

DOI 10.23946/2500-0764-2019-4-2-48-57

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ БЕШЕНСТВА В ОСТРОВНЫХ ЛЕСОСТЕПЯХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

ЗАРВА И.Д.¹, БОТВИНКИН А.Д.¹, ГОРЯЕВ Д.В.², ДЕМЧИН П.М.⁵, ДМИТРИЕВА Г.М.², ЗАЙКОВА Т.А.⁶, ЛУЦЕНКО Г.В.⁶,
РОМАНОВА Т.Г.³, РУСИН М.В.², СОРОКИНА О.В.⁴, СУТУРИНА Ю.Э.², ШАЛГИНОВА Е.Ю.³, ШМАТОВА Л.В.⁵

¹ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Иркутск, Россия

²Управление Роспотребнадзора по Красноярскому краю, г. Красноярск, Россия

³Управление Роспотребнадзора по Республике Хакасия, г. Абакан, Россия

⁴ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» по Красноярскому краю, г. Красноярск, Россия

⁵ГКУ «Краевая ветеринарная лаборатория» по Красноярскому краю, г. Красноярск, Россия

⁶ГКУ «Хакасская ветеринарная лаборатория», г. Абакан, Россия

ORIGINAL RESEARCH

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM ANALYSIS OF RABIES SPREAD IN ISLAND FOR- EST-STEPPE OF EAST SIBERIA

IVAN D. ZARVA¹, ALEXANDR D. BOTVINKIN¹, DMITRIY V. GORYAEV², PETR M. DEMCHIN³, GALINA M. DMITRIEVA²,
TATIANA A. ZAYKOVA⁴, GALINA V. LUTSENKO⁴, TATIANA G. ROMANOVA⁵, MAXIM V. RUSIN², OLGA V. SOROKINA⁶,
YULIA E. SUTURINA², ELENA YU. SHALGINOVA⁵, LIDIA V. SHMATOVA³

¹Irkutsk State Medical University (1, Krasnogo Vosstaniya Street, Irkutsk, 664003), Russian Federation

²Federal Service on Surveillance for Consumer Rights Protection and Human Welfare in Krasnoyarsk Region (21, Karataeva Street, Krasnoyarsk, 660097), Russian Federation

³Krasnoyarsk Regional Veterinary Laboratory (5G, Dudinskaya Street, Krasnoyarsk, 660020), Russian Federation

⁴Republic of Khakassia Veterinary Laboratory (5, Schorsa Street, Abakan, 655012), Russian Federation

⁵Federal Service on Surveillance for Consumer Rights Protection and Human Welfare in Republic of Khakassia (5a, Marshala Zhukova street, Abakan, 655017), Russian Federation

⁶Krasnoyarsk Regional Center for Hygiene and Epidemiology (38, Sopochnaya Street, Krasnoyarsk, 660100), Russian Federation

Резюме

Цель. Выявить особенности пространственно-временного распространения бешенства после заноса вируса на изолированные лесостепные территории, где эта инфекция среди лисиц ранее не регистрировалась.

Материалы и методы. Проанализирован 871 случай бешенства у животных за 2002-2018 гг., зарегистрированный в республике Хакасия и Красноярском крае. Картографирование проводили с использованием ГИС-технологий (программа QGIS 3.6.3) на ландшафтной основе карты мира «Natural Earth».

Результаты. Около 50% случаев бешенства зарегистрировано среди лисиц (*Vulpes vulpes*).

Составлена серия картограмм по каждому году. Основная часть случаев приурочена к степным и лесостепным ландшафтам. Распространение бешенства за пределы лесостепных котловин происходило по долинам крупных рек со средней скоростью 142,9 км в год ($\sigma = 63,7$).

Заключение. После заноса вируса в 2002 г., бешенство в течение 3-х лет распространилось во все степные и лесостепные котловины Приенисейской Сибири. В последующем сформировался природный очаг с «пульсирующими» границами. Ядро очага расположено в Минусинской и Чулымско-Енисейской котловинах. Результаты картографирования могут быть использованы для организации мероприятий по борьбе с бешенством,

включая оральную вакцинацию лисиц.

Ключевые слова. Бешенство лисиц, при-

родный очаг, пространственно-временная динамика, скорость распространения эпизоотии.

Abstract

Aim. To identify spatiotemporal features of rabies spread in island forest-steppe areas of East Siberia, a geographic region where this infection was not previously recorded among foxes.

Materials and Methods. We analyzed 871 cases of rabies in animals registered during 2002–2018 in Republic of Khakassia and Krasnoyarsk Region. Mapping was carried out using geographic information system technologies (QGIS 3.6.3 program). The cartograms were prepared annually.

Results. About 50% of rabies cases were registered among foxes (*Vulpes vulpes*), and the cases were mainly confined to the steppe and for-

est-steppe landscapes. The spread of rabies beyond the forest-steppe hollows occurred along the valleys of large rivers with an average speed of 142.9 km per year ($\sigma = 63.7$).

Conclusion. After the introduction of the virus in 2002, rabies spread over 3 years to all the steppe and forest-steppe hollows of the Yenisey Siberia. Subsequently, a natural focus with pulsating boundaries was formed. The core of the outbreak is located in the Minusinsk and Chulym-Yenisei hollows. The results of the mapping can be used to combat rabies, for instance, in performing oral vaccination of foxes.

Keywords: fox rabies, natural focus, spatiotemporal dynamics, rate of outbreak spread

◀ English

Введение

Бешенство – фатальная зоонозная инфекция с глобальным распространением. По данным ВОЗ, тысячи людей погибают от этой болезни в юго-восточной Азии после укусов собак; в Европе и Северной Америке регистрируются единичные случаи несмотря на широкое распространение бешенства среди диких животных. Диспропорция обусловлена разными возможностями для проведения надзорных мероприятий и постэкспозиционной профилактики бешенства, а также различиями в структуре источников инфекции. В Европе и Северной Азии основным резервуаром вируса бешенства в настоящее время служит лисица (*Vulpes vulpes*) [1–3]. Природные очаги, поддерживаемые лисицами, в Сибири приурочены, главным образом, к степным и лесостепным ландшафтам и с 1950-х годов проявляют себя на юге Западной Сибири спорадическими случаями гидрофобии у людей [4,5].

В начале XXI века вспышки бешенства, связанные с лисицами, впервые выявлены в Восточной Сибири – на юге Красноярского края и в Хакасии. Было сделано заключение, что здесь сформировался новый природный очаг бешенства в результате заноса вируса с сопредельных территорий [5–7]. Ретроспективный анализ эпидемиологических данных свидетельствует, что на протяжении всего 20-го столетия бешенство в Хакасии не регистрировалось; на юге Красноярского края в середине 20 века были описаны эпизоотии городского типа, сопровождавшие-

ся заболеваниями людей в 1964–1966 гг. После 1970 г. бешенство регистрировалось почти исключительно на крайнем севере Красноярского края [7,8].

Особенностью недавно описанного природного очага является его географическая изолированность от зональных степей Северной Азии. Бешенство регистрировалось в населенных пунктах, расположенных в межгорных котловинах, которые принято называть островными лесостепями Восточной (или Приенисейской) Сибири [9,10]. Котловины отделены друг от друга, а также и от степей Западной Сибири, Казахстана и Монголии горными хребтами и обширными пространствами таежных лесов.

Бешенство отличается от многих других природно-очаговых зоонозов значительной подвижностью границ очаговой территории. Однако скорость и особенности распространения инфекции среди лисиц, а также возможности формирования устойчивой паразитарной системы зависят от природных условий, определяющих численность и подвижность основного хозяина [2,11–13]. В ходе надзора за бешенством, который непрерывно осуществлялся ветеринарной и санитарно-эпидемиологической службами, накоплены обширные материалы, которые предоставляют редкую возможность проследить начальные этапы формирования природного очага в регионе с очень своеобразными природными условиями. На модели этой географически расчлененной территории имеется возможность оценить динамику эпизо-

тий бешенства и значение различных экологических барьеров в условиях сибирского климата.

Цель исследования

Выявить особенности пространственно-временного распространения бешенства после заноса вируса на относительно изолированные лесостепные территории, где эта инфекция среди лисиц ранее не регистрировалась.

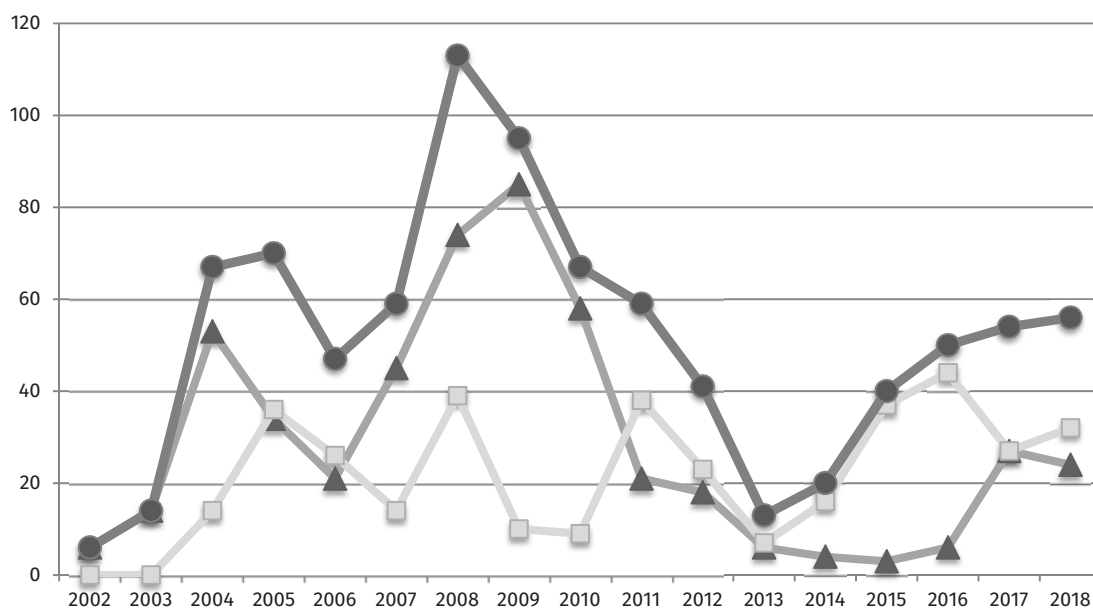
Материалы и методы

На основе ГИС-технологий проведен картографический анализ пространственного распределения зарегистрированных случаев бешенства среди животных в динамике начиная с первого случая, выявленного на юге Красноярского края в 2002 г. Сведения о регистрации случаев бешенства за 2002-2018 гг. на территории Хакасии и в южной части Красноярского края выбраны из оперативных сводок, составленных по результатам обследования очагов региональной санитарно-эпидемиологической и ветеринарной службами. В анализ включены как лабораторно, так и клинически подтвержденные случаи, для которых имелась возможность привязки к местности (таблица 1). Не включены случаи, зарегистрированные в зоне распространения арктического бешенства (севернее 65° с.ш.). Лабораторная диагностика выполнена на базе ветеринарной лаборатории в г. Красноярске в соответствии с ГОСТ 26075-13; основной диагностический тест – метод флюоресцирующих антител (ГОСТ 26075-13.

Межгосударственный стандарт. Животные. Методы лабораторной диагностики бешенства. <http://docs.cntd.ru/document/1200104625>). Пространственное распределение случаев оценивали на основе картографирования по географическим координатам ближайшего населенного пункта с использованием программы QGIS 3.6.3 и электронной ландшафтно-географической карты мира «Natural Earth». Очаги, расположенные на расстоянии менее 5 км друг от друга, отмечали одним значком. Составлена серия картограмм по календарным годам, которые в статье объединены по периодам наиболее интенсивного распространения инфекции (рисунок 1). Для оценки максимальной скорости распространения эпизоотии измеряли по прямой расстояние между точкой регистрации первого случая в текущем году и 3-5 наиболее удаленными от него точками в следующем году. Оценивали продвижение в северо-восточном направлении за ряд лет с последующим расчетом средних величин ($n=50$). На картах выделены светлой заливкой безлесные территории – степь, лесостепь, сельскохозяйственные земли, в горных районах на юго-востоке региона – альпийские участки выше границы леса. Статистическая обработка включала расчет доверительных интервалов с уровнем значимости 95% (95% ДИ) – для сравнения относительных показателей, средней арифметической, среднеквадратического отклонения ($M \pm \sigma$) и коэффициента вариации – для оценки скорости распространения эпизоотии.

Рисунок 1. Многолетняя динамика заболеваемости бешенством животных на территории Республики Хакасия и юге Красноярского края (● – сумма по двум территориям; ▲ – Красноярский край; ■ – Республика Хакасия)

Figure 1. Long-term trend of rabies incidence in Republic of Khakassia and South of Krasnoyarsk Region (● – total incidence within the territories; ▲ – Krasnoyarsk Region; ■ – Republic of Khakassia)



	Число зарегистрированных случаев по периодам подъема заболеваемости <i>Number of cases</i>			Всего случаев <i>Total cases</i>	
	2002-2006	2007-2013	2014-2018	абс. <i>n</i>	% (95% ДИ) % (95% CI)
Лисица (<i>Vulpes vulpes</i>) <i>Fox</i>	75	213	144	432	49,6 (46,3-52,9)
Волк (<i>Canis lupus</i>) <i>Wolf</i>	11	14	4	29	3,3 (2,1-4,5)
Собака <i>Dog</i>	64	109	37	210	24,1 (21,3-27)
Кошка <i>Cat</i>	18	46	7	71	8,2 (6,3-10)
С/х <i>Livestock</i>	28	52	27	107	12,3 (10,1-14,5)
Прочие <i>Other</i>	8	13	1	22	2,5 (1,5-3,6)
Всего <i>Total</i>	204	447	220	871	100

Таблица 1.

Число зарегистрированных случаев бешенства в Республике Хакасия и на юге Красноярского края за 2002-2018 гг. (лабораторно и клинически подтвержденные случаи с привязкой к местности)

Table 1.

Absolute numbers of rabies cases in Republic of Khakassia and South of Krasnoyarsk Region during 2002-2018. Only verified cases were included

Результаты

За 2002-2018 гг. в пределах исследуемой территории зарегистрировано более 790 эпизоотических очагов инфекции и более 850 случаев у животных разных видов, из них для 839 было возможно определить географические координаты. После выявления первых случаев наблюдался рост заболеваемости с периодическими спадами и подъемами (рисунк 1). Эти колебания учтены при анализе структуры заболеваемости и картографировании.

Структура заболеваемости по видам животных однозначно свидетельствует о ведущей роли лисицы в поддержании циркуляции вируса бешенства. Доля лисиц среди всех зарегистрированных случаев увеличивалась на протяжении периода наблюдения и составила в 2002-2006 гг. 36,8% (95% ДИ 30,1-43,4), в 2007-2013 – 47,7% (95% ДИ 43,0-52,3) и в 2014-2018 гг. – 65,5% (95% ДИ 59,2-71,7). Бешенство у других диких животных установлено в единичных случаях. Около 30% всех случаев зарегистрировано среди домашних плотоядных и менее 13% – среди сельскохозяйственных животных (таблица 1).

Бешенство среди диких животных регистрировалось несколько чаще в Республике Хакасия, чем в Красноярском крае – 61,6% (56,7-66,5) против 50,9 (45,8-54,4); доля собак и кошек, наоборот, была больше в Красноярском крае – 41,3% (37,0-45,6) против 20,2% (12,3-28,0) в Хакасии. Однако в целом не вызывает сомнений, что резервуаром инфекции служили дикие хищные млекопитающие.

По данным регистрации случаев бешенства по годам составлена серия картограмм, по по-

следовательности которых анализировали пространственную динамику эпизоотии. Картограммы в статье объединены за 3 – 4 года по периодам подъема заболеваемости (рисунки 2-4) и за весь период наблюдения (рисунок 5).

Первые очаги бешенства были выявлены в апреле 2002 г. в Минусинской котловине на правобережье Енисея на юге Красноярского края, сначала в Идринском, а затем Козульском и Курагинском районах в точках, удаленных друг от друга на 265 км. Уже на следующий год очаги зарегистрированы в Республике Хакасия на левобережье Енисея (в том числе в г. Абакан) и в нескольких районах Красноярского края, в том числе – вблизи границ с Кемеровской областью. Далее распространение бешенства происходило стремительно: в 2003 г. бешенство среди лисиц и собак подтверждено в городах Красноярске и Зеленогорске, их окрестностях, а также выявлены первые случаи в Канской лесостепи в долине р. Кан; к 2004 г. бешенство продвинулось вниз по Енисею на 230 км от Красноярска до места впадения р. Ангара. Таким образом, в течение трех лет после регистрации первого случая бешенство было выявлено во всех межгорных степных и лесостепных котловинах региона (Минусинской, Сыда-Ербинской, Назаровской, Чулымо-Енисейской и Канской). Число случаев бешенства на территориях, вовлеченных в эпизоотию, возрастало. Например, в Канской лесостепи в 2004 г. было выявлено 18 новых очагов (рисунок 2).

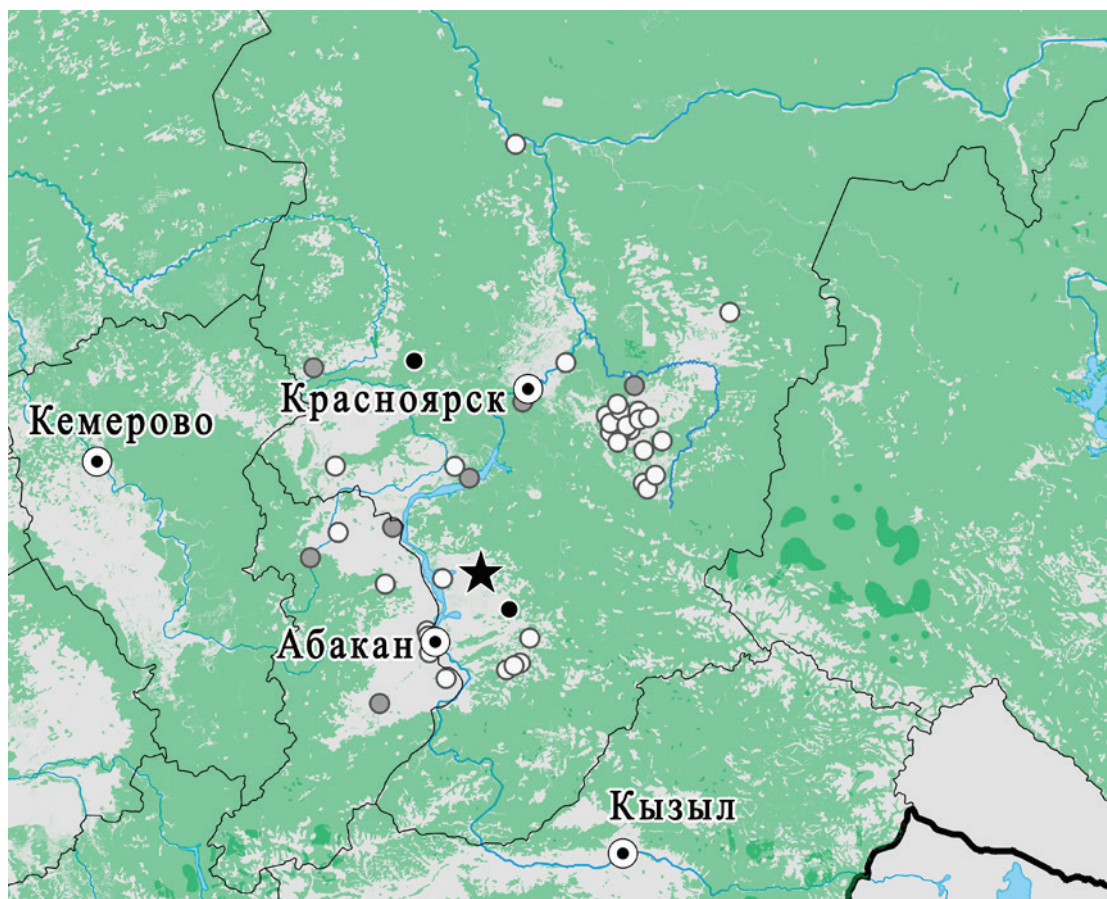
В 2005-2007 гг. заболеваемость регистрировалась практически на всех ранее пораженных территориях, но число случаев уменьшилось.

Рисунок 2.

Распространение бешенства на территории Республики Хакасия и Красноярского края в 2002-2004 гг. (звездочкой обозначен первый очаг, выявленный в 2002 г., черные точки – другие случаи за 2002 г., серые – 2003 г., белые – 2004 г.)

Figure 2.

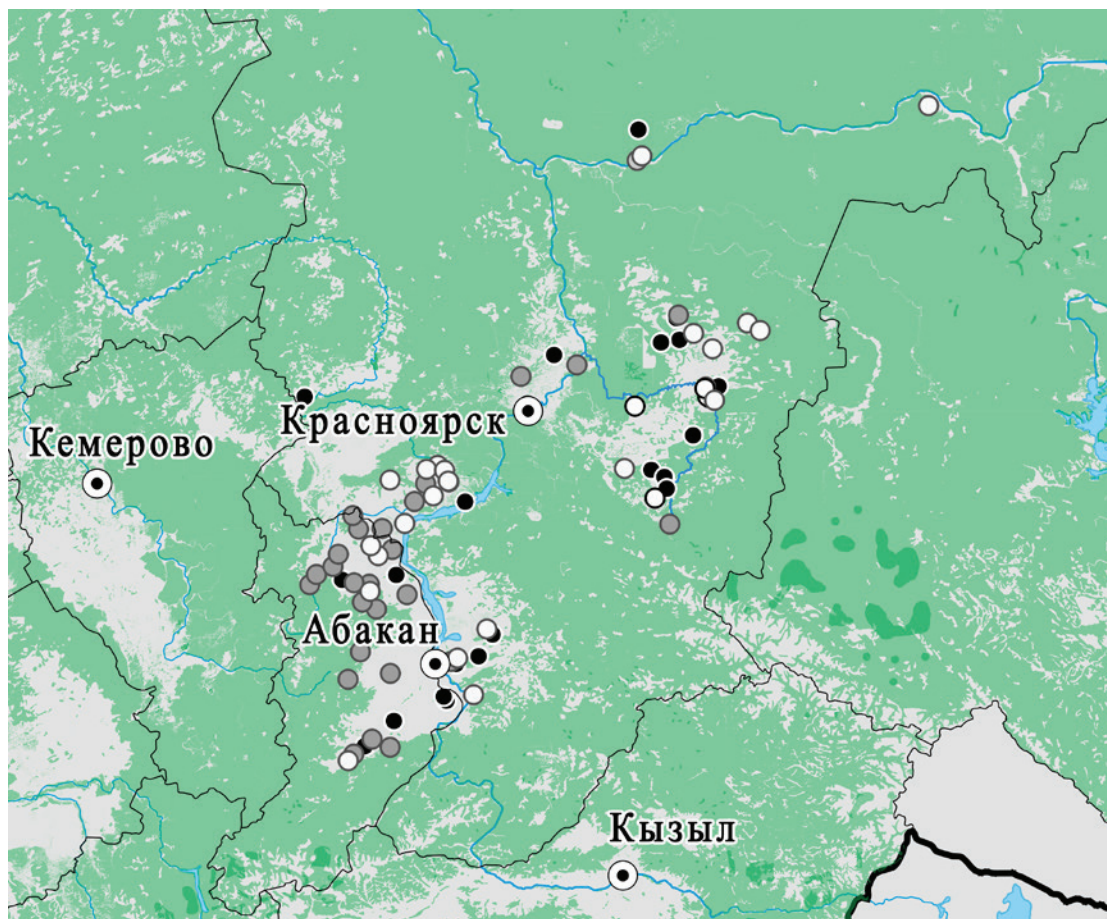
Spread of rabies in Republic of Khakasia and Krasnoyarsk Region during 2002-2004. Star denotes the first revealed focus (2002) while black, grey, and white dots denote other cases registered in 2002, 2003, and 2004, respectively

**Рисунок 3.**

Распространение бешенства на территории Республики Хакасия и Красноярского края в 2007-2009 гг. (черные точки – другие случаи за 2007 г., серые – 2008 г., белые – 2009 г.)

Figure 3.

Spread of rabies in Republic of Khakasia and Krasnoyarsk Region during 2007-2009. Black, grey, and white dots denote cases registered in 2007, 2008, and 2009, respectively



В 2008 г. зарегистрирован подъем заболеваемости, сначала в Хакасии на левобережье Енисея с ухудшением ситуации в 2009 г. на правобережье и в Канской лесостепи. Наблюдалось продвижение инфекции на периферийные участки котловин и по долине реки Ангара за пределы лесостепи: самая восточная точка отмечена в 60 км от границы с Иркутской областью (**рисунок 3**).

В 2010-2011 гг. отмечены наиболее удаленные на север точки регистрации бешенства в долине Енисея ниже впадения в него р. Ангара, а также увеличение числа случаев на самом юге Минусинской котловины. После 2012 г. заболеваемость снижалась в основном за счет уменьшения числа случаев в Красноярском крае. С 2013 по 2016 гг. бешенство не регистрировалось в Канской котловине и севернее Красноярска. В этот период эпизоотия продолжалась преимущественно на территории Хакасии и на западе Красноярского края в районе Ачинска и Назарово в долине р. Чулым. В 2016 г. выявлены очаги в Минусинской котловине на правобережье в районе, где в 2002 г. были зарегистрированы первые случаи (**рисунок 4**). С 2017-2018 гг. бешенство вновь распространилось в Канскую ле-

состепь и по Енисею севернее Красноярска.

В итоге с 2002 по 2016 гг. очаги бешенства были зарегистрированы практически на всей территории, занятой степными и лесостепными ландшафтами. С наибольшим постоянством заболевание выявлялось в пределах Минусинской, Чулымо-Енисейской и Назаровской котловин, с перерывами в несколько лет – в Канской лесостепи. На северо-восток бешенство в отдельные годы проникало на сотни км от места регистрации первых случаев по долинам крупных рек (**рисунок 5**). Наиболее удаленные на северо-восток случаи (севернее 57°30' с.ш.) регистрировались в основном среди домашних животных (20 – собаки, 2 – кошки, по 1 – волк и лисица).

Новые случаи выявлялись на расстоянии от 30 до 312 км от первичных очагов, зарегистрированных в предыдущем году. Средняя скорость распространения (по 50 промерам) составила $142,9 \pm 63,7$ км за отрезок времени от 1-го до 2-х лет (коэффициент вариации 44,6%). Максимальные расстояния: 220 км (волк, 2003-2004 гг.); 312 км (лисица, 2016-2017 гг.).

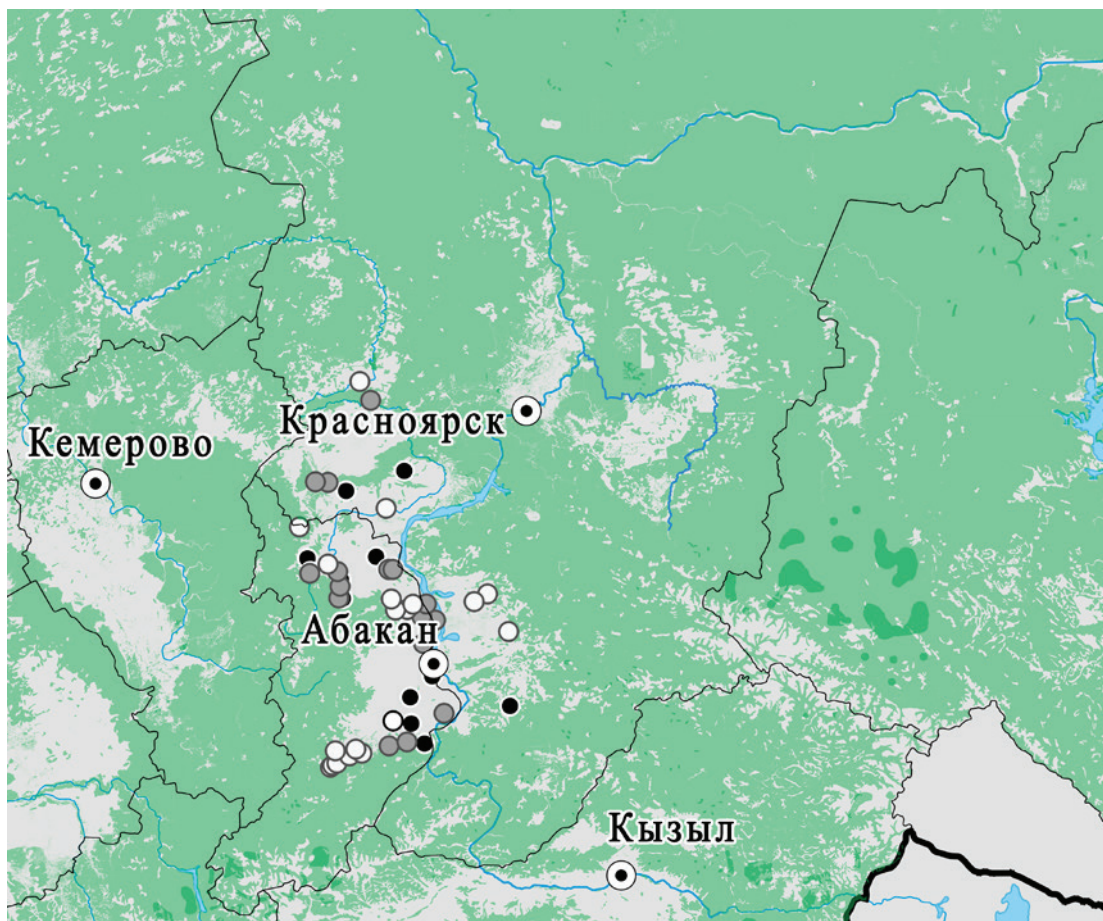
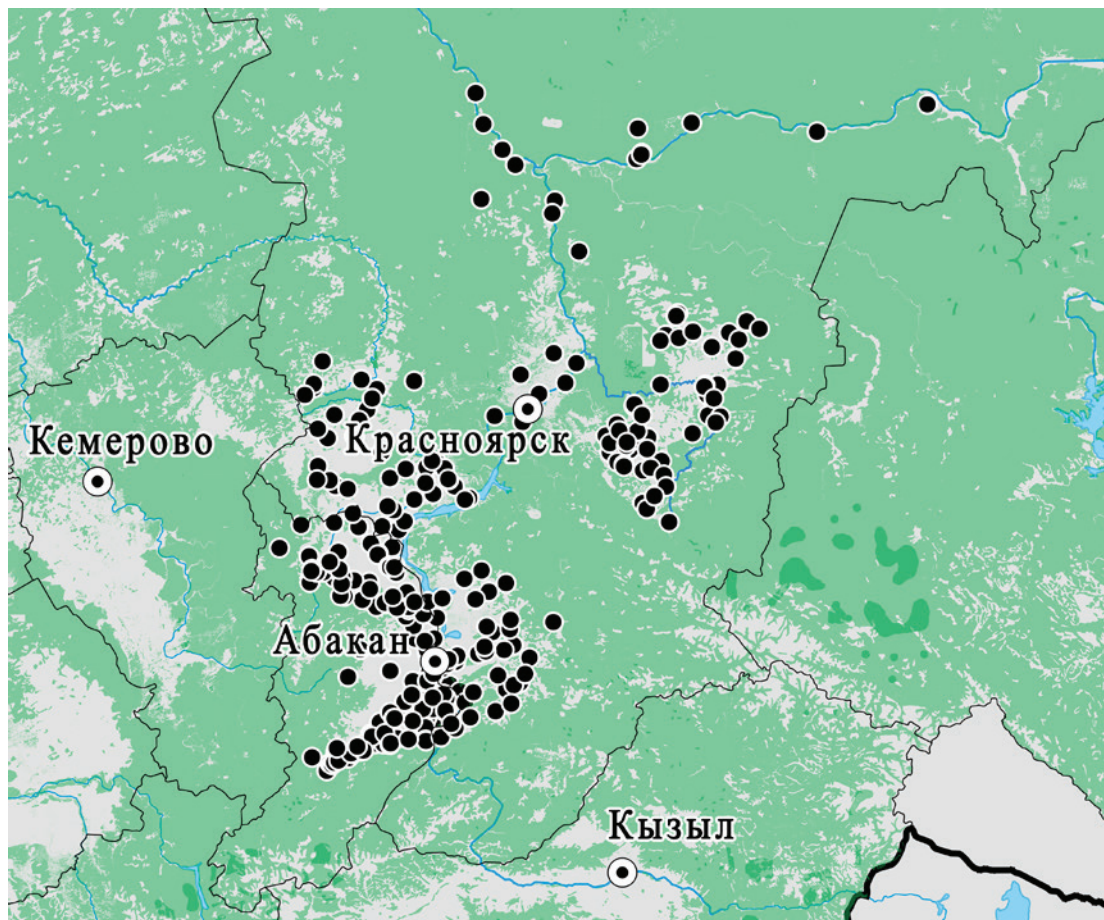


Рисунок 4. Распространение бешенства на территории Республики Хакасия и Красноярского края в 2014-2016 гг. (черные точки – 2014 г., серые – 2015 г., белые – 2016 г.)

Figure 4. Spread of rabies in Republic of Khakassia and Krasnoyarsk Region during 2014-2016. Black, grey, and white dots denote cases registered in 2014, 2015, and 2016, respectively

Рисунок 5.
Распространение
бешенства на тер-
ритории Республики
Хакасия и Краснояр-
ского края (суммар-
но за 2002-2018 гг.)

Figure 5.
Spread of rabies in
Republic of Khakassia
and Krasnoyarsk Re-
gion during 2002-2018



Обсуждение

На основании экологических предпосылок ранее предполагалось, что вирус бешенства может циркулировать среди диких животных в Приенисейских лесостепях. Параметры численности и плотности населения хищных млекопитающих семейства собачьих, прежде всего лисицы, допускали такую возможность [7,8]. Острова степных и лесостепных ландшафтов в межгорных котловинах Восточной Сибири благоприятны для развития сельского хозяйства. Здесь сосредоточены пахотные земли, поголовье сельскохозяйственных животных и проживает основная часть сельского населения региона [9,10]. Сочетание перечисленных условий определяет актуальность проблемы бешенства для этой части Сибири.

Природный очаг сформировался в результате заноса варианта вируса бешенства, адаптированного к лисице, что подтверждается результатами генотипирования. Вирус, выделенный во время первой вспышки в 2002 г. на юге Красноярского края, был наиболее близок к изолятам из Центрально-Тувинской степной котловины [14]. В результате дальнейших исследований было подтверждено генетическое сходство изолятов

из Хакасии и Красноярского края с вирусами, циркулирующими в республике Тыва, в Монголии и Западной Сибири [15]. На основании этих данных предполагалось, что занос вируса бешенства произошел из Тывы либо из лесостепных районов Кемеровской области [6,7,14]. Картограммы, представленные в статье, демонстрируют географическую близость соседних лесостепных территорий.

Последовательность дальнейших событий представляет значительный теоретический интерес для понимания закономерностей распространения вируса в популяции восприимчивого хозяина. Роль основных экологических барьеров для распространения вируса здесь, очевидно, играют горные хребты, покрытые таежными лесами, мало благоприятными для обитания лисицы. Особенности горного рельефа принимались во внимание при проведении кампаний оральной вакцинации лисиц в Центральной Европе [3]. Межгорные котловины Приенисейской Сибири связаны сетью рек, замерзающих зимой, которые могут служить экологическими руслами для распространения хищных млекопитающих и вируса бешенства [2,3,7]. Результаты данного исследо-

вания наглядно демонстрируют значение этих экологических факторов и тесную связь вспышек бешенства с лесостепными ландшафтами. Обращает на себя внимание высокая скорость распространения вируса бешенства по территории: в течение первых трех лет после регистрации первого случая в эпизоотию были вовлечены все благоприятные местообитания, а больные бешенством животные обнаруживались на расстоянии более 400 км от первичного очага. По серии картограмм прослеживается распространение инфекции на периферийные участки лесостепи с прекращением там регистрации случаев в последующем, при сохранении циркуляции вируса в наиболее крупных по площади лесостепных котловинах. Такая «пульсирующая» пространственно-временная динамика эпизоотий достаточно четко проявлялась на протяжении 15 лет наблюдений. Это дает возможность, в соответствии с работой Г.Б. Малькова [11], выделить ядро очага в пределах Минусинской, Назаровской и Чулымо-Енисейской котловин, а также зону выноса инфекции в Канской лесостепи и интразональных ландшафтах по долинам крупных рек.

Очевидно, что в перспективе на модели этой территории имеется возможность получить новые научные данные о функционировании природных очагов бешенства с использованием методов филогенетического анализа и компьютерного моделирования, как это было показано в других районах мира [16].

Результаты исследования могут быть использованы на практике при планировании мероприятий по надзору и контролю за бешенством с перспективой эрадикации этого очага. Такая возможность представляется вполне реальной с помощью оральной вакцинации лисиц [3]. Можно рассчитывать на высокую эффек-

тивность этого метода с учетом относительной изолированности очага и данных об особенностях пространственной динамики вспышек. В заключение необходимо отметить важную эпидемиологическую особенность очага: случаев заболевания людей за период наблюдения с 2002 г. здесь не зарегистрировано.

Заключение

После заноса инфекции, зарегистрированного в 2002 г., эпизоотия бешенства в течение трех лет распространилась во все степные и лесостепные котловины Приенисейской Сибири, благоприятные для ведения сельского хозяйства. В последующем сформировалась «пульсирующая» в пространстве популяция вируса с ядром очага в Минусинской и Чулымо-Енисейской котловинах и зоной выноса в Канской лесостепи. Распространение бешенства за пределы межгорных котловин происходило по долинам крупных рек со средней скоростью около 150 км в год. Динамика эпизоотии, наглядно отображенная на картах, может быть востребована для организации мероприятий по борьбе с бешенством, включая оральную вакцинацию лисиц.

Источник финансирования

Данная работа не имела источников финансирования.

Funding

There is no funding for this project.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Литература / References:

1. Shabejkin AA, Zajkova ON, Gulyukin AM. Overview of the epizootic situation on rabies for 2015 in the Russian Federation. *Veterinary in Kuban*. 2016; (4): 4-6. Russian (Шабежкин А.А., Зайкова О.Н. Гулюкин А.М. Обзор эпизоотической ситуации по бешенству в Российской Федерации за период с 1991 по 2015 годы // Ветеринария Кубани. 2016. №4. С. 4-6).
2. Bourhy H, Kissi B, Audry L, Smreczak M, Sadkowska-Todys M, Kulonen K, et al. Ecology and evolution of rabies virus in Europe. *J Gen Virol*. 1999; 80(10): 2545-2557.
3. Freuling CM, Hampson K, Selhorst T, Schröder R, Meslin FX, Mettenleiter T C, et al. The elimination of fox rabies from Europe: determinants of success and lessons for the future. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2013; 368(1623): 20120142. doi: 10.1098/rstb.2012.0142.
4. Gribanova LYa, Malkov GB. Variability of epizootic pressure in natural foci of rabies in the steppe and forest-steppe of Western Siberia. *Questions of natural foci of the diseases*. Alma-Ata, 1978; (9): 107-111. Russian (Грибанова Л.Я., Мальков Г.Б. Изменчивость эпизоотической напряженности в природных очагах бешенства в степи и лесостепи Западной Сибири // Вопросы природной очаговости болезней. Алма-Ата. 1978. №9. С. 107-111).
5. Sidorov GN, Poleschuk EM, Sidorova DG. Natural foci

- of rabies in Russia in XX and beginning of XXI centuries. Veterinary Pathology. 2004; (3): 86-101. Russian (Сидоров Г.Н., Полещук Е.М., Сидорова Д.Г. Природные очаги бешенства в России в XX – начале XXI веков // Ветеринарная патология. 2004. №3. С. 86-101).
6. Sidorova DG, Sidorov GN, Poleschuk EM, Kolychev NM. Rabies in East Siberia in XX- beginning XXI. Acta Biomedica Scientifica. 2007; 3S (55): 168-172. Russian (Сидорова Д. Г., Сидоров Г. Н., Полещук Е. М., Колычев Н.М. Бешенство в Восточной Сибири в XX – начале XXI веков // Acta Biomedica Scientifica. 2007. 3S (55). С. 168-172).
 7. Poleschuk EM, Botvinkin AD, Tkachev SE, Sidorov GN, Demchin PM, Shmatova LV, et al. Rabies of wild animals in the south of Eastern Siberia at the beginning of the XXI century. Journal of Infectious Disease Pathology. 2010; T.17. (3): 112-114. Russian (Полещук Е.М., Ботвинкин А.Д., Ткачев С.Е., Сидоров Г.Н., Демчин П.М., Шматова Л.В. и др. Бешенство диких животных на юге Восточной Сибири в начале XXI века // Журнал инфекционной патологии. Иркутск. 2010. Т. 17. № 3. С. 112-114).
 8. Kuzmin IV. An arctic fox rabies virus strain as a cause of human rabies in Russian Siberia. Arch Virol. 1999; 144: 627-629.
 9. Bazhenova OI. The landscape-climatic types of exogenous relief-formation systems in subarid areas of southern Siberia. Geography and Natural Resources. 2006; (4): 57-65. Russian (Баженова О.И. Ландшафтно-климатические типы систем экзогенного рельефообразования субаридных районов юга Сибири // География и природные ресурсы. 2006. № 4. С. 57-65).
 10. Geographical description of Eastern Siberia. Available at: <https://vostok-sibir.ru/centralno-krasnoyarskiy-rajon/228-kanskaya> (accessed 14.05.2019). Russian (Географическое описание Восточной Сибири).
 11. Mal'kov GB. On the structure of the natural focus of rabies. In: Issues of infectious pathology. Omsk, 1973; 28-32. Russian (Мальков Г.Б. О структуре природного очага бешенства // Вопросы инфекционной патологии. Омск, 1973. С. 28-32).
 12. Sidorov GN, Savitskiy VP, Botvinkin AD. Landscape distribution of carnivorous mammals of the canine family (Canidae) as a factor in the formation of the rabies virus range in the southeast of the USSR. Zoology Journal. 1983; 62(5): 761-770. Russian (Сидоров Г.Н., Савицкий В.П., Ботвинкин А.Д. Ландшафтное распределение хищных млекопитающих семейства собачьих (Canidae) как фактор формирования ареала вируса бешенства на юго-востоке СССР // Зоологический журнал. 1983. 62(5). С. 761-770).
 13. Botvinkin AD, Sidorov GN. On the minimum number of hosts required for the continuous circulation of the rabies virus. Bulletin of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences. 1993; 13(4): 48-50. Russian (Ботвинкин А.Д., Сидоров Г.Н. О минимальной численности хозяев, необходимой для непрерывной циркуляции вируса бешенства // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 1993. 13(4). С. 48-50).
 14. Botvinkin AD, Kuzmin IV, McElhinney LM, Johnson N, Fooks AR. The diversity of rabies virus in Russia demonstrated by anti-nucleocapsid monoclonal antibody application and limited gene sequencing. Dev Biol. 2006; 125: 79-90.
 15. Deviatkin AA, Lukashev NL, Poleschuk EM, Dedkov VG, Tkachev SE, Sidorov GN, et al. The phylogenetics of the rabies virus in the Russian Federation. PLoS One. 2017; 12(2): e0171855. doi: 10.1371/journal.pone.0171855.
 16. Biek R, Henderson JC, Waller LA, Rupprecht CE, Real LA. A high-resolution genetic signature of demographic and spatial expansion in epizootic rabies virus. Proc Natl Acad Sci U S A. 2007; 104 (19): 7993-7998.

Сведения об авторах

Зарва Иван Дмитриевич, аспирант и ассистент кафедры эпидемиологии, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Иркутск, Россия.

Вклад в статью: разработка дизайна исследования, сбор данных, компьютерное картографирование, написание статьи.

ORCID: 0000-0002-4225-5998

Ботвинкин Александр Дмитриевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой эпидемиологии ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Иркутск, Россия.

Вклад в статью: разработка дизайна исследования, написание и корректировка статьи.

ORCID: 0000-0002-0920-1330

Горяев Дмитрий Владимирович, руководитель Управления Роспотребнадзора по Красноярскому краю, г. Красноярск, Россия.

Вклад в статью: сбор данных.

ORCID: 0000-0001-6450-4599

Демчин Петр Михайлович, директор ГКУ «Краевая ветеринарная лаборатория» по Красноярскому краю, г. Красноярск, Россия.

Вклад в статью: сбор данных.

ORCID: 0000-0002-2040-3582

Authors

Ivan D. Zarva, Senior Researcher, Department of Epidemiology, Irkutsk State Medical University, Russian Federation.

Contribution: designed the study, data collection, computer cartography, wrote the manuscript.

ORCID: 0000-0002-4225-5998

Prof. Alexandr D. Botvinkin, MD, DSc, Professor, Head of the Department Epidemiology, Irkutsk State Medical University, Russian Federation, Russian Federation.

Contribution: designed the study, wrote and corrected the manuscript.

ORCID: 0000-0002-0920-1330

Dmitry V. Goryaev, Head of the Federal Service on surveillance for consume rights protection and human well-being in Krasnoyarsk Region, Krasnoyarsk, Russian Federation.

Contribution: data collection.

ORCID: 0000-0001-6450-4599

Petr M. Demchin, Head of the Regional Veterinary laboratory in Krasnoyarsk Region, Krasnoyarsk, Russian Federation.

Contribution: data collection.

ORCID: 0000-0002-2040-3582

Galina M. Dmitrieva, PhD, Head of the Department Epidemiology, Federal Service on surveillance for consume rights protection and human well-being in Krasnoyarsk Region, Krasnoyarsk, Russian Federation.

Contribution: data collection.

ORCID: 0000-0001-6450-4599

Дмитриева Галина Михайловна, к.м.н., заведующий
эпидемиологическим отделом Управления Роспотребнадзора
по Красноярскому краю, г. Красноярск, Россия.

Вклад в статью: сбор данных.

ORCID: 0000-0001-6450-4599

Зайкова Татьяна Анатольевна, директор ГКУ «Хакасская
ветеринарная лаборатория», г. Абакан, Россия.

Вклад в статью: сбор данных.

ORCID: 0000-0001-6251-6828

Луценко Галина Викторовна, вирусолог ГКУ «Хакасская
ветеринарная лаборатория», г. Абакан, Россия.

Вклад в статью: исследование образцов головного мозга на
бешенство.

ORCID: 0000-0001-6268-5128

Романова Татьяна Геннадьевна, руководитель Управления
Роспотребнадзора по Республике Хакасия, г. Абакан, Россия.

Вклад в статью: сбор данных.

ORCID: 0000-0002-2690-7378

Русин Максим Владимирович, начальник отдела
эпидемиологического надзора Управления Роспотребнадзора
по Красноярскому краю, г. Красноярск, Россия.

Вклад в статью: сбор данных.

ORCID: 0000-0001-5481-2790

Сорокина Ольга Валиахметовна, эпидемиолог ФБУЗ
«Центр гигиены и эпидемиологии» по Красноярскому краю,
г. Красноярск, Россия.

Вклад в статью: сбор данных.

ORCID: 0000-0003-4503-9331

Сутурина Юлия Эдуардовна, заместитель начальника отдела
эпидемиологического надзора Управления Роспотребнадзора по
Красноярскому краю, г. Красноярск, Россия.

Вклад в статью: сбор данных.

ORCID: 0000-0003-1624-8839

Шалгинова Елена Юрьевна, начальник отдела
эпидемиологического надзора Управления Роспотребнадзора
по Республике Хакасия, г. Абакан, Россия.

Вклад в статью: сбор данных.

ORCID: 0000-0003-1379-3305

Шматова Лидия Викторовна, вирусолог ГКУ «Краевая
ветеринарная лаборатория» по Красноярскому краю,
г. Красноярск, Россия.

Вклад в статью: исследование образцов головного мозга на
бешенство.

ORCID: 0000-0002-1466-5885

Корреспонденцию адресовать:

Ботвинкин Александр Дмитриевич
664003, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1
botvinkin_ismu@mail.ru

Для цитирования:

Зарва И.Д., Ботвинкин А.Д., Горяев Д.В., Демчин П.М.,
Дмитриева Г.М., Зайкова Т.А., Луценко Г.В., Романова Т.Г.,
Русин М.В., Сорокина О.В., Сутурина Ю.Э., Шалгинова
Е.Ю., Шматова Л.В. Анализ распространения бешенства в
островных лесостепях Восточной Сибири на основе ГИС-
технологий // Фундаментальная и клиническая медицина.
2019. Т. 4, № 2. С. 48-57. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2019-4-2-48-57>.

Статья поступила: 14.05.2019

Принята в печать: 31.05.2019

Tatyana A. Zaykova, Head of the Reginal veterinary laboratory in
Republic of Khakasia, Abakan, Russian Federation.

Contribution: data collection.

ORCID: 0000-0001-6251-6828

Galina V. Lutcenko, Virologist of the Reginal veterinary
laboratory in Republic of Khakasia, Abakan, Russian Federation.

Contribution: tested brain samples on rabies.

ORCID: 0000-0001-6268-5128

Tatyana G. Romanova, Head of the Federal Service on
surveillance for consume rights protection and human well-being
in Republic of Khakasia, , Abakan, Russian Federation.

Contribution: data collection.

ORCID: 0000-0002-2690-7378

Maksim V. Rusin, Head of the Federal Service on surveillance for
consume rights protection and human well-being in Krasnoyarsk
Region, Krasnoyarsk, Russian Federation.

Contribution: data collection.

ORCID: 0000-0001-5481-2790

Olga V. Sorokina, epidemiologist, Center for Hygiene and
Epidemiology in Krasnoyarsk Region, Krasnoyarsk, Russian
Federation.

Contribution: data collection.

ORCID: 0000-0003-4503-9331

Ylia E. Suturina, Vice-shief of the Federal Service on surveillance
for consume rights protection and human well-being in
Krasnoyarsk Region, Krasnoyarsk, Russian Federation.

Contribution: data collection.

ORCID: 0000-0003-1624-8839

Elena Yu. Shalginova, Head of the Federal Service on
surveillance for consume rights protection and human well-being
in Republic of Khakasia, , Abakan, Russian Federation.

Contribution: data collection.

ORCID: 0000-0003-1379-3305

Lidia V. Shmatova, Virologist of the Regional Veterinary
laboratory in Krasnoyarsk Region, Krasnoyarsk, Russian
Federation.

Contribution: tested brain samples on rabies.

ORCID: 0000-0002-1466-5885

Corresponding author:

Alexandr D. Botvinkin
1, Krasnogo Vosstaniya Street, Irkutsk, 664003, Russian Federation
botvinkin_ismu@mail.ru

For citation:

Ivan D. Zarva, Alexandr D. Botvinkin, Dmitry V. Goryaev, Petr
M. Demchin, Galina M. Dmitrieva, Tatiana A. Zaykova, Galina
V. Lutcenko, Tatiana G. Romanova, Maksim V. Rusin, Olga
V. Sorokina, Yulia E. Suturina, Elena Yu. Shalginova, Lidia V.
Shmatova. Geographic information system analysis of rabies
spread in island forest-steppe of East Siberia. Fundamental
and Clinical Medicine. 2019; 4 (2): 48-57. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2019-4-2-48-57>.

Received: 14.05.2019

Accepted: 31.05.2019