



Возвращение бешенства после многолетнего межэпизоотического периода (Амурская область, Россия)

А. Д. Ботвинкин¹, И. Д. Зарва², И. В. Мельцов³, С. А. Чупин⁴, Е. М. Полещук⁵, Н. Г. Зиняков⁶, С. В. Самохвалов⁷,
И. В. Соловей⁸, Н. В. Яковлева⁹, Г. Н. Сидоров¹⁰, И. А. Бойко¹¹, В. Г. Юдин¹², Е. И. Андаев¹³, А. Е. Метлин¹⁴

^{1,2} ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России (ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России), г. Иркутск, Россия

³ ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского» (ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ), г. Иркутск, Россия

^{4,6} ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ»), г. Владимир, Россия

^{5,10} ФБУН «Омский НИИ природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора, г. Омск, Россия

^{7,8} Управление ветеринарии Амурской области, г. Благовещенск, Россия

⁹ ГБУ АО «Амурская областная ветеринарная лаборатория», г. Благовещенск, Россия

¹⁰ ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет» (ФГБОУ ВО «ОмГПУ»), г. Омск, Россия

¹¹ Управление Роспотребнадзора по Амурской области, г. Благовещенск, Россия

¹² ФГБУН «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии»

Дальневосточного отделения Российской академии наук (ФНЦ биоразнообразия ДВО РАН), г. Владивосток, Россия

¹³ ФКУЗ Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора, г. Иркутск, Россия

¹⁴ Совместный центр ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в продовольственной и сельскохозяйственной областях, Вена, Австрия

¹ <https://orcid.org/0000-0002-1324-7374>, e-mail: botvinkin_ismu@mail.ru

² <https://orcid.org/0000-0002-4225-5998>, e-mail: ivan_zarva@mail.ru

³ <https://orcid.org/0000-0001-8566-7004>, e-mail: ivanmeltsov@mail.ru

⁴ <https://orcid.org/0000-0002-2114-5589>, e-mail: chupin@arriah.ru

⁵ <https://orcid.org/0000-0002-8217-5159>, e-mail: e-poleschuk@yandex.ru

⁶ <https://orcid.org/0000-0002-3015-5594>, e-mail: zinyakov@arriah.ru

⁷ e-mail: samohvalov.sv@mail.ru

⁸ e-mail: ira.solovey.64@mail.ru

⁹ e-mail: amurvetlab@yandex.ru

¹⁰ <https://orcid.org/0000-0002-8344-7726>, e-mail: g.n.sidorov@mail.ru

¹¹ e-mail: zoo2@cge-amur.ru

¹² <https://orcid.org/0000-0002-0969-020X>, e-mail: vudin75@yandex.ru

¹³ <https://orcid.org/0000-0002-6612-479X>, e-mail: e.andaev@gmail.com

¹⁴ <https://orcid.org/0000-0002-4283-0171>, e-mail: metlin@iaea.org

РЕЗЮМЕ

Проведено описательное ретроспективное эпизоотологическое исследование в Амурской области (Дальний Восток России), где в 2018 г. выявлена вспышка бешенства, целью которого было проанализировать возможные пути заноса и особенности пространственно-временного распространения бешенства на территорию, которая оставалась свободной от этой инфекции с 1972 до 2018 г. В 2018–2021 гг. на бешенство были исследованы пробы головного мозга, полученные от 1416 животных. Подтверждено 47 случаев бешенства, доля диких животных (*Vulpes vulpes*, *Nyctereutes procyonoides*, *Canis lupus*) составила 66%. Первые случаи выявлены на расстоянии до 30 км от государственной границы с Китаем. Определены нуклеотидные последовательности гена нуклеопротеина 3 изолятов вируса бешенства и установлена их принадлежность к генетической линии Arctic-like-2. Генетически наиболее близкие к ним изоляты вируса бешенства были выявлены в провинции Хэйлунцзян (Китай, 2011 и 2018 гг.) и Еврейской автономной области (Россия, 1980 г.). Для картографирования случаев бешенства использовали геоинформационные системы и открытые данные дистанционного зондирования Земли. После 2018 г. эпизоотия распространялась в пределах лесостепных ландшафтов Зейско-Буреинской равнины, где заболевания людей и животных регистрировалось в прошлом (до 1972 г.). Фронт эпизоотии распространялся на северо-восточном направлении со средней скоростью 59 (16–302) км за один эпизоотический год (цикл). Занос вируса бешенства наиболее вероятен по долине реки Амур из неблагоприятных по бешенству районов России и Китая, расположенных ниже по течению.

Ключевые слова: бешенство, пространственно-временной анализ, возвращающиеся инфекции, трансграничные инфекции, Arctic-like-2

Благодарности: Исследование частично выполнено за счет гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации на реализацию отдельных мероприятий Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019–2027 годы (соглашение № 075-15-2021-1054).

Для цитирования: Ботвинкин А. Д., Зарва И. Д., Мельцов И. В., Чупин С. А., Полещук Е. М., Зиняков Н. Г., Самохвалов С. В., Соловей И. В., Яковлева Н. В., Сидоров Г. Н., Бойко И. А., Юдин В. Г., Андаев Е. И., Метлин А. Е. Возвращение бешенства после многолетнего межэпизоотического периода (Амурская область, Россия). *Ветеринария сегодня*. 2022; 11 (4): 309–318. DOI: 10.29326/2304-196X-2022-11-4-309-318.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© Ботвинкин А. Д., Зарва И. Д., Мельцов И. В., Чупин С. А., Полещук Е. М., Зиняков Н. Г., Самохвалов С. В., Соловей И. В., Яковлева Н. В., Сидоров Г. Н., Бойко И. А., Юдин В. Г., Андаев Е. И., Метлин А. Е., 2022

Для корреспонденции: Ботвинкин Александр Дмитриевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой эпидемиологии ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, 664003, Россия, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1, e-mail: botvinkin_ismu@mail.ru.

Rabies re-emergence after long-term disease freedom (Amur Oblast, Russia)

A. D. Botvinkin¹, I. D. Zarva², I. V. Meltsov³, S. A. Chupin⁴, E. M. Poleshchuk⁵, N. G. Zinyakov⁶, S. V. Samokhvalov⁷, I. V. Solovey⁸, N. V. Yakovleva⁹, G. N. Sidorov¹⁰, I. A. Boyko¹¹, V. G. Yudin¹², E. I. Andaev¹³, A. Ye. Metlin¹⁴

^{1,2} FSBEI HE "Irkutsk State Medical University" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation (FSBEI HE ISMU MOH Russia), Irkutsk, Russia

³ FSBEI HE "Irkutsk State Agricultural University named after A. A. Ezhevsky" (FSBEI HE Irkutsk SAU), Irkutsk, Russia

^{4,6} FGBI "Federal Centre for Animal Health" (FGBI "ARRIAH"), Vladimir, Russia

^{5,10} Omsk Research Institute of Natural Focal Infections, Omsk, Russia

^{7,8} Department of Veterinary of the Amur Oblast, Blagoveshchensk, Russia

⁹ Amur Oblast Veterinary Laboratory, Blagoveshchensk, Russia

¹⁰ Omsk State Pedagogical University, Omsk, Russia

¹¹ Rosпотребнадзор Territorial Administration for the Amur Oblast, Blagoveshchensk, Russia

¹² Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (FSCEATB FEB RAS), Vladivostok, Russia

¹³ Irkutsk Antiplague Research Institute of Siberia and Far East, Irkutsk, Russia

¹⁴ Joint FAO/IAEA Centre of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, Vienna, Austria

¹ <https://orcid.org/0000-0002-1324-7374>, e-mail: botvinkin_ismu@mail.ru

² <https://orcid.org/0000-0002-4225-5998>, e-mail: ivan_zarva@mail.ru

³ <https://orcid.org/0000-0001-8566-7004>, e-mail: ivanmeltsov@mail.ru

⁴ <https://orcid.org/0000-0002-2114-5589>, e-mail: chupin@arriah.ru

⁵ <https://orcid.org/0000-0002-8217-5159>, e-mail: e-poleschuk@yandex.ru

⁶ <https://orcid.org/0000-0002-3015-5594>, e-mail: zinyakov@arriah.ru

⁷ e-mail: samokhvalov.sv@mail.ru

⁸ e-mail: ira.solovey.64@mail.ru

⁹ e-mail: amurvetlab@yandex.ru

¹⁰ <https://orcid.org/0000-0002-8344-7726>, e-mail: g.n.sidorov@mail.ru

¹¹ e-mail: zoo2@cge-amur.ru

¹² <https://orcid.org/0000-0002-0969-020X>, e-mail: vudin75@yandex.ru

¹³ <https://orcid.org/0000-0002-6612-479X>, e-mail: e.andaev@gmail.com

¹⁴ <https://orcid.org/0000-0002-4283-0171>, e-mail: metlin@iaea.org

SUMMARY

Retrospective descriptive epizootological study was conducted in the Amur Oblast (Russian Far East), where a rabies outbreak was reported in 2018. The aim of the study was to analyze probable routes of rabies introduction and features of its spatial and temporal spread in the territory that remained free from this infection from 1972 to 2018. In 2018–2021, altogether 1,416 animals were examined for the infection with the rabies virus. Forty-seven animal rabies cases were confirmed; the proportion of wild animals (*Vulpes vulpes*, *Nyctereutes procyonoides*, *Canis lupus*) amounted to 66%. The first cases were detected within 30 km from the state border with China. Nucleotide sequences of the nucleoprotein gene of three rabies virus isolates were determined and their belonging to the Arctic-like-2 genetic lineage was established. Genetically closest rabies virus isolates have been found in Heilongjiang Province (China, 2011, 2018) and Jewish Autonomous Oblast (Russia, 1980). GIS and open Earth remote sensing data were used to map the rabies cases. After 2018, the epizootic spread within the forest-steppe landscapes of the Zeya-Bureya Plain, where human and animal rabies cases had been earlier reported (until 1972). The front of the epizootic spread in a north-eastern direction at an average speed of 59 (16–302) km during one epizootic cycle. The introduction of the rabies virus was most likely along the Amur River valley from downstream regions of Russia and China that are rabies infected.

Keywords: rabies, spatiotemporal analysis, re-emerging infections, cross-border infections, Arctic-like-2

Acknowledgements: The study was partially financed by funds of the grant from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for the implementation of certain activities under the Federal Scientific and Technical Program for the Development of Genetic Technologies for 2019–2027 (Agreement No. 075-15-2021-1054).

For citation: Botvinkin A. D., Zarva I. D., Meltsov I. V., Chupin S. A., Poleshchuk E. M., Zinyakov N. G., Samokhvalov S. V., Solovey I. V., Yakovleva N. V., Sidorov G. N., Boyko I. A., Yudin V. G., Andaev E. I., Metlin A. Ye. Rabies re-emergence after long-term disease freedom (Amur Oblast, Russia). *Veterinary Science Today*. 2022; 11 (4): 309–318. DOI: 10.29326/2304-196X-2022-11-4-309-318.

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

For correspondence: Aleksandr D. Botvinkin, Doctor of Science (Medicine), Professor, Head of Department of Epidemiology, FSBEI HE ISMU MOH Russia, 664003, Russia, Irkutsk, ul. Krasnogo Vosstaniya, 1, e-mail: botvinkin_ismu@mail.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на низкие показатели заболеваемости людей бешенством в Российской Федерации, борьба с этой зоонозной инфекцией остается актуальной государственной задачей. После 2010 г. в стране регистрировалось ежегодно в среднем около 3300 случаев бешенства диких и домашних животных [1, 2]. Природные очаги бешенства занимают огромную территорию, и в последние десятилетия наблюдается проникновение инфекции в районы, ранее свободные от данного зооноза. В некоторых районах России, в том числе на Дальнем Востоке, сохраняется и даже относительно возрастает значение собак как источника инфекции для человека [1, 3–5]. Собаки остаются основными резервуаром бешенства в Китае, где распространены варианты вируса, активно циркулирующие в антропоургических очагах. Заболеваемость людей в этой стране в последние годы снижается, но ежегодно регистрируются сотни случаев после укусов собак [6,7]. В свете этих данных на востоке Азии требуются дополнительные усилия для реализации проекта Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), направленного на глобальную ликвидацию заболеваний людей бешенством в результате заражения от собак [8].

В прошлом бешенство было широко распространено в Амурской области. В 1912 г. в Благовещенске открылась одна из первых на Дальнем Востоке пастеровских станций, и с этого времени началось документирование случаев заболевания бешенством и ведение учета людей, пострадавших от укусов животных. До 1957 г. было зарегистрировано 34 случая смерти людей от бешенства на фоне эпизоотий, преимущественно среди собак. В 1972 г. отмечена последняя вспышка среди крупного рогатого скота, предположительно, связанная с нападением на стадо бешеного волка [9]. С тех пор Амурская область считалась благополучной по бешенству. В 2018 г. после многолетнего периода эпизоотического благополучия на территории региона были вновь зарегистрированы случаи заболевания бешенством диких и сельскохозяйственных животных [2, 3].

Цель исследования – проанализировать возможные пути проникновения и особенности пространственно-временного распространения бешенства на территорию, которая оставалась свободной от этой инфекции более 45 лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ретроспективный анализ заболеваемости бешенством проведен по двум временным периодам: 2018–2021 и 1946–1972 гг. После 2018 г. обобщены официальные данные о животных с лабораторно подтвержденным диагнозом ($n = 47$) и сведения, собранные при обследовании эпизоотических очагов. Для выявления циркуляции вируса бешенства на территории области в 2018–2021 гг. исследованы пробы от 1094 диких и 322 домашних и сельскохозяйственных животных. Головной мозг животных с подозрением на бешенство, а также животных, добытых охотниками в связи с проведением активного вирусологического мониторинга, исследовали в соответствии с ГОСТ 26075–2013 «Животные. Методы лабораторной диагностики бешенства». Картографический анализ заболеваемости людей бешенством за 1949–1972 гг. проведен по ранее опубликованным данным [9].

Картографирование выполнено с помощью программы QGIS 3.2.1 на основе электронной ландшафтно-географической карты Natural Earth и открытых данных аэрокосмической съемки Google Earth. Точки на карту наносили по географическим координатам места выявления случая бешенства у животного. Случаи заболевания людей нанесены на карту по месту заражения. Картографический анализ текущей эпизоотии выполнен по эпизоотическим годам (в дальнейшем – циклам): с июля текущего года до июня следующего календарного года [10]. Скорость распространения эпизоотии оценивали по среднему расстоянию от точки регистрации первого случая до всех случаев, выявленных в текущем и последующих эпизоотических циклах (в скобках указаны минимальные и максимальные значения).

Выполнено молекулярно-биологическое исследование 3 изолятов вируса бешенства из района, где в 2018 г. зарегистрированы первые случаи заболевания. Выделение РНК из 10%-й суспензии головного мозга животных, обратную транскрипцию, амплификацию фрагментов кДНК и их нуклеотидное секвенирование проводили, как описано ранее [11]. Филогенетический анализ изолятов вируса бешенства выполнен в программе MEGA X [12] с использованием алгоритма *maximum likelihood*. Для этого проанализированы последовательности гена N, депонированные в электронной базе данных GenBank: все имеющиеся в базе представители генетической группы Arctic-like-2, некоторые представители генетических групп Arctic-like-1 и Arctic, а также представители группы «степных» изолятов (Steppe) из регионов, географически близких к Амурской области. Поиски и определение степени сходства последовательностей проводили с помощью компьютерной поисковой системы BLAST¹.

Данные по численности лисицы, волка и енотовидной собаки заимствованы с сайта управления по охране, контролю и регулированию использования объектов животного мира и среды их обитания Амурской области [13] с уточнениями [12, 14, 15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первый случай бешенства на территории Амурской области лабораторно подтвержден у крупного рогатого скота 10 ноября 2018 г. в 30 км от государственной границы (с. Шурино Михайловского района). Заражение произошло, предположительно, после забега лисицы в населенный пункт. Почти одновременно, 15 ноября, в административном центре этого района (с. Поярково), расположенном на берегу р. Амур, видеосъемкой зафиксированы явные клинические признаки бешенства у лисицы, бросавшейся на собаку и автомобиль². Лисица убежала, но диагноз не оставляет сомнений. На территории района оперативно был организован отстрел диких животных, в результате выявлено 9 случаев бешенства у лисиц (*Vulpes vulpes*) и енотовидных собак (*Nyctereutes procyonoides*). До конца ноября бешенство лабораторно подтверждено в этом же районе у лошади и крупного рогатого скота. В декабре 2018 г. в ходе активного вирусологического мониторинга выявлены

¹ BLAST. Режим доступа: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi> (дата обращения: 20.03.2022).

² В амурском селе заметили лисицу с признаками бешенства (видео). Режим доступа: <https://www.amur.info/news/2018/11/15/146089> (дата обращения: 14.02.2022).

Таблица
Распределение лабораторно подтвержденных случаев бешенства в Амурской области по годам и видам животных (2018–2021 гг.)

Table
Yearly and species distribution of the laboratory confirmed animal rabies cases in the Amur Oblast (2018–2021)

Виды животных	Количество случаев бешенства по годам					Доля в общей сумме случаев, % (в скобках 95%-й доверительный интервал)
	2018	2019	2020	2021	Всего	
Лисица	10	5	2	2	19	40,4 (26,3–54,5)
Волк	0	3	2	2	7	14,9 (4,7–25,1)
Енотовидная собака	3	1	0	1	5	10,7 (1,9–19,5)
Домашняя собака	0	1	1	6	8	17,0 (6,2–27,8)
Крупный рогатый скот	2	1	0	4	7	14,9 (4,7–25,1)
Лошадь	1	0	0	0	1	2,1 (0–6,2)
Всего	16	11	5	15	47	100

случаи заболевания бешенством у лисиц и енотовидной собаки в 3 соседних районах – Октябрьском, Константиновском, Завитинском.

В марте 2019 г. особое внимание привлекли 3 случая бешенства волков (*Canis lupus*), зарегистрированные в Михайловском районе в связи с забегами этих животных в населенные пункты и нападением на людей. Одного из этих волков пограничники видели в охраняемой приграничной полосе. Активный мониторинг позволил выявить бешенство у диких животных еще в 3 районах – Белогорском, Бурейском и Октябрьском. В нескольких населенных пунктах местные жители обнаруживали собак и лисиц с клиническими признаками бешенства, но животные убежали или были убиты и сожжены на месте. В конце 2019 г. заболевания лисиц и крупного рогатого скота подтверждены в Ромненском районе. В этом районе, а также в Тамбовском и Белогорском эпизоотия среди диких животных продолжалась до июня 2020 г. В 2021 г. основная часть случаев выявлена в районах,

значительно удаленных от первичного очага, – Серышевском, Свободненском и Мазановском. В то же время в районах, которые были поражены в 2018 г., заболеваний бешенством в 2020–2021 гг. не зарегистрировано. Последний случай за анализируемый период датирован 22 октября 2021 г. В итоге в 2018–2021 гг. бешенство выявлено в 13 административных районах Амурской области.

Основным источником вируса бешенства были дикие животные, доля которых в структуре заболевших животных составила 66%. Чаще всего, особенно в начале эпизоотии, бешенство выявлялось у лисиц (табл.). Заболевания собак регистрировались редко, преимущественно в конце анализируемого периода в поселениях городского типа, при этом в 5 случаях из 8 бешенство подтверждено у собак, не имевших владельца. Частота получения положительных на бешенство результатов при исследовании проб биоматериала от диких животных, добытых в ходе активного мониторинга или найденных больными (мертвыми) в природе и населенных пунктах, в 2018 г. составила 4,0% ($n = 326$), в 2019 г. – 1,6% ($n = 576$), в 2020 г. – 3,4% ($n = 117$), в 2021 г. – 6,7% ($n = 75$). Сбор проб проводился как в южных лесостепных, так и в северных таежных районах от животных различных систематических групп, включая куньих (*Mustelidae*), медвежьих (*Ursidae*), оленевых (*Cervidae*), грызунов (*Rodentia*), но положительные на бешенство результаты получены только у животных семейства псовых (*Canidae*).

Резервуарная роль диких хищных млекопитающих подтверждается при анализе сезонного распределения зарегистрированных случаев бешенства. В начале осеннего подъема заболеваемости регистрировалось бешенство диких и сельскохозяйственных животных, во второй половине годового эпизоотического цикла (в марте – июне) выявлялись заболевания собак (рис. 1). Основная часть зарегистрированных случаев приходится на холодный период года.

Определены нуклеотидные последовательности гена N изолята вируса бешенства 2981/2018/Amur, выделенного от крупного рогатого скота из первого зарегистрированного эпизоотического очага в ноябре 2018 г. (полноразмерный ген, 1353 н. о.), а также изолятов Rus(Amur)8853rd и Rus(Amur)8855f (фрагмент гена, 1110 н. о.) от енотовидной собаки и лисицы соответственно, бешенство у которых выявлено в соседних населенных пунктах в 2018 г. Полученные нуклеотидные последовательности депонированы в базу данных GenBank под номерами MN384722, ON246188 и ON246189. Их анализ показывает, что сравниваемые участки генома изолятов 2981/2018/Amur и Rus(Amur)8855f идентичны, а последовательность изолята Rus(Amur)8853rd отличается от них одним нуклеотидом.

Филогенетические взаимоотношения изучаемых изолятов с другими вирусами бешенства представлены на рисунке 2. Установлено, что изоляты из Амурской области имеют наибольшую степень родства (95,0–99,4%) с вирусами, относящимися к генетической группе Arctic-like-2. Максимальное сходство они проявляют с изолятом TJ11-RD от козы (г. Тунцзян, провинция Хэйлуцзян, Китай, 2011 г.) – 99,4%, изолятом HLJ01 от енотовидной собаки из той же провинции (точное место неизвестно, 2018 г.) – 98,6%, а также с российским изолятом 857г от енотовидной собаки

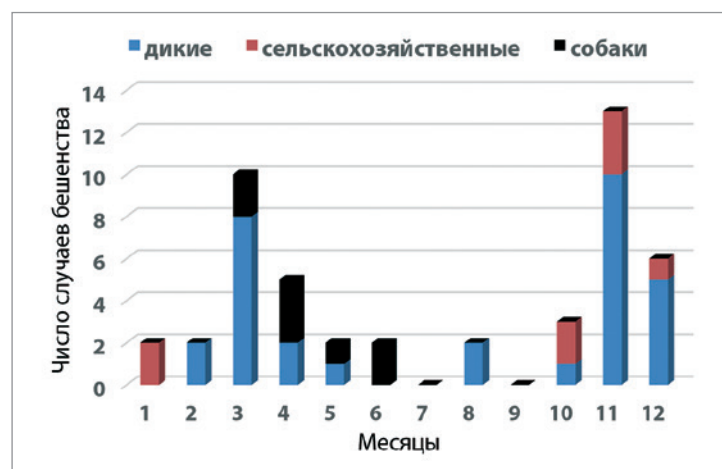


Рис. 1. Сезонное распределение подтвержденных случаев бешенства животных в Амурской области в 2018–2021 гг.

Fig. 1. Seasonal distribution of the confirmed animal rabies cases in the Amur Oblast, 2018–2021

(п. Ленинское, Еврейская автономная область, Россия, 1980 г.) – 98,9%. Следует подчеркнуть, что п. Ленинское и г. Тунцзян расположены примерно в 30 км друг от друга в долине р. Амур, что свидетельствует о многолетней циркуляции близкородственных вариантов вируса бешенства на равнинных территориях России и Китая в среднем течении Амура. Чуть меньшее сходство (98,3%) амурские изоляты проявляют с изолятами из Забайкальского и Приморского краев (1979–1980 гг.), еще меньшее (97,6–97,8%) – с изолятами, выявленными в китайских провинциях Хэбэй, Джилин, Ляонин, Внутренняя Монголия с 2007 по 2020 г. Родство с другими представителями группы Arctic-like-2 из Китая, Монголии, Южной Кореи и Японии составляет 95,0–97,5%. Еще меньшее генетическое сходство изолятов из Амурской области наблюдается с вирусами бешенства генетических групп Arctic-like-1, Arctic и Steppe, распространенными на сопредельных территориях, – менее 92 и 90% соответственно. К настоящему времени вирусы группы Arctic-like-2 в Сибири западнее оз. Байкал и в европейской части России не выявлены [3, 4, 16, 17].

При картографическом анализе прослеживается последовательное распространение бешенства преимущественно в северном и северо-восточном направлении от места выявления первого случая (рис. 3). В течение первого эпизоотического цикла (2018–2019 гг.) среднее расстояние от первичного очага до других очагов составило 49 (16–168) км; в 2019–2020 гг. – 174 (119–201) км; в 2020–2021 гг. – 229 (168–302) км; в первой половине цикла 2021–2022 гг. – 237 (190–300) км. Таким образом, скорость распространения эпизоотии постепенно замедлялась и за один эпизоотический цикл в среднем составила 59 (16–302) км. По мере продвижения эпизоотии регистрация заболеваний в первоначально пораженных районах прекратилась.

Численность лисицы с начала текущего столетия увеличивалась и достигла максимума в 2011 г. (рис. 4). За последние 10–15 лет промысел лисицы практически прекратился, и изменилось ее поведение [14]. Стали регистрироваться забеги внешне здоровых лисиц в населенные пункты и их неагрессивные контакты с людьми. После начала эпизоотии в 2018 г. поголовье лисицы к 2021 г. сократилось в 1,8 раза, численность енотовидной собаки – в 2,7 раза.

По данным многолетних наблюдений, численность енотовидной собаки снижается на многих территориях Дальнего Востока, включая Амурскую область, при одновременном увеличении численности лисицы. Соотношение численности этих двух видов в современный период изменилось в связи с сокращением площади местообитаний, благоприятных для енотовидной собаки, из-за осушения земель и расширения сельскохозяйственных угодий. Эти же процессы способствовали росту численности лисицы. Судя по ранее выполненным исследованиям, наиболее высокая плотность популяции енотовидной собаки и лисицы характерна для открытых лесостепных и пойменно-луговых участков на юге области: в оптимальных местообитаниях в конце прошлого века она достигала 7,3–10,4 и более 5,0 особей на 10 км² соответственно [14, 18, 19]. Эпизоотия выявлена в год наиболее высоких показателей численности волка на фоне ее постепенного увеличения (рис. 4).

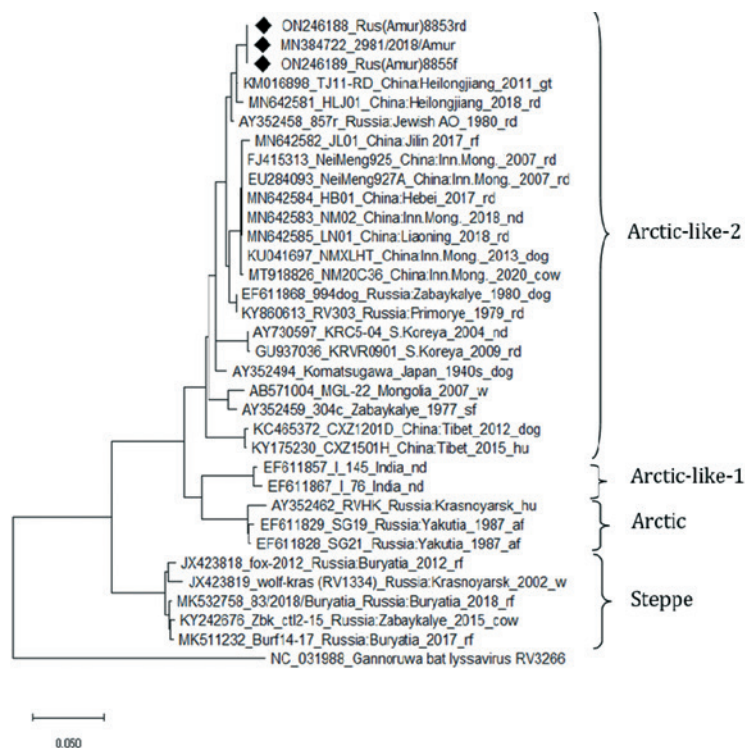


Рис. 2. Филогенетическое дерево, построенное на основании анализа нуклеотидных последовательностей фрагмента гена N размером 1110 н. (позиция в гене N: 100–1209) изолятов вируса бешенства. В качестве внешней группы использована последовательность лиссавируса летучих мышей Ганнорува. Фигурными скобками выделены генетические группы вируса бешенства. Ромбами маркированы изоляты из Амурской области. В подписях к остальным изолятам указаны: номер доступа в GenBank, название изолята, страна, регион (если известен) и год выявления, вид животного, от которого получен изолят: rd – енотовидная собака; rf – обыкновенная лисица; sf – корсак; af – песец; dog – собака; cow – крупный рогатый скот; w – волк; gt – коза; hu – человек; nd – нет данных

Fig. 2. Phylogenetic tree constructed according to the results of the phylogenetic analysis of nucleotide sequences of 1,110 bp fragment of N gene of the rabies virus isolates (location in N gene: 100–1209). Gannoruwa bat lyssavirus sequence was used as an outgroup. Rabies virus genetic groups are in curly brackets. Amur Oblast isolates are marked with rhombuses. Designations of the rest of the isolates include: GenBank accession number, name of the isolate, country, region (if known) and year of detection, animal species the isolate was recovered from; rd – raccoon dog; rf – red fox, sf – corsac fox; af – Arctic fox; dog – cow – bovines; w – wolf; gt – goat; hu – human; nd – no data

В 2018–2021 гг. бешенство распространялось в пределах Зейско-Буреинской равнины, преимущественно безлесной и распаханной. Прослеживается связь зарегистрированных очагов с долинами Амура, Зеи и других крупных рек (рис. 5). В середине прошлого века эпизоотии, сопровождавшиеся заболеваниями людей, имели сходное, но более широкое распространение, включая северные горно-таежные районы: Тындинский, Сквородинский, Мазановский (рис. 6). Эпизоотии регистрировались с 1948 по 1954 г. ежегодно, затем – в виде вспышек в 1957–1958, 1960, 1967–1969 и 1972 гг. В структуре заболевших животных преобладали собаки (48,6%) и сельскохозяйственные животные (46,5%), на долю кошек и диких животных приходилось 2,8 и 2,1% соответственно. Но среди источников

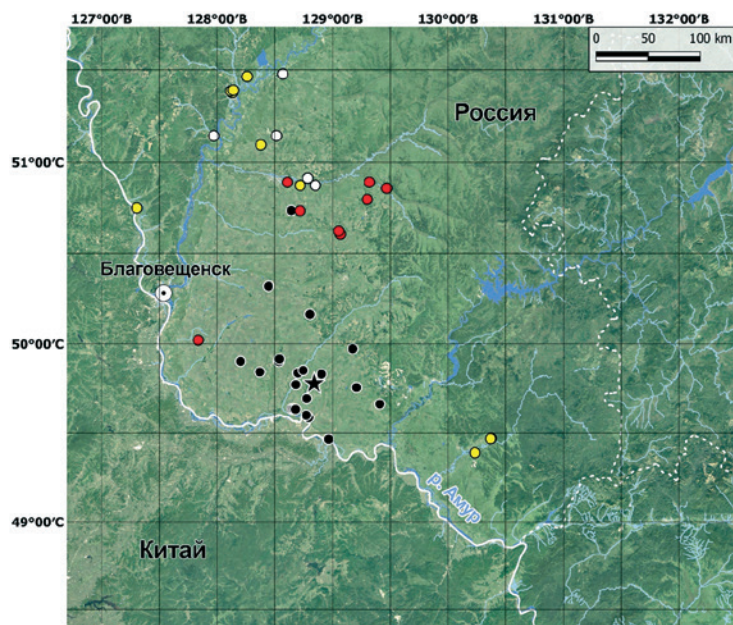


Рис. 3. Пространственное распространение бешенства животных в Амурской области в динамике по эпизоотическим циклам

Fig. 3. Dynamics of rabies spatial spread in the Amur Oblast according to the epizootic cycles

- – эпизоотические очаги до июля 2019 г. (epizootic outbreaks before July, 2019);
- – с июля 2019 по июнь 2020 г. (from July, 2019 to June, 2020);
- – с июля 2020 по июнь 2021 г. (from July, 2020 to June, 2021);
- – с июля по декабрь 2021 г. (from July to December, 2021);
- ★ – первый зарегистрированный эпизоотический очаг (first reported epizootic outbreak)

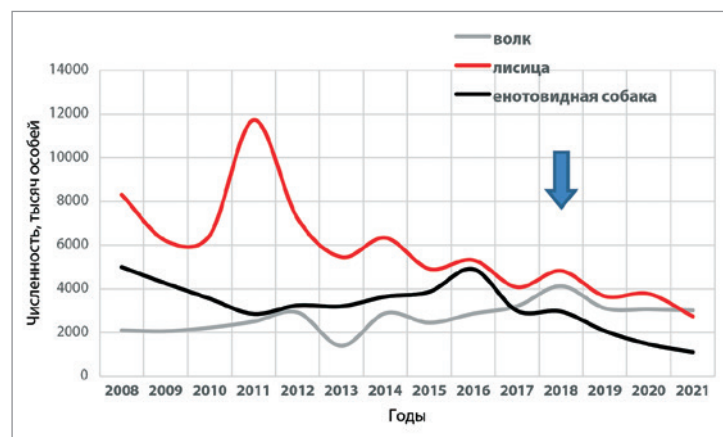


Рис. 4. Динамика численности волка, лисицы и енотовидной собаки в Амурской области в 2008–2021 гг. (стрелкой указано начало эпизоотии)

Fig. 4. Dynamics of wolf, fox and raccoon dog population in the Amur Oblast, 2008–2021 (arrow – start of epizootic)

инфекции для человека доля диких животных (волк, енотовидная собака) составляла 14,3%. Бешенство среди лисиц в этот период не зарегистрировано [9].

Отсутствие на протяжении 45 лет сообщений о заболевании людей и животных указывает на прекращение эпизоотии на территории Амурской области после 1972 г. В 1976–1977 гг. обследовано 647 диких животных из данного региона, в том числе 209 диких

хищных млекопитающих, но вирус бешенства не обнаружен [20]. Прекращению циркуляции вируса бешенства способствовала относительная географическая изоляция Зейско-Буреинской равнины, для которой характерны своеобразные влажные лесостепи маньчжурского типа. От аналогичных ландшафтов России и Китая в среднем течении Амура и его притоков она отделена Буреинским хребтом и Малым Хинганом, а от степей Забайкалья и Внутренней Монголии – Большим Хинганом и отрогами Яблонового хребта. Горы покрыты таежными и хвойно-широколиственными лесами (обозначены на картах темно-зеленой заливкой; рис. 3, 5, 6).

Выявление первых заболеваний бешенством после продолжительного межэпизоотического периода в населенных пунктах в юго-восточной части области вблизи государственной границы указывает на заносное происхождение эпизоотии. Протяженность границы с Китаем, которая проходит по р. Амур, составляет более 1200 км. Наиболее вероятным путем проникновения вируса бешенства в Амурскую область может быть долина Амура. На участке протяженностью около 150 км между Зейско-Буреинской и Среднеамурской равнинами она прорезает горный участок и сравнительно узкая. Другой вероятный путь – с Маньчжурской равнины (Китай) по долинам правобережных притоков Амура, которые впадают в него недалеко от с. Поярково. Северо-восточные склоны Малого Хингана на сопредельных территориях Китая, судя по данным аэрокосмической съемки, лишь частично покрыты лесами, и имеются значительные участки, занятые землями сельскохозяйственного назначения (рис. 5). В пойме Амура на территории обеих стран распространены островные и прибрежные биотопы, которые мало используются для хозяйственных нужд из-за пограничного режима (рис. 7). Это создает дополнительные возможности для миграций хищных млекопитающих после замерзания рек и может способствовать трансграничным заносам вируса бешенства в период ледостава с ноября по март. В Сибири и на Дальнем Востоке дальние заносы вируса бешенства, как правило, связаны с волками [9, 21], и, по-видимому, совпадение начала вспышки бешенства в 2018 г. с высокой численностью волка неслучайно (рис. 4).

Результаты филогенетического анализа подтверждают версию о распространении вируса бешенства по пойме Амура из расположенных ниже по течению территорий Китая и России (рис. 4). В прошлом подобные заносы, по-видимому, происходили и на более дальние расстояния, так как до 1983 г. варианты вируса бешенства Arctic-like-2 циркулировали в Забайкалье (рис. 2). Известно, что представители маньчжурской фауны, в том числе енотовидная собака, могут проникать в Забайкальский край по долинам Амура, Аргуни и Шилки [19]. С 1983 до 2014 г. этот регион России оставался благополучным по бешенству, как и Амурская область. С 2014 г. эпизоотии на юго-востоке Забайкалья возобновились в результате заноса вируса бешенства «степной» (Steppe) генетической линии с запада [2, 21] и, следовательно, в настоящее время непосредственно не связаны с эпизоотией в Амурской области. Но продолжалась циркуляция вируса бешенства на территории, расположенной в 200–300 км ниже Амурской области по течению Амура (Еврейская автономная область, провинция Хэйлуцзян) [2, 16, 22, 23]. Ареалы

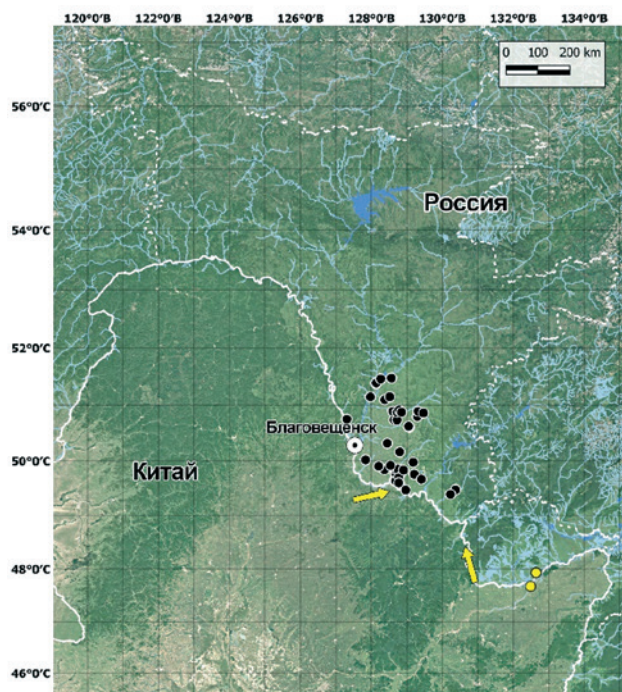


Рис. 5. Возможные направления заноса вируса бешенства в Амурскую область

Fig. 5. Possible routes of rabies virus introduction into the Amur Oblast

● – точки регистрации эпизоотических очагов в Амурской области в 2018–2020 гг. (sites of outbreaks reported in the Amur Oblast in 2018–2020);

● – точки выделения генетически наиболее близких изолятов вируса бешенства на территории России, 1980, и Китая, 2011, 2018 (sites of the recovery of the most genetically related rabies virus isolates in Russia, 1980, and China, 2011, 2018);

стрелками указаны вероятные направления заноса бешенства (arrows – most probable routes of rabies introduction)

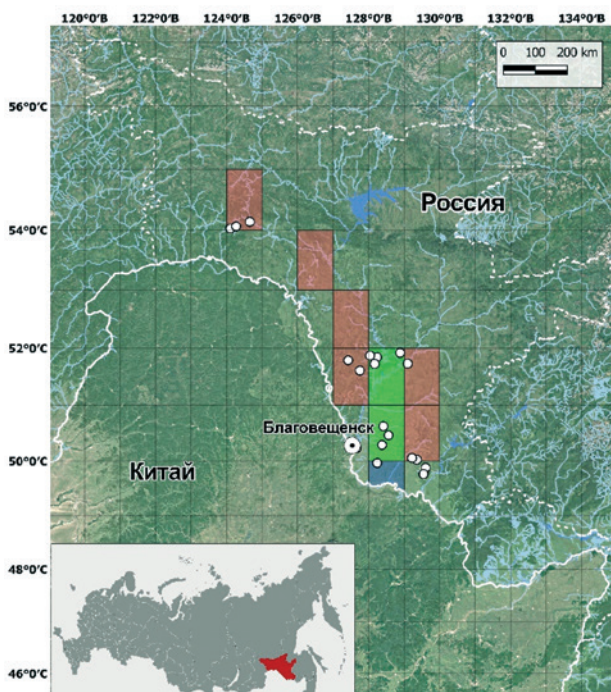


Рис. 6. Распространение бешенства в Амурской области в 1948–1954 гг., по [8]

Fig. 6. Rabies spread in the Amur Oblast in 1945–1954 according to [8]

○ – заболевания людей бешенством – по месту заражения (human rabies cases – according to the site of infection);

■ – бешенство животных регистрировалось 1–2 года за весь период (animal rabies was reported for 1–2 years during the whole period);

■ – бешенство животных регистрировалось 3–4 года (animal rabies was reported for 3–4 years);

■ – бешенство животных регистрировалось 5 и более лет (animal rabies was reported for 5 years and more);

на врезке – Амурская область на карте Российской Федерации (sidebar – Amur Oblast in the map of the Russian Federation)

двух вышеназванных генетических линий вируса бешенства соприкасаются значительно южнее – в степях Внутренней Монголии (Китай) [22, 23–25].

Важно подчеркнуть, что текущая эпизоотия обусловлена вариантом вируса бешенства, с которым в прошлом связаны интенсивные эпизоотии среди собак в Забайкалье, Приморье и Приамурье, сопровождавшиеся гибелью людей [5, 21]. Известно, что в Дальневосточном федеральном округе основным источником заражения человека были и остаются собаки [2, 4, 22]. Экспериментально доказано, что штамм вируса, выделенный на Дальнем Востоке в 1980 г., адаптирован к организму енотовидной собаки и в значительно меньшей степени – к лисице. В этот период енотовидная собака играла более важную роль как источник заражения людей и домашних животных [26]. Единичные заболевания людей после укусов лисиц стали регистрироваться на Дальнем Востоке России только после 2002 г. [22]. С учетом возросшей роли лисицы в циркуляции генетической линии Arctic-like-2 в Приамурье возможны изменения биологических характеристик вирусов этой группы.

Как прогнозировалось ранее, после заноса бешенство получило распространение в тех же районах, что и в прошлом веке [22, 27]. К числу факторов, способствовавших возвращению бешенства на длительно



Рис. 7. Аэрокосмический снимок сопредельных территорий России и Китая с точками регистрации первых случаев бешенства в Амурской области в 2018 г.

Fig. 7. Airspace image of Russia and China border areas with the sites, where the first rabies cases were reported in the Amur Oblast in 2018

благополучную территорию, относятся изменения численности и миграционной активности лисицы, волка и енотовидной собаки на юге Дальнего Востока. Известно, что в ретроспективе необычно высокие подъемы численности лисицы и енотовидной собаки в Амурской области наблюдались неоднократно, сопровождалась массовой гибелью этих животных от неустановленных причин [19, 20], а по времени совпадали с интенсивными эпизоотиями бешенства среди собак [9].

После начала эпизоотии в Амурской области резко возросли объемы вакцинации собак, кошек и сельскохозяйственных животных: с 30 тыс. голов в 2018 г. до 155 тыс. в 2019–2020 гг. С 2019 г. проводится оральная вакцинация диких плотоядных вакциной «Раби-став» (120–240 тыс. доз в год). Материалы, представленные в данной статье, могут быть использованы при планировании тактики и объемов вакцинации, а также других мероприятий по борьбе с бешенством. С научной точки зрения ситуация, сложившаяся в регионе, перспективна для изучения периодичности эпизоотий бешенства в бассейне р. Амур и эволюции вируса бешенства при смене основного хозяина (енотовидная собака → лисица).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эпизоотия бешенства в Амурской области в 2018 г. началась после заноса варианта вируса бешенства Arctic-like-2, распространенного на востоке Азии. Наиболее вероятно, что бешенство занесено дикими животными с сопредельных территорий России и Китая, расположенных в пределах Среднеамурской равнины ниже по течению реки Амур. Пойма Амура в период ледостава может служить в качестве экологического русла для распространения вируса бешенства. Как и в прошлом веке, эпизоотия распространялась преимущественно в пределах открытых ландшафтов Зейско-Бурейской равнины. Важной особенностью современной эпизоотии является резко возросшее значение лисицы в циркуляции вируса бешенства генетической линии Arctic-like-2. Природные очаги бешенства в Приамурье, связанные с этим вариантом вируса бешенства, имеют трансграничное распространение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Shulpin M. I., Nazarov N. A., Chupin S. A., Korennoy F. I., Metlin A. Ye., Mischenko A. V. Rabies surveillance in the Russian Federation. *Rev. Sci. Tech.* 2018; 37 (2): 483–495. DOI: 10.20506/rst.37.2.2817.
- Полещук Е. М., Сидоров Г. Н. Анализ особенностей эпизоотолого-эпидемиологической 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.
- 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: Издательский центр КАН; 2019. 110 с. eLIBRARY ID: 41024936.
- Полещук Е. М., Сидоров Г. Н., Березина Е. С. Бешенство в Российской Федерации: информационно-аналитический бюллетень. Омск: Полиграфический центр КАН; 2013. 65 с. eLIBRARY ID: 25563479.
- Ботвинкин А. Д., Сидоров Г. Н., Полещук Е. М., Зарва И. Д., Нашатырева Д. Н., Якович Н. В. и др. 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.
- Miao F., Li N., Yang J., Chen T., Liu Y., Zhang S., Hu R. Neglected challenges in the control of animal rabies in China. *One Health.* 2021; 12:100212. DOI: 10.1016/j.onehlt.2021.100212.
- Yao H.-W., Yang Y., Liu K., Li X.-L., Zuo S.-Q., Sun R.-X., Fang L. Q., Cao W. C. The spatiotemporal expansion of human rabies and its probable

explanation in Mainland China, 2004–2013. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2015; 9 (2):e0003502. DOI: 10.1371/journal.pntd.0003502.

- Minghui R., Stone M., Semedo M. H., Nel L. New global strategic plan to eliminate dog-mediated rabies by 2030. *Lancet Glob. Health.* 2018; 6 (8): e828–e829. DOI: 10.1016/S2214-109X(18)30302-4.
- Савицкий В. П., Ботвинкин А. Д., Белко В. И., Майоров С. П., Сидельникова Н. Ф., Горковенко Л. Е. Эпидемиологические особенности бешенства на Дальнем Востоке. *Современные методы изучения природно-очаговых болезней: материалы конференции (18–20 сентября 1979 г.)*. Омск; 1980; 31–41.
- Ведерников В. А., Землянова В. Е., Махашов Е., Андерсон С. Э., Жуков И. В., Жанузаков Н. Ж. Разработка краткосрочных прогнозов эпизоотической обстановки. *Труды Всероссийского института экспериментальной ветеринарии.* 1982; 55: 21–26.
- Adelshin R. V., Melnikova O. V., Trushina Y. N., Botvinkin A. D., Borisova T. I., Andaev E. I., et al. A new outbreak of fox rabies at the Russian-Mongolian border. *Viol. Sin.* 2015; 30 (4): 313–315. DOI: 10.1007/s12250-015-3609-0.
- Kumar S., Stecher G., Li M., Nknyaz C., Tamura K. MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Mol. Biol. Evol.* 2018; 35 (6): 1547–1549. DOI: 10.1093/molbev/msy096.
- Управление по охране, контролю и регулированию использования объектов животного мира и среды их обитания Амурской области. Режим доступа: <https://amurohota.amurobl.ru> (дата обращения: 28.03.2022).
- Сенчик А. В., Тоушкин А. А. Состояние и хозяйственное использование популяций диких животных в Приамурье. *Дальневосточный аграрный вестник.* 2019; 4 (52): 86–93. DOI: 10.24411/1999-6837-2019-14058.
- Ломанова Н. В., Борисов Б. П., Володина О. А., Губарь Ю. П., Ляпина М. Г., Комиссаров М. А. и др. Состояние охотничьих ресурсов в Российской Федерации в 2008–2010 гг.: информационно-аналитические материалы. *Охотничьи животные России (биология, охрана, ресурсо-ведение, рациональное использование)*. М.: Физическая культура; 2011; Вып. 9. 219 с.
- Deviatkin A. A., Lukashev A. N., Poleshchuk E. M., Dedkov V. G., Tkachev S. E., Sidorov G. N., et al. The phylogenetics of the rabies virus in the Russian Federation. *PLoS One.* 2017; 12 (2):e0171855. DOI: 10.1371/journal.pone.0171855.
- Чупин С. А., Чернышова Е. В., Метлин А. Е. Генетическая характеристика полевых изолятов вируса бешенства, выявленных на территории Российской Федерации в период 2008–2011 гг. *Вопросы вирусологии.* 2013; 4: 44–49. eLIBRARY ID: 20502319.
- Юдин В. Г. Лисица Дальнего Востока СССР. Владивосток: ДВНЦ АН СССР; 1986. 284 с.
- Юдин В. Г. Енотовидная собака Приморья и Приамурья. М.: Наука; 1977. 162 с.
- Грибанова Л. Я., Мальков Г. Б., Савицкий В. П., Сидоров Г. Н., Ботвинкин А. Д., Почечукин Д. И. и др. Результаты комплексного изучения природных очагов бешенства и оценка риска заболевания гидрофобией в районах новостроек Восточной Сибири и Дальнего Востока. *Журнал микробиологии, эпидемиологии, иммунологии.* 1980; 57 (7): 86–90. eLIBRARY ID: 22399217.
- Ботвинкин А. Д., Зарва И. Д., Якович Н. В., Адельшин Р. В., Мельникова О. В., Андаев Е. И. и др. Эпидемиологический анализ вспышек бешенства в Забайкалье после трансграничного заноса инфекции. *Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы.* 2019; 9 (3): 15–24. DOI: 10.18565/epidem.2019.9.3.15-24.
- Янович В. А. Эпидемиология, эпизоотология и профилактика бешенства в Еврейской автономной области: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Владивосток; 2004. 28 с. eLIBRARY ID: 15791073.
- Liu Y., Zhang S., Zhao J., Zhang F., Li N., Lian H., Wurengege, Guo S., Hu R. Fox- and raccoon-dog-associated rabies outbreaks in northern China. *Viol. Sin.* 2014; 29 (5): 308–310. DOI: 10.1007/s12250-014-3484-0.
- Tao X. Y., Guo Z. Y., Li H., Jiao W. T., Shen X. X., Zhu W. Y., Rayner S., Tang Q. Rabies cases in the West of China have two distinct origins. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2015; 9 (10):e0004140. DOI: 10.1371/journal.pntd.0004140.
- Shao X. Q., Yan X. J., Luo G. L., Zhang H. L., Chai X. L., Wang F. X., Yang F. H. Genetic evidence for domestic raccoon dog rabies caused by Arctic-like rabies virus in Inner Mongolia, China. *Epidemiol. Infect.* 2011; 139 (4): 629–635. DOI: 10.1017/S0950268810001263.
- Ботвинкин А. Д., Грибанова Л. Я., Никифорова Т. А. Бешенство у енотовидной собаки в эксперименте. *Журнал микробиология, эпидемиология, иммунология.* 1983; 60 (12): 37–40. eLIBRARY ID: 23191761.
- 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): 761–770. eLIBRARY ID: 28786114.

REFERENCES

- Shulpin M. I., Nazarov N. A., Chupin S. A., Korennoy F. I., Metlin A. Ye., Mischenko A. V. Rabies surveillance in the Russian Federation. *Rev. Sci. Tech.* 2018; 37 (2): 483–495. DOI: 10.20506/rst.37.2.2817.
- 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. *Problems of Particularly Dangerous Infections.* 2020; (4): 16–25. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-4-16-25. (in Russ.)
- Poleshchuk E. M., Sidorov G. N., Nashatyreva D. N., Gradoboyeva Ye. A., Paksina N. D., Popova I. V. Rabies in the Russian Federation: research and information newsletter. Omsk: Izdatel'skii tsentr KAN; 2019. 110 p. eLIBRARY ID: 41024936. (in Russ.)
- Poleshchuk E. M., Sidorov G. N., Berezina E. S. Rabies in the Russian Federation: research and information newsletter. Omsk: Poligraficheskii tsentr KAN; 2018: 65 p. eLIBRARY ID: 25563479. (in Russ.)
- Botvinkin A. D., Sidorov G. N., Poleshchuk E. M., Zarva I. D., Nashatyreva D. N., Yakovchits N. V., et al. Retrospective evaluation of implementation of long-term forecast on spatial spread of rabies in the Asian part of Russia. *Problems of Particularly Dangerous Infections.* 2020; (2): 13–21. DOI: 10.21055/0370-1069-2-13-21. (in Russ.)
- Miao F., Li N., Yang J., Chen T., Liu Y., Zhang S., Hu R. Neglected challenges in the control of animal rabies in China. *One Health.* 2021; 12:100212. DOI: 10.1016/j.onehlt.2021.100212.
- Yao H.-W., Yang Y., Liu K., Li X.-L., Zuo S.-Q., Sun R.-X., Fang L. Q., Cao W. C. The spatiotemporal expansion of human rabies and its probable explanation in Mainland China, 2004–2013. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2015; 9 (2): e0003502. DOI: 10.1371/journal.pntd.0003502.
- Minghui R., Stone M., Semedo M. H., Nel L. New global strategic plan to eliminate dog-mediated rabies by 2030. *Lancet Glob. Health.* 2018; 6 (8): e828–e829. DOI: 10.1016/S2214-109X(18)30302-4.
- Savitskiy V. P., Botvinkin A. D., Belko V. I., Mayorov S. P., Sidel'nikova N. F., Gorkovenko L. Ye. Epidemiologicheskie osobennosti beshenstva na Dal'nem Vostoke = Rabies epidemiological features in Far East. *Modern methods of studying natural focal diseases: conference proceedings (September 18–20, 1979).* Omsk; 1980; 31–41. (in Russ.)
- Vedernikov V. A., Zemlyanova V. E., Makhshov E., Anderson Z. E., Zhukov I. V., Zhanuzakov N. Zh. Razrabotka kratkosrochnykh prognozov epizooticheskoi obstanovki = Development of epizootic short-term forecasts. *Proceedings of the All-Russian Institute of Experimental Veterinary Medicine.* Moscow: 1982; 21–26. (in Russ.)
- Adelshin R. V., Melnikova O. V., Trushina Y. N., Botvinkin A. D., Borisova T. I., Andaev E. I., et al. A new outbreak of fox rabies at the Russian-Mongolian border. *Virol. Sin.* 2015; 30 (4): 313–315. DOI: 10.1007/s12250-015-3609-0.
- Kumar S., Stecher G., Li M., Knyaz C., Tamura K. MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Mol. Biol. Evol.* 2018; 35 (6): 1547–1549. DOI: 10.1093/molbev/msy096.
- Department of Regulation, Protection, and Use Control of Fauna Objects and Their Habitat in the Amur Region. Available at: <https://amurohota.amurobl.ru> (date of access: 28.03.2022). (in Russ.)
- Senchik A. V., Toushkin A. A. State and economic use of wild animal population in the Amur Region. *Far East Agrarian Herald.* 2019; 4 (52): 86–93. DOI: 10.24411/1999-6837-2019-14058. (in Russ.)
- Lomanova N. V., Borisov B. P., Volodina O. A., Gubar Yu. P., Lyapina M. G., Komissarov M. A., et al. Sostoyanie okhotnich'ikh resursov v Rossiiskoi Federatsii v 2008–2010 gg. = Condition hunting resources in the Russian Federation in 2008–2010: information and analytical materials. *Hunting animals of Russia (biology, protection, resource studies, rational use).* Moscow: Fizicheskaya kultura; 2011, Issue 9. 219 p. (in Russ.)
- Deviatkin A. A., Lukashev A. N., Poleshchuk E. M., Dedkov V. G., Tkachev S. E., Sidorov G. N., et al. The phylogenetics of the rabies virus in the Russian Federation. *PLoS One.* 2017; 12 (2): e0171855. DOI: 10.1371/journal.pone.0171855.
- Chupin S. A., Chernyshova E. V., Metlin A. E. Genetic characterization of the rabies virus field isolates detected in Russian Federation within the period 2008–2011. *Problems of Virology.* 2013. 4: 44–49. eLIBRARY ID: 20502319. (in Russ.)
- Yudin V. G. Fox of USSR Far East. Vladivostok: Far East Research of USSR AoS; 1986. 284 p. (in Russ.)
- Yudin V. G. Primorye and Amur raccoon dog. Moscow: Nauka; 1977. 162 p. (in Russ.)
- Gribanova L. Ya., Malkov G. B., Savitskiy V. P., Sidorov G. N., Botvinkin A. D., Pochevkin D. I., et al. Results of a study of natural foci of rabies and evaluation of the risk of hydrophobia in new construction areas of Eastern Siberia and the Far East. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii, immunobiologii.* 1980; 57 (7): 86–90. PMID: 7435025. (in Russ.)
- Botvinkin A. D., Zarva I. D., Yakovchits N. V., Adelshin R. V., Melnikova O. V., Andaev E. I., et al. Epidemiological analysis of rabies outbreaks in the Trans-Baikal region after transboundary drift of infection. *Epidemiologiya i infeksionnyye bolezni. Aktual'nyye voprosy.* 2019; 9 (3): 15–24. DOI: 10.18656/epidem.2019.9.3.15-24. (in Russ.)
- Yanovich V. A. Rabies epidemiology, epizootology and prevention in Jewish Autonomous Oblast: author's thesis of Candidate of Science (Medicine). Vladivostok; 2004: 28 p. eLIBRARY ID: 15791073. (in Russ.)
- Liu Y., Zhang S., Zhao J., Zhang F., Li N., Lian H., Wurengege, Guo S., Hu R. Fox- and raccoon-dog-associated rabies outbreaks in northern China. *Virol. Sin.* 2014; 29 (5): 308–310. DOI: 10.1007/s12250-014-3484-0.
- Tao X. Y., Guo Z. Y., Li H., Jiao W. T., Shen X. X., Zhu W. Y., Rayner S., Tang Q. Rabies cases in the West of China have two distinct origins. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2015; 9 (10): e0004140. DOI: 10.1371/journal.pntd.0004140.
- Shao X. Q., Yan X. J., Luo G. L., Zhang H. L., Chai X. L., Wang F. X., Yang F. H. Genetic evidence for domestic raccoon dog rabies caused by Arctic-like rabies virus in Inner Mongolia, China. *Epidemiol. Infect.* 2011; 139 (4): 629–635. DOI: 10.1017/S0950268810001263.
- Botvinkin A. D., Gribanova L. Ya., Nikiforova T. A. Experimental rabies in the raccoon dog. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii, immunobiologii.* 1983; 60 (12): 37–40. PMID: 6666446. (in Russ.)
- Sidorov G. N., Savitskiy V. P., Botvinkin A. D. Landshaftnoe raspredelenie khishchnykh mlekopitayushchikh semeistva sobach'ikh (*Canidae*) kak faktor formirovaniya areala virusa beshenstva na yugo-vostoke SSSR = Landscape distribution of carnivorous mammals of *Canidae* family as a factor for rabies virus range in the south-east USSR. *Zoologicheskii Zhurnal.* 1983; 62 (5): 761–770. eLIBRARY ID: 28786114. (in Russ.)

Поступила в редакцию / Received 05.05.2022

Поступила после рецензирования / Revised 03.06.2022

Принята к публикации / Accepted 10.07.2022

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ботвинкин Александр Дмитриевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой эпидемиологии ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, г. Иркутск, Россия.

Зарва Иван Дмитриевич, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры эпидемиологии ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, г. Иркутск, Россия.

Мельцов Иван Владимирович, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры специальных ветеринарных дисциплин, ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, г. Иркутск, Россия.

Чупин Сергей Александрович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник референтной лаборатории по бешенству и BSE, ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия.

Полещук Елена Михайловна, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии и эпидемиологии бешенства ФБУН «Омский НИИ природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора, г. Омск, Россия.

Aleksandr D. Botvinkin, Doctor of Science (Medicine), Professor, Head of Department of Epidemiology, FSBEI HE ISMU MON Russia, Irkutsk, Russia.

Ivan D. Zarva, Candidate of Science (Medicine), Assistant of the Department of Epidemiology, FSBEI HE ISMU MON Russia, Irkutsk, Russia.

Ivan V. Meltsov, Candidate of Science (Veterinary Medicine), Associate Professor, Chair of Special Veterinary Disciplines, FSBEI HE Irkutsk SAU, Irkutsk, Russia.

Sergei A. Chupin, Candidate of Science (Biology), Leading Researcher, Reference Laboratory for Rabies and BSE, FGBI "ARRIAH", Vladimir, Russia.

Elena M. Poleshchuk, Candidate of Science (Biology), Head of the Laboratory, Leading Researcher of the Laboratory of Ecology and Epidemiology of Rabies, Omsk Research Institute of Natural Focal Infections, Omsk, Russia.

Зиняков Николай Геннадьевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник референтной лаборатории вирусных болезней птиц, ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия.

Самохвалов Сергей Владимирович, начальник управления ветеринарии Амурской области, г. Благовещенск, Россия.

Соловей Ирина Васильевна, заместитель начальника управления – начальник отдела по организации противоэпизоотических мероприятий управления ветеринарии Амурской области, г. Благовещенск, Россия.

Яковлева Наталья Владимировна, директор ГБУ АО «Амурская областная ветеринарная лаборатория», г. Благовещенск, Россия.

Сидоров Геннадий Николаевич, доктор биологических наук, профессор кафедры биологии и биологического образования ФГБОУ ВО «ОмГПУ»; главный научный сотрудник лаборатории экологии и эпидемиологии бешенства ФБУН «Омский НИИ природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора, г. Омск, Россия.

Бойко Ирина Александровна, зоолог управления Роспотребнадзора по Амурской области, г. Благовещенск, Россия.

Юдин Виктор Георгиевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории териологии ФНЦ биоразнообразия ДВО РАН, г. Владивосток, Россия.

Андаев Евгений Иванович, доктор медицинских наук, заместитель директора, ФКУЗ Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора, г. Иркутск, Россия.

Метлин Артем Евгеньевич, доктор ветеринарных наук, секция животноводства и ветеринарии, Совместный центр ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в продовольственной и сельскохозяйственной областях, Вена, Австрия.

Nikolay G. Zinyakov, Candidate of Science (Biology), Senior Researcher, Reference Laboratory for Avian Viral Diseases, FGBI "ARRIAH", Vladimir, Russia.

Sergey V. Samokhvalov, Head of Department of Veterinary of the Amur Oblast, Blagoveshchensk, Russia.

Irina V. Solovey, Deputy Head of the Unit for Anti-Epizootic Measures of Department of Veterinary of the Amur Oblast, Blagoveshchensk, Russia.

Natalya V. Yakovleva, Director of Amur Oblast Veterinary Laboratory, Blagoveshchensk, Russia.

Gennady N. Sidorov, Doctor of Science (Biology), Professor of the Department of Biology and Biological Education, Omsk State Pedagogical University; Chief Researcher, Laboratory of Ecology and Epidemiology of Rabies, Omsk Research Institute of Natural Focal Infections, Omsk, Russia.

Irina A. Boyko, Zoologist, Department of Rosпотребнадзор Territorial Administration for the Amur Oblast, Russia.

Viktor G. Yudin, Candidate of Science (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Theriology, FSCEATB FEB RAS, Vladivostok, Russia.

Evgeny I. Andaev, Doctor of Science (Medicine), Deputy Director, Irkutsk Antiplague Research Institute of Siberia and Far East, Irkutsk, Russia.

Artem Ye. Metlin, Doctor of Science (Veterinary Medicine), Animal Production and Health Section, Joint FAO/IAEA Centre of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, Vienna, Austria.