102]. В 1914 г. бешеный волк забежал в стойбище оленеводов чаучу и покусал двух человек, которые «в ближайшие дни умерли от ран» [6, с. 101]. В статье Ф. Холодцова со слов местного приказчика из с. Толбачик записано, что «...камчатский житель был покусан бешеной собакой, отчего он заболел также бешенством и умер» [4, с. 117].

В 1953–1956 гг. в Анадыре впервые на Чукотке официально зарегистрировано четыре случая смерти людей от бешенства после укусов собак [31]. В 1982 г. после укусов в лицо, нанесенных песцом в окрестностях г. Анадыря, погибла от бешенства женщина, диагноз у которой подтвержден в лаборатории профессора М.А. Селимова [33]. В общей сложности обнаружены сведения об 11 случаях смерти людей, ассоциированных с укусами собак (5), песцов (3) и волка, из которых пять официально зарегистрированы как бешенство, четыре предположительно вызваны бешенством на основании проявлений болезни, и два человека, вероятно, погибли от ран. Большая часть этих случаев приходится на Чукотку, и только один описан на Камчатке (рис. 1).

Еще в середине прошлого века А.Н. Шерстобоев писал, что «имеются некоторые основания считать невосприимчивость людей не абсолютной» [6, с. 101]. Известно, что коренные жители Камчатки

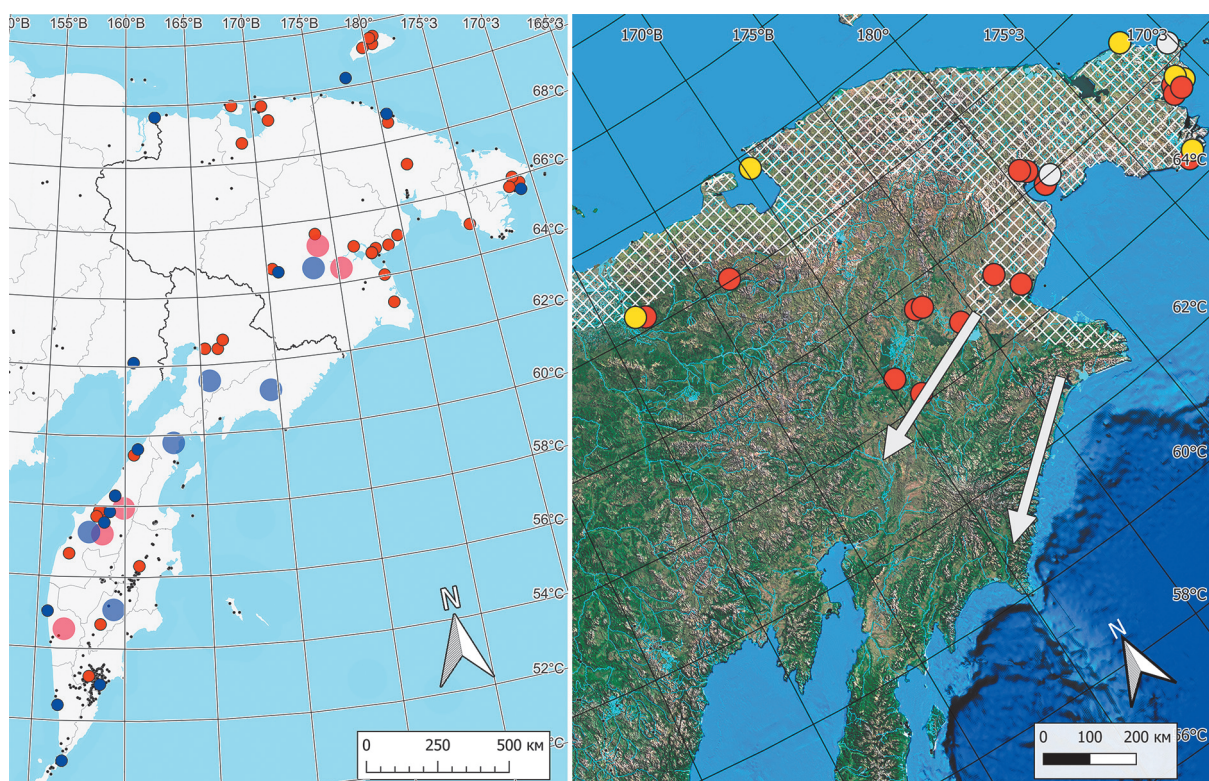


Рис. 2. Пространственное распространение бешенства животных на Камчатке и Чукотке, 1860–2023 гг.:

Карта слева: синие значки – 1860–1949 гг.; красные значки – 1950–1982 гг.; маленькие цветные значки – случаи бешенства с известными координатами; большие цветные значки – эпизоотии и вспышки с привязкой к району; маленькие черные точки – населенные пункты; черные линии – современные административные границы

Карта справа: случаи бешенства животных в 2009–2023 гг.; красные значки – лисица; желтые – собака; белые – песец; штриховка – территория постоянного обитания песца в конце XX в. [по 38]; стрелки – основные пути миграций песца в направлении Камчатки [по 34]

Fig. 2. Spatial distribution of animal rabies in Kamchatka and Chukotka, 1860–2023:

Map on the left: blue icons – 1860–1949; red icons – 1950–1982; small colored icons – rabies cases with known coordinates; large colored icons – epizootics and outbreaks with reference to the area; small black dots – settlements; black lines – modern administrative boundaries

Map on the right: animal rabies cases in 2009–2023; red icons – red fox; yellow ones – dogs; white – polar fox; hatching – the territory of the permanent habitation of the polar fox at the end of the 20th century [38]; arrows – the main routes of polar fox migration towards Kamchatka [34]

боялись «дикующих» животных и в XIX в. лечили нанесенные ими раны «самым радикальным средством»: «...укушенное место захватывали клещами, вырезали ножом... и прижигали каленым железом» [4, с. 117–118]. Во многих публикациях приводятся объяснения причин редкости заболеваний людей бешенством в высоких широтах, включая низкую численность населения, постоянное ношение теплой одежды, защищающей от укусов, особенности поведения местных собак, традиции уничтожения заболевших собак при самых первых признаках болезни и др. [4, 6, 10, 11, 13].

Идентификация вируса арктического бешенства. До середины прошлого века в публикациях преобладали сведения, основанные на характерных проявлениях болезни без лабораторного подтверждения. Первые экспериментальные доказательства связи эпизоотий среди собак на крайнем северо-востоке России с вирусом бешенства получены А.С. Шерстобоевым. Он установил, что антирабическая вакцина защищала собак, укушенных «дикующими» животными на Чукотке [6]. Эта работа и первые статьи о выделении вируса бешенства на о. Котельном (Новосибирские острова) и на Аляске

[7, 12] были опубликованы почти одновременно, но эксперименты по вакцинации проведены раньше. Долгое время важным аргументом в пользу существования особой формы болезни на севере считалось отсутствие телец Негри в головном мозге больных животных [11, 12]. Оказалось, что этот дифференциальный признак не универсален, в том числе тельца Негри обнаружены в пробах мозга животных, направленных с Камчатки в Москву [27]. Применение люминесцентной микроскопии для диагностики окончательно развеяло миф об отсутствии специфических для бешенства внутриклеточных включений в головном мозге «дикующих» животных [39].

Впервые надежно идентифицировать изоляты вируса бешенства арктического происхождения удалось с помощью моноклональных антител Р-41 в тесте непрямой иммунофлюоресценции [40]. Этот тест позволил подтвердить специфику штаммов, выделенных на севере Сибири, в том числе от песцов с о. Врангеля в 1980 г. [1]. В 1999 г. вирус бешенства с антигенным маркером арктических штаммов впервые выделен от человека, заразившегося в районе г. Норильска, и получены прямые доказательства опасности этого вируса для людей [41].

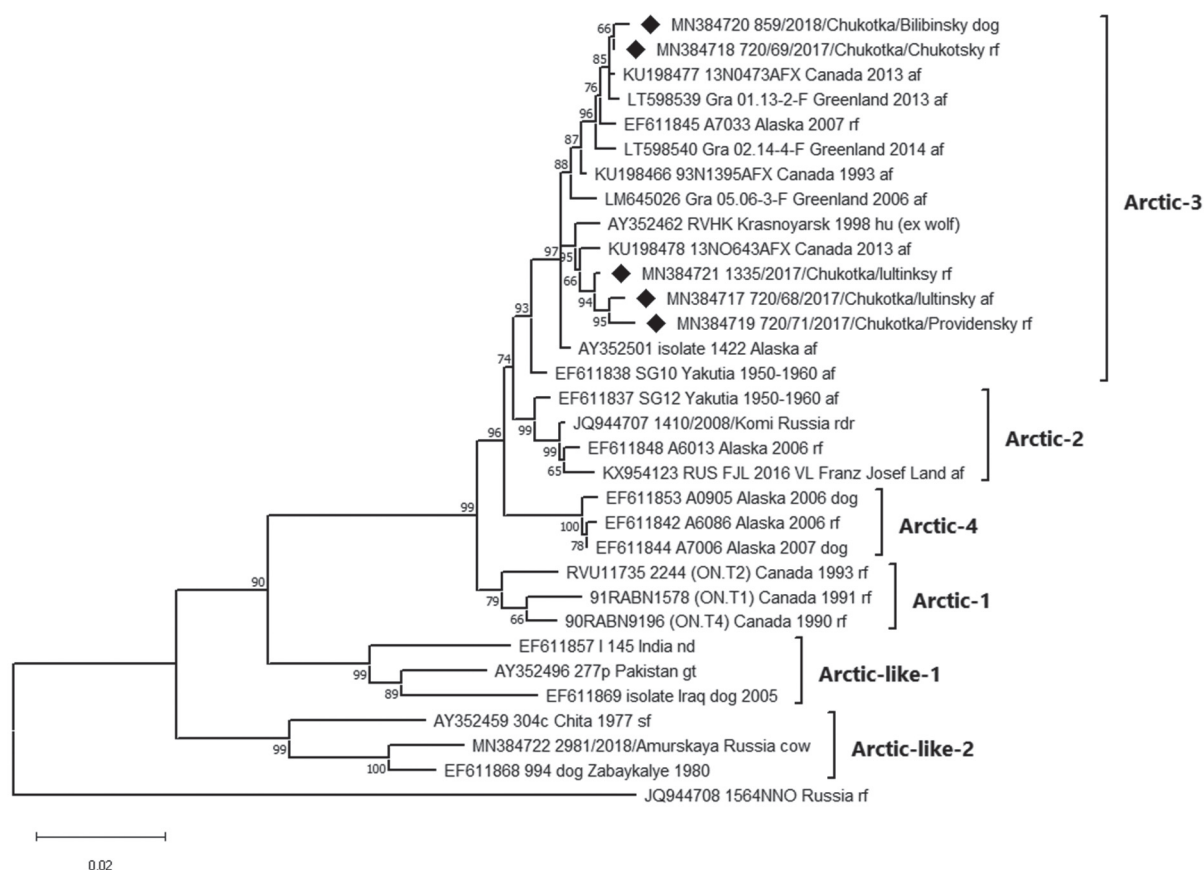


Рис. 3. Филогенетическое дерево изолятов вируса бешенства генетических линий Arctic и Arctic-like:

ромбы – изоляты с Чукотки; цифры в узлах дерева – показатели бутстреп-анализа (1000 повторений); для изолятов на дереве приведены номер в GenBank, название изолята, место, год и источник выявления (*rf* – лисица; *af* – песец; *rdr* – северный олень; *sf* – корсак; *dog* – собака; *cow* – крупный рогатый скот; *gt* – коза; *hu* – человек; *nd* – нет данных)

Fig. 3. Phylogenetic tree of rabies virus isolates of Arctic and Arctic-like genetic lineages:

rhombuses – isolates from Chukotka; the numbers in the nodes of the tree are indicators of bootstrap analysis (1000 repetitions); for isolates on the tree, the number in the GenBank, the designation of the isolate; site, year and source of detection are provided (*rf* – red fox; *af* – Arctic fox; *rdr* – reindeer; *sf* – corsac; *gt* – goat; *hu* – human; *nd* – no data)

Кардинальный прогресс в этом направлении достигнут на основе современных молекулярных технологий [2, 3]. Первые результаты секвенирования и филогенетического анализа фрагментов РНК изолятов вируса бешенства с Чукотки приведены в этой работе (рис. 3). Частичное секвенирование генома 5 изолятов вируса бешенства с Чукотки и филогенетический анализ проведен по методике, описанной ранее [37]. Дерево построено в программе MEGA11 с использованием метода *Maximum Likelihood* и модели *General Time Reversible* на основе анализа нуклеотидных последовательностей почти полноразмерного гена *N* (1350 п.н.) 32 изолятов вируса бешенства из различных регионов. В качестве внешней группы использован изолят от лисицы из средней полосы России (1564NNO), относящийся к генетической линии Steppe (Степная). Все изоляты вируса бешенства с Чукотки отнесены к группе Arctic-3, которая имеет циркумполярное распространение, включая север Якутии, Аляску, северо-западное побережье Канады и Гренландию [2, 3]. Старые изоляты вируса с Камчатки не сохранились.

Не исключено, что в прошлом могли иметь место завозы вируса бешенства на Крайний Север

из умеренных и южных широт с собаками – неизменными участниками северных экспедиций [42], но прямых доказательств этого на Чукотке и Камчатке не обнаружено.

Видовой состав хозяев вируса бешенства.

И местное население, и ветеринарные специалисты прошлого считали, что падеж собак возникает после того, как начинают «диковать» песцы и лисицы [4, 6, 10, 11]. В большинстве источников нет точных сведений о количестве заболевших животных, поэтому участие животных разных видов в распространении бешенства оценено по частоте их упоминания в опубликованных работах (таблица). В таблицу включены виды животных из числа основных хозяев вируса бешенства. Виды-«жертвы» (северный олень, крупный рогатый скот, лошади, свиньи), которые отмечены в пяти источниках по Чукотке и в четырех – по Камчатке, исключены из статистических расчетов.

Сведения о заболевании песцов на Камчатке отсутствуют. Но в публикациях по Чукотке о бешенстве этих животных в прошлом упоминалось чаще, чем о бешенстве лисиц. В последние годы на Чукотке бешенство чаще всего выявляли у лисиц (73,9 %) и лишь два случая (8,7 %) подтверждено

Оценка видового состава хозяев вируса бешенства на Чукотке и Камчатке в разные периоды времени
Assessment of the species composition of rabies virus hosts in Chukotka and Kamchatka in different periods of time

Виды животных / Species of animals	Количество случаев бешенства, 2009–2023 гг. Number of animal rabies cases, 2009–2023	Количество публикаций с указанием видов бешеных животных, 1860–1982 гг. Number of publications indicating the species of rabid animals, 1860–1982	
	Чукотка / Chukotka (n=24)*	Чукотка / Chukotka (n=13)**	Камчатка / Kamchatka (n=11)**
Песец / Arctic fox (<i>Vulpes lagopus</i>)	2	8	0
Лисица / Fox (<i>Vulpes vulpes</i>)	16	6	9
Волк / Wolf (<i>Canis lupus</i>)	0	3	2
Собака / Dog (<i>Canis familiaris</i>)	6	7	5
Статистическая оценка различий Statistical assessment of differences	$\chi^2=11,22$; $p=0,011$		$\chi^2=7,85$; $p=0,05$

Примечания: * лабораторно подтвержденные случаи; ** в некоторых публикациях одновременно указано несколько видов; заливкой выделено 1-е ранговое место.

Notes: * laboratory confirmed cases; ** in some publications, several species are indicated at the same time; 1st ranking position is marked by light-blue color.

у песцов. В этот же период, при расследовании обстоятельств заболевания четырех собак на Чукотке, в трех случаях установлены их контакты с лисицами. Статистический анализ подтверждает различия списков видов хищных млекопитающих, вовлекаемых в циркуляцию вируса бешенства на Камчатке и Чукотке в прошлом, а также на Чукотке в разные периоды времени.

Особенности биологии песца и лисицы. Оптимальные местообитания песца (*V. lagopus*) и лисицы (*V. vulpes*) не совпадают. Места размножения и постоянного обитания песца приурочены к сравнительно узкой полосе типичных арктических тундр на побережье Северного Ледовитого океана и Чукотском полуострове (рис. 2). Осенью и зимой для этого вида характерны дальние миграции преимущественно на восток и юг вдоль морского побережья и по долинам рек, а также на север и восток по льдам океана. Регулярные заходы песца на Камчатку и западное побережье Охотского моря отмечались до середины прошлого века. Известными направлениями миграций служат Анадыро-Пенжинская депрессия и побережье Берингова моря. В настоящее время масштабы кочевок сократились и миграционные пути не идут далее нижнего течения р. Пенжины и залива Корфа [25, 34, 38]. Область постоянного обитания песца в течение XX в. сокращалась. Ареал лисицы, напротив, расширился до Чаунской губы и устья р. Колымы. Этот вид предпочитает равнинные и холмистые ландшафты с чередованием лесных и луговых стадий, а также кустарниковые тундры, вытесняя из них песца [34]. Для обоих видов характерны значительные колебания численности без строгой цикличности; вспышки численности песца обычно наблюдались после массового размножения леммингов и сопровождались миграциями и эпизоотиями. В прошлом в годы «хорошего хода» и «набегов» лисицы и песца добывалось рекордное количество пушнины. После эпизоотий промысел резко сокращался, а весной охотники находили многочисленные трупы

животных в зимнем меху [29, 34, 36]. Так, например, до 1972 г. в Камчатском крае заготавливалось 1,3–4,5 тыс. шкурок лисицы ежегодно, а в 1973 г. после эпизоотии – всего 562 [28].

В современный период наблюдается тенденция снижения численности лисицы на Чукотке и, особенно, на Камчатке на фоне нерегулярных колебаний с промежутками в 3–5 лет (рис. 4). При визуальной оценке графиков после 2010 г. отмечаются признаки «зеркальности», но корреляция показателей численности лисицы по годам на этих территориях практически отсутствует ($r=-0,07$; $p=0,88$). Лисица считается обычным видом и нередко живет в близком соседстве с людьми. Причины снижения ее численности не вполне понятны. Охотничий пресс незначителен: на Камчатке охотники-любители добывают 370–780 лисиц в год, на Чукотке – всего 30–35. Промысел песца прекращен в силу экономических причин, а зимние учеты численности не проводятся из-за особенностей природных условий. Ориентировочно современная численность этого вида на Чукотке оценивается в 6 тыс. особей.

Профилактические мероприятия в современный период. В последнее десятилетие в ЧАО 4,7–4,8 тыс. собак и 1,1–1,4 тыс. кошек ежегодно прививалось вакциной «Щелково-51». С 2021 г. организованы отлов и вакцинация против бешенства животных без владельцев (до тысячи голов в год). Аналогичная работа постоянно проводится в Камчатском крае. В 2009–2023 гг. в ходе пассивного и активного мониторинга на Чукотке исследованы на бешенство пробы от 172 животных, в том числе 13,4 % с положительным результатом. С 2009 г. в очагах с подтвержденными случаями бешенства у животных были укушены 9 человек; все пострадавшие получили прививки от бешенства. Значительно чаще укусы наносили животные, у которых диагноз бешенства не установлен, – 205 случаев в год на Чукотке и 679 случаев на Камчатке (в среднем за 2013–2018 гг.). При этом показатели обращаемости населения за антирабической

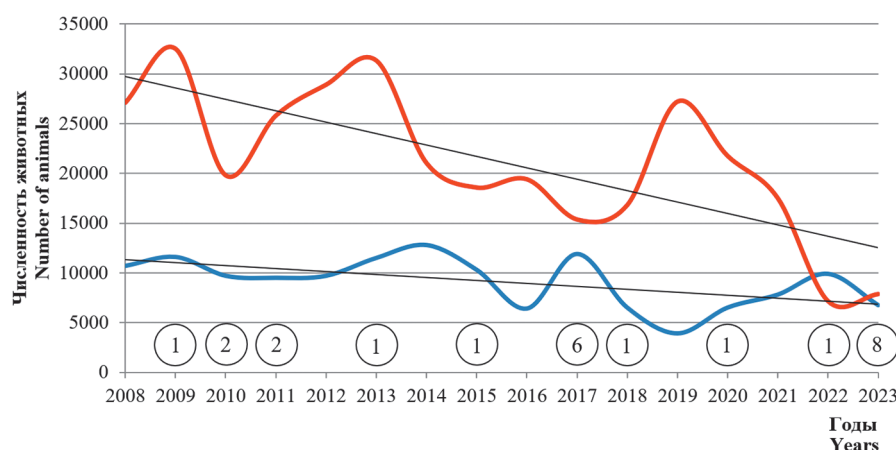


Рис. 4. Динамика численности лисицы в Чукотском АО (синий график) и Камчатском крае (красный) в 2008–2023 гг. и подтвержденные случаи бешенства на Чукотке:

численность в I квартале текущего года по данным ЗМУ; в кругах – число случаев бешенства

Fig. 4. Dynamics of the red fox population in Chukotka Autonomous District (blue line) and Kamchatka Territory (red line) in 2008–2023 and confirmed rabies cases in Chukotka:

red fox numbers in the 1st quarter of the current year according to winter route census; in circles – the number of animal rabies cases

помощью в ЧАО примерно в два раза выше, чем в Камчатском крае (408,5 и 213,9 на 100 тыс. населения соответственно), процент назначения на прививки (82,3 и 61,8 % соответственно в 2013 г.) также выше [16]. Численность населения в Камчатском крае в 6 раз больше, чем в ЧАО.

Несмотря на отрывочный характер и возможные пробелы в сборе информации, очевидно, что с конца XIX в. до 1980-х гг. заболевания животных бешенством систематически, а в отдельные периоды одновременно, наблюдались на Чукотке и Камчатке. Заболевания бешенством на этих территориях связаны с лагом во времени в 1–2 года. В настоящее время эпизоотический процесс на территории ЧАО продолжается, в Камчатском крае бешенство не регистрируется уже более 40 лет.

Результаты анализа публикаций не согласуются с широко распространенным мнением о том, что бешенство («дикование») не представляет опасности для людей на Крайнем Севере. На Чукотке описано больше случаев заболевания людей бешенством, чем во всех других северных регионах России вместе взятых. Единственный и сомнительный (по мнению автора его описания) случай отмечен на Камчатке в конце XIX в. Тем не менее причины редкости заболевания заслуживают дальнейшего изучения.

Картографический анализ совокупности накопленных данных указывает на сходство пространственного распространения эпизоотий в разные периоды времени. В ЧАО бешенство выявлялось преимущественно на территории постоянного обитания песца – в прибрежных тундрах от устья Колымы до Анадырского залива. Повторяющиеся выносы вируса бешенства за пределы этой территории с распространением среди лисиц характерны для долины р. Анадырь. В Камчатском крае бешенство с наибольшим постоянством в прошлом выявлялось в бассейне р. Пежины, вдоль западного побережья Камчатского полуострова, а также в долинах рек Камчатка и Авача, где расположена основная часть населенных пунктов (рис. 2).

Бешенство в Арктике – типичная природно-очаговая инфекция. В настоящее время на крайнем северо-востоке Азии роль песца в распространении

бешенства снижается, а значение лисицы существенно возросло. Благодаря вакцинации ушли в прошлое опустошительные эпизоотии среди собак, бешенство среди которых регистрируется спорадически.

Чукотка является частью трансконтинентальной эндемичной территории с постоянной циркуляцией вируса бешенства генетической линии Arctic. Циркумпольное распространение варианта Arctic-3 обеспечивается способностью песца совершать дальние миграции [34, 38, 43]. Возможность непрерывной циркуляции вируса бешенства на Камчатском полуострове сомнительна из-за ограниченных размеров популяции лисицы, и природный очаг здесь имеет зависимый характер. Очевидно, в прошлом заносы периодически происходили с Чукотки, но прекратились в 1980-е гг. в результате сокращения масштабов миграций песца. Наиболее вероятным экологическим коридором распространения бешенства на Камчатку служила Анадыро-Пенжинская депрессия.

Несмотря на многолетнее благополучие, вероятность заноса бешенства на Камчатку сохраняется и будет возрастать при подъемах численности песца и лисицы на Чукотке. Имеется возможность снижения риска заноса. В годы интенсивного размножения песца и лисицы на Чукотке целесообразно комплексное использование мер по снижению численности и оральной вакцинации лисиц в Анадырском районе ЧАО, в Пенжинском районе Камчатского края и на перешейке, соединяющем материк с полуостровом. Для создания эффективного барьера необходим систематический мониторинг за популяциями леммингов, песца и лисицы на Чукотке.

Заслуживает восхищения публикация Ф. Холодцова, который профессионально обосновал значение диких животных Арктики как резервуара бешенства задолго до разработки концепции природной очаговости болезней [4].

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта финансовых/нефинансовых интересов, связанных с написанием статьи.

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии дополнительного финансирования при проведении данного исследования.

Благодарность. Авторы признательны специалистам управлений ветеринарии, управлений Роспотребнадзора и департаментов природных ресурсов и экологии по Чукотскому автономному национальному округу (г. Анадырь) и Камчатского края (г. Петропавловск-Камчатский) за помощь в сборе информации за 2009–2023 гг.

Список литературы

1. Селимов М.А., Ботвинкин А.Д., Татаров А.Г. Идентификация штаммов сивлятического и арктического бешенства с помощью моноклональных антител. *Вопросы вирусологии*. 1983; 28(3):243–4.
2. Kuzmin I.V., Hughes G.J., Botvinkin A.D., Gribencha S.G., Rupprecht C.E. Arctic and Arctic-like rabies viruses: distribution, phylogeny and evolutionary history. *Epidemiol. Infect.* 2008; 136(4):509–19. DOI: 10.1017/S095026880700903X.
3. Nadin-Davis S.A., Falardeau E., Flynn A., Whitney H., Marshall H.D. Relationships between fox populations and rabies virus spread in northern Canada. *PLoS One*. 2021; 16(2):e0246508. DOI: 10.1371/journal.pone.0246508.
4. Холодцов Ф. Очерк скотоводства Камчатского полуострова. Часть II. В кн.: Сведения о ветеринарно-санитарном состоянии Приморской области. Кн. 4. Владивосток; 1913. С. 98–122.
5. Elton C. Epidemics among sledge dogs in the Canadian Arctic and their relation to disease in the arctic fox. *Can. J. Res.* 1931; 5(6):673–92. DOI: 10.1139/cjr31-106.
6. Шерстобоев К.Н. О камчатской дикости животных. *Труды Иркутской научно-исследовательской ветеринарной опытной станции*. 1949; 1:99–116.
7. Plummer P.J. Preliminary note on Arctic dog disease and its relationship to rabies. *Can. J. Comp. Med. Vet. Sci.* 1947; 11(6):154–60.
8. Канторович Р.А. Этиология «дикування» животных в Заполярье. Сообщение I. Биологические свойства вируса «дикування». *Вопросы вирусологии*. 1956; 1(2):32–6.
9. Гондати Н.Л. Поездка из с. Марково на р. Анадырь, в бухту Провидения (Берингов пролив). В кн.: Записки Приамурского отдела Императорского Русского географического общества. Т. 4. Вып. 1. Хабаровск; 1898. С. 1–42.
10. Слюнин Н.В. Охотско-Камчатский край: естественно-историческое описание (с картой). СПб.: Издание Министерства финансов; 1900. Т. 1. С. 628–9.
11. Грюнер А.С. Текстовая часть отчета о ветеринарно-санитарном состоянии Камчатской области за 1915 г. *Архив ветеринарных наук*. 1916; 1:1384–429.
12. Туревич Е.И., Тебякина А.Е. Бешенство и так называемое «дикування» животных в Заполярье. *Журнал микробиологии, эпидемиологии, иммунологии*. 1947; 2:17–25.
13. Егоров И.Я., Марамонович А.С., Ботвинкин А.Д., редакторы. Эпидемиологический надзор за особо опасными и природно-очаговыми инфекциями в условиях Крайнего Севера. Якутск; 2000. 341 с.
14. Lassen H.C. Paralytic human rabies in Greenland. *Lancet*. 1962; 1(7223):247–9. DOI: 10.1016/s0140-6736(62)91194-7.
15. Hueffer K., Murphy M. Rabies in Alaska, from the past to an uncertain future. *Int. J. Circumpolar Health*. 2018; 77(1):1475185. DOI: 10.1080/22423982.2018.1475185.
16. Полещук Е.М., Сидоров Г.Н., Нашатырева Д.Н., Градобоева Е.А., Пакскина Н.Д., Попова И.В. Бешенство в Российской Федерации. Информационно-аналитический бюллетень. Омск: Полиграфический центр КАН; 2019. 110 с.
17. Полещук Е.М., Сидоров Г.Н. Анализ особенностей эпизоотолого-эпидемической ситуации и риск заражения бешенством в Российской Федерации в начале XXI века. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2020; 4:16–25. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-4-16-25.
18. Revich B., Tokarevich N., Parkinson A.J. Climate change and zoonotic infections in the Russian Arctic. *Int. J. Circumpolar Health*. 2012; 71:18792. DOI: 10.3402/ijch.v71i0.18792.
19. Simon A., Beauchamp G., Bélanger D., Bouchard C., Fehlner-Gardiner C., Lecomte N., Rees E., Leighton P.A. Ecology of Arctic rabies: 60 years of disease surveillance in the warming climate of northern Canada. *Zoonoses Public Health*. 2021; 68(6):601–8. DOI: 10.1111/zph.12848.
20. Ботвинкин А.Д., Сидоров Г.Н., Полещук Е.М., Зарва И.Д., Нашатырева Д.Н., Якович Н.В., Андаев Е.И., Балахонов С.В., Рудаков Н.В. Ретроспективная оценка реализации долгосрочного прогноза пространственного распространения бешенства в азиатской части России. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2020; 2:13–21. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-2-13-21.
21. Обзор Приморской области за 1901 и 1902 год. Обзор Приморской области за 1902 год. Владивосток; 1905. С. 1–28.
22. Сокольников Н.П. Охотничьи и промысловые звери Анадырского края. *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. 1927; 36(1-2):117–62.
23. Шмит Э. Бешенство в Колымском округе. *Охотник*. 1930; 9-10:15–16.
24. Формозов А.Н. Колебания численности промысловых животных. М.; Л.: Всесоюзное кооперативное объединенное изд-во; 1935. 108 с.
25. Бажанов В.С. Заметки о некоторых млекопитающих бассейна реки Пенжины. *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. 1946; 51(4-5):91–101.
26. Коврижных В.В., Мезенцев Н.П. Случай бешенства в оленьем стаде. *Ветеринария*. 1960; 10:47.
27. Яковлева Т.А., Апалев Е.М., Трофимчик С.К. О бешенстве животных на Камчатке. В кн.: Барышникова А.И., редактор. Вопросы инфекционных заболеваний и производства вакцинно-сыровоточных препаратов. Хабаровск; 1967. С. 263–4.
28. Лазарев А.А. Значение промысловых зверей в распространении некоторых природно-очаговых заболеваний на Камчатке. В кн.: Язан Ю., редактор. VIII Всесоюзная конференция по природной очаговости болезней животных и охране их численности. Тезисы докладов. Киров; 1972. Т. 1. С. 103–4.
29. Лазарев А.А. Колебания численности и «тундровое бешенство» лисиц Камчатки. В кн.: Современное состояние и пути развития охотоведческой науки в СССР. Тезисы докладов. Киров; 1974. С. 96–7.
30. Кривошеев В.Г., Чернявский Ф.Б., Железнов Н.К., Тархов В.С. Новые данные о млекопитающих Анадырского края. В кн.: Фауна и зоогеография млекопитающих северо-востока Сибири. Владивосток; 1978. С. 66–94.
31. Савицкий В.П., Ботвинкин А.Д., Белко В.И., Майоров С.П., Сидельникова Н.Ф., Горюченко Л.Е. Эпидемиологические особенности бешенства на Дальнем Востоке. В кн.: Субботина Л.С., редактор. Современные методы в изучении природно-очаговых инфекций. Л.; 1979. С. 31–41.
32. Бернштейн А.Д., Ключева Е.В., Овчинникова И.Г. Природный очаг бешенства на о. Врангеля. В кн.: Вирусы и вирусные инфекции человека. Тезисы докладов. М.; 1981. С. 151–2.
33. Селимов М.Е., Королев М.Б., Татаров А.Г. Морфология вируса арктического бешенства. *Вопросы вирусологии*. 1984; 29(2):253–6.
34. Чернявский Ф.Б. Млекопитающие крайнего северо-востока Сибири. М.: Наука; 1984. 388 с.
35. Землянский И.А. Положение населения Камчатки во второй половине XIX века. В кн.: Камчатка – Россия – мир: забытые имена. Доклады международных исторических чтений. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс; 2020. С. 89–94.
36. На Камчатке с начала года от укусов животных пострадало больше 500 человек. [Электронный ресурс]. URL: <https://kamchatinfo.com/news/safe/detail/27329> (дата обращения 28.04.2023).
37. Adelshin R.V., Melnikova O.V., Trushina Y.N., Botvinkin A.D., Borisova T.I., Andaev E.I., Verzhutsky D.B., Khangazhinov A.S., Balakhonov S.V. A new outbreak of fox rabies at the Russian-Mongolian border. *Virol. Sin.* 2015; 30(4):313–5. DOI: 10.1007/s12250-015-3609-0.
38. Черешнев И.А., редактор. Позвоночные звери Северо-Востока России. Владивосток: Дальнаука; 1996. 308 с.
39. Пшеничников А.В. Метод флюоресцирующих антител для исследований при «дикувании». *Ветеринария*. 1970; 2:102–3.
40. Schneider L.G., Barnard B.J.H., Schneider H.P., Ødegaard Ø.A., Muller J., Selimov M., Cox J.H., Wandeler A.I., Blancou J., Meyer S. Application of monoclonal antibodies for epidemiological investigation and oral vaccination studies. II. Arctic viruses. In: Kuwert E., Méricieux C., Koprowski H., Bögel K., editors. Rabies in the Tropics. Springer, Berlin, Heidelberg; 1985. P. 47–59. DOI: 10.1007/978-3-642-70060-6_6.
41. Kuzmin I.V. An arctic fox rabies virus strain as a cause of human rabies in Russian Siberia. *Arch. Virol.* 1999; 144(3):627–9. DOI: 10.1007/s007050050531.
42. Deviatkin A.A., Vakulenko Y.A., Dashian M.A., Lukashev A.N. Evaluating the impact of anthropogenic factors on the dissemination of contemporary cosmopolitan, Arctic, and Arctic-like rabies viruses. *Viruses*. 2022; 14(1):66. DOI: 10.3390/v14010066.
43. Fuglei E., Tarroux A. Arctic fox dispersal from Svalbard to Canada: one female's long run across sea ice. *Polar Research*. 2019; 38. DOI: 10.33265/polar.v38.3512.

References

1. Selimov M.A., Botvinkin A.D., Tatarov A.G. [Identification of strains of sylvatic and arctic rabies virus strains using monoclonal antibodies]. *Voprosy Virusologii [Problems of Virology]*. 1983; 28(3):243–4.
2. Kuzmin I.V., Hughes G.J., Botvinkin A.D., Gribencha S.G., Rupprecht C.E. Arctic and Arctic-like rabies viruses: distribu-

- tion, phylogeny and evolutionary history. *Epidemiol. Infect.* 2008; 136(4):509–19. DOI: 10.1017/S095026880700903X.
3. Nadin-Davis S.A., Falardeau E., Flynn A., Whitney H., Marshall H.D. Relationships between fox populations and rabies virus spread in northern Canada. *PLoS One*. 2021; 16(2):e0246508. DOI: 10.1371/journal.pone.0246508.
4. Kholodtsov F. [Essay on cattle breeding on the Kamchatka Peninsula. Part II]. In: [Information on the Veterinary-Sanitary State of the Primorsk Region. Book 4]. Vladivostok; 1913. P. 98–122.
5. Elton C. Epidemics among sledge dogs in the Canadian Arctic and their relation to disease in the arctic fox. *Can. J. Res.* 1931; 5(6):673–92. DOI: 10.1139/cjr31-106.
6. Sherstoboev K.N. [About the Kamchatka wildness of animals]. *[Proceedings of the Irkutsk Research Veterinary Experimental Station]*. 1949; (1):99–116.
7. Plummer P.J. Preliminary note on Arctic dog disease and its relationship to rabies. *Can. J. Comp. Med. Vet. Sci.* 1947; 11(6):154–60.
8. Kantorovich R.A. [The etiology of “dikovanie” of animals in the Arctic. Communication 1. Biological properties of the wild virus]. *Voprosy Virusologii [Problems of Virology]*. 1956; (2):32–6.
9. Gondatti N.L. [A trip from the village Markovo on the river Anadyr, to Providence Bay (Bering Strait)]. In: [Notes of the Amur Department of the Imperial Russian Geographical Society]. Vol. 4. Iss. 1. Khabarovsk, 1898; P. 1–42.
10. Slyunin N.V. [Okhotsk-Kamchatka Territory: Natural-Historical Description (with a map)]. St. Petersburg: Publication of the Ministry of Finance; 1900. Vol. 1. P. 628–9.
11. Gryuner A.S. [The text part of the report on the veterinary and sanitary state of the Kamchatka Region for 1915]. *Arkhiv Veterinarnykh Nauk [Archives of Veterinary Sciences]*. 1916; (1):1384–429.
12. Turevich E.I., Tebyakina A.E. [Rabies and the so-called “dikovanie” of animals in the Arctic]. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii, Immunobiologii [Journal of Microbiology, Epidemiology, Immunobiology]*. 1947; (2):17–25.
13. Egorov I.Ya., Maramovich A.S., Botvinkin A.D., editors. [Epidemiological Surveillance of Particularly Dangerous and Natural-Focal Infections under Conditions of the Far North]. Yakutsk: 2000; 341 p.
14. Lassen H.C. Paralytic human rabies in Greenland. *Lancet*. 1962; 1(7223):247–9. DOI: 10.1016/S0140-6736(62)91194-7.
15. Hueffer K., Murphy M. Rabies in Alaska, from the past to an uncertain future. *Int. J. Circumpolar Health*. 2018; 77(1):1475185. DOI: 10.1080/22423982.2018.1475185.
16. Poleshchuk E.M., Sidorov G.N., Nashatyreva D.N., Gradoboeva E.A., Pakskina N.D., Popova I.V. [Rabies in the Russian Federation. Information and Analytical Bulletin]. Omsk: KAN Publishing House; 2019. 110 p.
17. Poleshchuk E.M., Sidorov G.N. [Comparative analysis of features of epizootiological and epidemic situation and risk of rabies infection in the Russian Federation in early XXI century]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2020; (4):16–25. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-4-16-25.
18. Revich B., Tokarevich N., Parkinson A.J. Climate change and zoonotic infections in the Russian Arctic. *Int. J. Circumpolar Health*. 2012; 71:18792. DOI: 10.3402/ijch.v71i0.18792.
19. Simon A., Beauchamp G., Bélanger D., Bouchard C., Fehlner-Gardiner C., Leconte N., Rees E., Leighton P.A. Ecology of Arctic rabies: 60 years of disease surveillance in the warming climate of northern Canada. *Zoonoses Public Health*. 2021; 68(6):601–8. DOI: 10.1111/zph.12848.
20. Botvinkin A.D., Sidorov G.N., Poleshchuk E.M., Zarva I.D., Nashatyreva D.N., Yakovchits N.V., Andaev E.I., Balakhonov S.V., Rudakov N.V. [Retrospective evaluation of implementation of long-term forecast on spatial spread of rabies in the Asian part of Russia]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2020; (2):13–21. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-2-13-21.
21. [Overview of the Primorsk Region for 1901 and 1902. Overview of the Primorsk Region for 1902]. Vladivostok; 1905. P. 1–28.
22. Sokol'nikov N.P. [Hunting and game animals of the Anadyr Territory]. *Byulleten' Moskovskogo Obshchestva Ispytateley Prirody. Otdel Biologicheskoy [Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Department of Biology]*. 1927; 36(1-2):117–62.
23. Shmit E. [Rabies in the Kolyma District]. *Okhotnik [Hunter]*. 1930; (9-10):15–6.
24. Formozov A.N. [Fluctuations in the Number of Game Animals]. Moscow; Leningrad: All-Union Cooperative United Publishing House; 1935. 108 p.
25. Bazhanov V.S. [Notes on some mammals of the Penzhina river basin]. *Byulleten' Moskovskogo Obshchestva Ispytateley Prirody. Otdel Biologicheskoy [Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Department of Biology]*. 1946; 51(4-5):91–101.
26. Kovrizhnykh V.V., Mezentssev N.P. [Cases of rabies in a deer herd]. *Veterinariya [Veterinary]*. 1960; (10):47.
27. Yakovleva T.A., Apalev E.M., Trofimchik S.K. [On animal rabies in Kamchatka]. In: Baryshnikova A.I., editor. [Issues of Infectious Diseases and Production of Vaccine-Serum Preparations]. Khabarovsk; 1967. P. 263–4.
28. Lazarev A.A. [The importance of game animals in the spread of some natural-focal diseases in Kamchatka]. In: Yazan Yu., editor. [VIII All-Union Conference on the natural focalities of animal diseases and the protection of their numbers. Abstracts]. Kirov; 1972. Vol. 1. P. 103–4.
29. Lazarev A.A. [Population fluctuations and “tundra rabies” of Kamchatka foxes]. In: [The Current State and Ways of Development of Hunting Science in the USSR. Abstracts]. Kirov; 1974. P. 96–7.
30. Krivosheev V.G., Chernyavsky F.B., Zhelezov N.K., Tarkhov V.S. [New data on mammals of the Anadyr Territory]. In: [Fauna and Zoogeography of the North-East of Siberia]. Vladivostok; 1978. P. 66–94.
31. Savitsky V.P., Botvinkin A.D., Belko V.I., Maiorov S.P., Sidel'nikova N.F., Gorkovenko L.E. [Epidemiological features of rabies in the Far East]. In: Subbotina L.S., editor. [Modern Methods of Studying Natural-Focal Infections]. Leningrad; 1979. P. 31–41.
32. Bernstein A.D., Klyueva E.V., Ovchinnikova I.G. [The natural focus of rabies on Wrangel Island]. In: [Viruses and Human Viral Infections. Abstracts]. Moscow; 1981. P. 151–2.
33. Selimov M.E., Korolev M.B., Tatarov A.G. [Morphology of the Arctic rabies virus]. *Voprosy Virusologii [Problems of Virology]*. 1984; 29(2):253–6.
34. Chernyavsky F.B. [Mammals of the Extreme North-East of Siberia]. Moscow: Nauka; 1984. 388 p.
35. Zemlyansky I.A. [The status of the population of Kamchatka in the second half of the 19th century]. In: [Kamchatka – Russia – World: Forgotten Names: Reports of International Historical Readings]. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress; 2020. P. 89–94.
36. [More than 500 people have suffered from animal bites in Kamchatka since the beginning of the year]. (Cited 28 Apr 2023). [Internet]. Available from: <https://kamchatinfo.com/news/safe/detail/27329>.
37. Adelshin R.V., Melnikova O.V., Trushina Y.N., Botvinkin A.D., Borisova T.I., Andaev E.I., Verzhutsky D.B., Khangazhinov A.S., Balakhonov S.V. A new outbreak of fox rabies at the Russian-Mongolian border. *Virol. Sin.* 2015; 30(4):313–5. DOI: 10.1007/s12250-015-3609-0.
38. Chereshev I.A., editor. [Vertebrate Animals of the North-East of Russia]. Vladivostok: Dalnauka; 1996. 308 p.
39. Pshennikov A.V. [Method of fluorescent antibodies for researches at “dikovanie”]. *Veterinariya [Veterinary]*. 1970; (2):102–3.
40. Schneider L.G., Barnard B.J.H., Schneider H.P., Ødegaard Ø.A., Muller J., Selimov M., Cox J.H., Wandeler A.I., Blancou J., Meyer S. Application of monoclonal antibodies for epidemiological investigation and oral vaccination studies. II. Arctic viruses. In: Kuwert E., Mérieux C., Koprowski H., Bögel K., editors. Rabies in the Tropics. Springer, Berlin, Heidelberg; 1985. P. 47–59. DOI: 10.1007/978-3-642-70060-6_6.
41. Kuzmin I.V. An arctic fox rabies virus strain as a cause of human rabies in Russian Siberia. *Arch. Virol.* 1999; 144(3):627–9. DOI: 10.1007/s007050050531.
42. Deviatkin A.A., Vakulenko Y.A., Dashian M.A., Lukashev A.N. Evaluating the impact of anthropogenic factors on the dissemination of contemporary cosmopolitan, Arctic, and Arctic-like rabies viruses. *Viruses*. 2022; 14(1):66. DOI: 10.3390/v14010066.
43. Fuglei E., Tarroux A. Arctic fox dispersal from Svalbard to Canada: one female's long run across sea ice. *Polar Research*. 2019; 38. DOI: 10.33265/polar.v38.3512.

Authors:

Botvinkin A.D., Zarva I.D., Mel'nikov A.V. Irkutsk State Medical University, 1, Krasnogo Vosstaniya St., Irkutsk, 664003, Russian Federation. E-mail: rectorat@ismu.baikal.ru.

Chupin S.A. Federal Center for Animal Health. Micro-District Yur'evets, Vladimir, 600901, Russian Federation. E-mail: arriah@fsvps.gov.ru.

Mel'tsov I.V. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. Molodezhny settlement, Irkutsk Region, 664038, Russian Federation. E-mail: rector@igsha.ru.

Об авторах:

Ботвинкин А.Д., Зарва И.Д., Мельников А.В. Иркутский государственный медицинский университет. Российская Федерация, 664003, Иркутск, ул. Красного Восстания, 1. E-mail: rectorat@ismu.baikal.ru.

Чупин С.А. Федеральный центр охраны здоровья животных. Российская Федерация, 600901, г. Владимир, мкр-н Юрьевец. E-mail: arriah@fsvps.gov.ru.

Мельцов И.В. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. Российская Федерация, 664038, Иркутская обл., Иркутский р-н, п. Молодежный. E-mail: rector@igsha.ru.