

Прикладные и теоретические аспекты экологии возбудителей геморрагической лихорадки с почечным синдромом и клещевого энцефалита

Е. А. Ткаченко*¹, Т. К. Дзагурова¹, Д. В. Транквилевский², Н. М. Колясникова¹, Ю. В. Попова¹, Р. Д. Теодорович¹, М. Ф. Ворович^{1,3}, С. С. Курашова¹, П. Е. Ткаченко³, А. С. Балкина¹, А. В. Белякова¹, А. А. Ишмухаметов^{1,3}

¹ФГАНУ «Федеральный научный центр исследований и разработки иммунобиологических препаратов им. М.П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита), Москва

²ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора, Москва

³ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва

Резюме

Актуальность. Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС) и клещевой энцефалит (КЭ) являются наиболее распространенными природно-очаговыми заболеваниями вирусной этиологии в России. Медицинская и социальная значимость этих двух инфекций определяется обширными очагами их распространения, высокими годовыми показателями заболеваемости населения, возможностью развития тяжелых форм заболевания, приводящих к стойкой инвалидности и смерти. Возбудителями ГЛПС в России являются 6 видов хантавирусов: Хантаан, Амур, Сеул, Пуумала, Куркино и Сочи, которые, иммунологически и генетически значительно отличаясь друг от друга, поддерживают свое существование в природе посредством шести разных видов мелких млекопитающих, являющихся источниками заражения людей. Штаммы вируса КЭ, вызывающие заболеваемость у людей, относятся к пяти филогенетически различным подтипам, включая: Дальневосточный, Европейский, Сибирский, «178-79» и Байкальский. **Цель.** Анализ роли мелких млекопитающих и клещей в экологии возбудителей ГЛПС и КЭ. **Выводы.** Мелкие млекопитающие сохраняют и передают хантавирусы неинфицированным зверькам и клещам. В то же время клещи сохраняют и передают клещам и млекопитающим не только вирус КЭ, но и хантавирусы. Несмотря на таксономическое отличие вирусов-возбудителей ГЛПС и КЭ, отмечено сходство некоторых их экологических свойств.

Ключевые слова: хантавирус, вирус клещевого энцефалита, геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, клещевой энцефалит, резервуарные хозяева, переносчики

Конфликт интересов не заявлен.

Для цитирования: Ткаченко Е. А., Дзагурова Т. К., Транквилевский Д. В. и др. Прикладные и теоретические аспекты экологии возбудителей геморрагической лихорадки с почечным синдромом и клещевого энцефалита. Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2024;23(4):4-11. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2024-23-4-4-11>

Applied and Theoretical Aspects of the Ecology of Pathogens of Hemorrhagic Fever with Renal Syndrome and Tick-Borne Encephalitis

EA Tkachenko**¹, TK Dzagurova¹, DV Trankvilevsky², NM Kolyasnikova¹, YuV Popova¹, RD Teodorovich¹, MF Vorovich^{1,3}, SS Kurashova¹, PE Tkachenko³, AS Balkina¹, AV Belyakova¹, AA Ishmukhametov^{1,3}

¹Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immune-and-Biological Products of Russian Academy of Sciences (Institute of Poliomyelitis), Moscow

²Federal Center for Hygiene and Epidemiology, Rospotrebnadzor, Moscow

³Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow

Abstract

Relevance. Hemorrhagic fever with renal syndrome (HFRS) and tick-borne encephalitis (TBE) are the most common natural focal diseases of viral etiology in Russia. The medical and social significance of these two infections is determined by the extensive foci

* Для переписки: Ткаченко Евгений Александрович, д. м. н., профессор, руководитель научного направления учреждения ФГАНУ «Федеральный научный центр исследований и разработки иммунобиологических препаратов им. М. П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита). 108819, Россия, Москва, поселение Московский, посееееелок Института полиомиелита, домовладение 8, корп. 1. +7(985)784-30-51, evgeniytkach@mail.ru ©Ткаченко Е. А. и др.

** For correspondence: Tkachenko Evgeniy A., Dr. Sci. (Med.), Professor, Scientific Advisor of Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immune-and-Biological Products of Russian Academy of Sciences (Institute of Poliomyelitis). 108819, Russia, Moscow, Moskovsky settlement, Polio Institute settlement, building 8, building 1 +7(985)784-30-51, evgeniytkach@mail.ru © Tkachenko EA, et al.

of their spread, high annual morbidity rates in the population, and the possibility of developing severe forms of the disease leading to permanent disability and death. The causative agents of HFRS in Russia are 6 types of hantaviruses Hantaan, Amur, Seoul, Puumala, Kurkino and Sochi, which, immunologically and genetically significantly different from each other, support their existence in nature through six different species of small mammals, which are sources of infection in humans. TBE virus strains that cause disease in humans belong to five phylogenetically distinct subtypes, including: Far Eastern, European, Siberian, "178-79" and Baikal.

Aim. Analysis of the role of small mammals and ticks in the ecology of HFRS and TBE pathogens. **Conclusions.** Small mammals retain and transmit hantaviruses to uninfected animals and ticks. At the same time, ticks retain and transmit to ticks and mammals not only the TBE virus, but also hantaviruses. Despite the taxonomic difference between the viruses that cause HFRS and TBE, some of their ecological properties are similar.

Keywords: hantavirus, tick-borne encephalitis virus, hemorrhagic fever with renal syndrome, tick-borne encephalitis, reservoir hosts, vectors.

No conflict of interest to declare.

For citation: Tkachenko EA, Dzagurova TK, Trankvilevsky DV, et al. Applied and Theoretical Aspects of the Ecology of Pathogens of Hemorrhagic Fever with Renal Syndrome and Tick-Borne Encephalitis. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2024;23(4):4-11 (In Russ.). <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2024-23-4-4-11>

Введение

Среди известных инфекций и паразитарных заболеваний социально значимой проблемой в России являются природно-очаговые болезни [1].

Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС) – нетрансмиссивный зооноз, вместе с клещевым энцефалитом (КЭ) – трансмиссивная инфекция, передающаяся клещами, являются наиболее распространенными природно-очаговыми заболеваниями вирусной этиологии в России [2,3].

Возбудители ГЛПС (хантавирусы) и КЭ (штаммы вирусов 5 подтипов) – природно-очаговые вирусы. Природные циклы циркуляции этих вирусов затрагивают многие виды млекопитающих и клещей, состав которых меняется в зависимости от географического района, климатических условий и других факторов.

Изучение ГЛПС и КЭ началось в России практически одновременно, более 85 лет назад [4,5]. В XXI веке эти природно-очаговые инфекции по-прежнему представляют угрозу здоровью населения, находящегося в эндемичных районах. Актуальность этих двух инфекций определяется обширными очагами их распространения, высокими годовыми показателями заболеваемости населения, возможностью развития тяжелых форм заболевания, приводящих к стойкой инвалидности и смерти.

ГЛПС имеет самый высокий уровень заболеваемости среди регистрируемых природно-очаговых вирусных болезней в России, КЭ занимает второе место после ГЛПС.

ГЛПС вызывают ортохантавирусы (отряд Bunyvirales, семейство Hantaviridae, род Orthohantavirus). Далее называем их просто «хантавирусы». Хантавирусы – оболочечные вирионы с трехсегментным геномом отрицательной РНК, округлой формы, диаметром от 90 до 130 нм [6,7].

Возбудителями ГЛПС в России являются 6 видов хантавирусов, которые, иммунологически и генетически значительно отличаясь друг от друга, поддерживают свое существование в природе

посредством шести разных видов млекопитающих из семейств Мышиные (Muridae) и Хомяковые (Cricetidae) отряда Грызуны (Rodentia), являющихся источниками заражения людей. Так, в дальневосточных регионах России ГЛПС вызывают вирусы Хантаан, Амур и Сеул, природными резервуарными хозяевами которых являются: восточный подвид полевой мыши (*Apodemus agrarius mantchuricus*), восточноазиатская мышь (*Apodemus peninsulae*) и серая крыса (*Rattus norvegicus*) соответственно. На территории Европейской части России ГЛПС вызывается другими тремя вирусами – Пуумала, Куркино и Сочи, природными резервуарными хозяевами которых являются: рыжая полевка (*Myodes glareolus*), западный подвид полевой мыши (*Apodemus agrarius agrarius*) и кавказская лесная мышь (*Sylvaeus ponticus*) соответственно [8–10].

Следует отметить, что 97,7% случаев ГЛПС в России вызваны вирусом Пуумала, ассоциированным с рыжей полевкой *Myodes glareolus* – естественным резервуарным хозяином вируса [8]. Лишь 2,3% случаев ГЛПС были вызваны другими пятью хантавирусами. Таким образом, вирус Пуумала играет основную роль в структуре заболеваемости ГЛПС в России.

Заражение человека хантавирусами может происходить разными путями, включая:

1. Аэрогенный (воздушно-пылевой) – хантавирус вместе с аэрозолями, содержащими продукты жизнедеятельности млекопитающих, через верхние дыхательные пути попадает в легкие человека (где условия для его размножения наиболее благоприятны) с последующей диссеминацией через кровь в другие органы [11–13].
2. Контактный – с зараженными хантавирусом продуктами жизнедеятельности млекопитающих, попадающими непосредственно на поврежденную кожу, на слизистые оболочки глаз, носа или рта [14].
3. Укусы грызунов – заражение слюной инфицированных хантавирусом животных [15].

4. Алиментарный – контакт с употребляемой человеком пищей, зараженной хантавирусом [16,17], занесение хантавируса с грязными руками при курении [18,19] и других действиях [20]. Эти данные указывают на возможное заражение человека хантавирусом через пищеварительный тракт [21].
5. Внутритропная передача хантавируса – есть информация, что в Китае у 10 из 84 больных ГЛПС беременных женщин беременность закончилась мертворождением [22]. При этом у 4 умерших детей был выделен хантавирус, у двух из выживших детей обнаружены антитела к хантавирусу, которые сохранялись до трехлетнего возраста.
6. С укусами клещей – имеющиеся в настоящее время данные указывают на заражение хантавирусами клещей естественным образом и передачу инфицированными клещами хантавируса при укусе (возможно – со слюной) мелким восприимчивым млекопитающим, а также трансвариально (вертикально) своему потомству [23–25]. Кроме того, воспроизведение экспериментальной клиники ГЛПС было показано японскими и советскими авторами при введении людям стерильных фильтратов взвеси растертых гамазовых (*Gamasoidea*) клещей, собранных с мышевидных грызунов или из их гнезд [26].

В совокупности эти данные бросают вызов нынешней парадигме, согласно которой грызуны являются единственным резервуаром патогенных для человека хантавирусов, и что человек заражается этими вирусами при вдыхании инфицированных аэрозолей. Суть альтернативного варианта заключается в том, что в передаче вируса могут принимать участие клещи, которые присутствуют на грызунах, или в их гнездах, или на земле [38]. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы подтвердить жизнеспособность хантавируса в клеще и определить тем самым, действительно ли паразитические клещи могут быть источниками и переносчиками патогенных для человека хантавирусов.

За всю историю изучения ГЛПС передача возбудителей инфекции при контактах с больными ГЛПС, в частности, при уходе персонала за больными в лечебных организациях, не зарегистрировано.

Возбудителем КЭ является вирус КЭ – род *Ortobrevivirus*, семейство *Flaviviridae*. ВКЭ – оболочечный вирус с несегментированным одноцепочечным РНК-геномом положительной полярности, длиной от 9000 до 12500 нуклеотидов, вирионы сферической формы, диаметром 40–60 нм [27].

Штаммы вируса КЭ, вызывающие КЭ у людей, относятся к пяти филогенетически различным подтипам ВКЭ: Дальневосточному, Европейскому, Сибирскому, «178-79» и Байкальскому [28–31]. Кроме того, в последнее время выделен еще Гималайский подтип [32]. Каждый подтип вируса КЭ имеет различный патогенный потенциал для человека, свою территорию

обитания, в пределах которой отмечается его доминирование, связан с конкретным видом клещевого переносчика и кругом позвоночных хозяев. На сегодняшний день наиболее генетически гетерогенным и географически распространенным является Сибирский генотип, способный вызывать весь спектр клинических проявлений заболевания у человека – от легких лихорадочных форм до тяжелых очаговых форм с летальным исходом, а также хронические формы с инвалидизацией или же инapparантное течение инфекции [33].

Ареал вируса КЭ во многом совпадает с ареалами его основных переносчиков – клещей *I. persulcatus* (таежный клещ), *I. ricinus* (лесной клещ), а в ряде регионов Сибири – клеща *I. pavlovskyi* [33].

Вирусом КЭ люди обычно заражаются при присасывании клеща (трансмиссивный механизм) или при попадании в рану гемолимфы раздавленного инфицированного клеща. Заражение алиментарным путем возможно при употреблении в пищу непастеризованного молока от коз или крупного рогатого скота, инфицированных вирусом КЭ, а также через другие молочные продукты, приготовленные из такого молока. Наибольшее эпидемиологическое значение имеет классический трансмиссивный механизм передачи возбудителя – во время кровососания инфицированный клещ вводит вирус со слюной в организм животного и человека [34,35]. В 1962 г. Benda R. и Danes L. экспериментально осуществили передачу ВКЭ респираторным путем лабораторным мышам и обезьянам *Macacus cynomolgus* [36]. Кроме того, регистрируются случаи заболевания КЭ и с неустановленным путем передачи. Однако при этом, все пациенты указывали на посещение лесопарковых территорий и отмечали ползающих клещей на одежде, на коже или снимали клещей с домашних животных. Таким образом, установлена передача вируса КЭ трансмиссивным, контактным, алиментарным и респираторным (аэрогенным) путями.

Для КЭ характерна строгая сезонность, начало которой связано с увеличением активности клещей. Человек как случайное звено в экологической цепи жизнедеятельности вируса не может передать вирус другим лицам, т.е. является его экологическим тупиком.

Возбудители ГЛПС и КЭ могут существовать только в той паразитарной системе, где каждый участник системы выполняет определенную «функцию», без которой невозможно длительное существование паразитарной системы в целом (эпизоотический процесс).

Для выявления роли мелких млекопитающих, которые могут служить источниками хантавируса, были исследованы животные, отловленные практически во всех ландшафтных зонах России. В результате инфицированность хантавирусами была обнаружена у 60 видов животных, относящихся к 4 семействам отряда *Rodentia* (Грызуны): *Cricetidae* (Хомячьи) – 30 видов, *Muridae* (Мышиные) – 11

видов, *Sciuridae* (Беличьи) – 4 вида, *Gliridae* (Соневые) – 1 вид, а также к 2 семействам отряда *Insectivora* (Насекомоядные): *Soricidae* (Землеройковые) – 12 видов и *Talpidae* (Кротовые) – 2 вида [37–49].

Помимо мелких млекопитающих, хантавирусный антиген был обнаружен в легких 13 видов птиц, отловленных на Дальнем Востоке России: серая цапля (*Ardea cinerea*), полосатая цапля (*Butorides striata*), евразийская сойка (*Garrulus glandarius*), чернолицая овсянка (*Emberiza spodocephala*), желтогорлая овсянка (*Emberiza elegans*), угольная синица (*Parus ater*), болотная синица (*Poecile palustris*), обыкновенный фазан (*Phasianus colchicus*), дайрская горихвостка (*Phoenicurus aureus*), лесной поползень (*Sitta europaea*), уральская сова (*Strix uralensis*), рыжеволосая горлица (*Streptopelia orientalis*), рябчик (*Tetrastes bonasia*), причем от желтогорлой овсянки (*Emberiza elegans*) был выделен вирус Хантаан [40,44].

В структуре зараженных хантавирусами млекопитающих рыжая полевка составляла более половины всех выявленных млекопитающих [39].

Обследование мелких млекопитающих показало, что практически в каждой ландшафтной зоне имеются природные очаги с разной степенью активности хантавирусов. В активных природных очагах присутствие инфекции отмечено практически у всех видов грызунов и насекомоядных (даже у редких), хотя и в гораздо меньшей степени, чем у основных резервуарных хозяев, которые обычно преобладают на очаговой территории [46,50]. Подавляющее большинство видов грызунов и насекомоядных, а также видов птиц – носителей хантавируса, вероятно, являются случайными (тупиковыми).

Результаты экспериментальных и полевых исследований позволяют сформулировать общие черты, присущие хантавирусным зоонозам [9,46]:

- Двучленная паразитарная система «вирус – теплокровный хозяин», где вирус циркулирует без участия членистоногих переносчиков – нетрансмиссивные зоонозы.
- Наличие у каждого хантавируса или его геноварианта лишь одного резервуарного хозяина (вида или подвида), связанного с ним эволюционно, который способен поддерживать очаги, и невозможность замены его в этом качестве другими теплокровными животными – видоспецифичность возбудителя. Следствие этого – отсутствие очагов данного вируса за пределами ареала основного хозяина. Этот хозяин служит источником инфекции в природных очагах и отвечает за заражение людей на всех фазах эпизоотического процесса и на всем протяжении ареала данного вируса. Именно этим хантавирусные инфекции принципиально отличаются от других природно-очаговых зоонозов, у которых два и более вида теплокровных могут быть основными и/или дополнительными

хозяевами – носителями одного возбудителя и взаимозаменяемы в этом качестве во времени и пространстве.

- Бессимптомное течение инфекции в организме инфицированных вирусоносителей, не влияющее на их жизнедеятельность (рост, размножение, подвижность, продолжительность жизни) и, соответственно, на численность и возрастнo-функциональную структуру популяций – латентная (инаппарантная) форма инфекции у естественных хозяев.
- Пожизненное (до 15 месяцев) сохранение вируса в организме резервуарного хозяина с активизацией его размножения и выделения во внешнюю среду с экскретами (слюной, мочой, калом) чаще всего в первый месяц после заражения – персистирующая инфекция с короткими периодами активного вирусоносительства.
- Горизонтальная (эстафетная) передача возбудителя в популяции хозяина, происходящая в основном воздушно-пылевым путем, – респираторный путь передачи вируса. Таким же образом заражаются люди, находящиеся в очагах хантавирусов, патогенных для человека. Заражение в закрытых помещениях происходит особенно эффективно, что характерно для респираторных инфекций.
- Длительное сохранение инфекционного вируса во внешней среде, что способствует его эстафетной передаче в популяции хозяина – возможность заражения животных и людей без непосредственного контакта с вирусоносителями при достаточной концентрации возбудителя во внешней среде.

Перечисленные особенности универсальны для различных хантавирусов и несомненно оказывают большое влияние на характер циркуляции инфекции среди их резервуарных хозяев.

Взаимоотношения хантавирусов с основными теплокровными хозяевами на организменном и популяционном уровнях и механизмы передачи возбудителя внутри двучленной паразитарной системы «вирус – теплокровный хозяин» обладают рядом характерных черт. Их сочетание определяет специфику современного распространения, пространственной приуроченности и функционирования природных очагов хантавирусных инфекций [46].

Во все фазы эпизоотического процесса возбудитель циркулирует в популяциях резервуарных хозяев. По современным представлениям, они прошли длительный путь совместной эволюции, что делает эти двучленные паразитарные системы особенно устойчивыми. Все биологические виды, не связанные с хантавирусами эволюционно, судя по косвенным данным, могут быть лишь случайными хозяевами возбудителя, т.е. являются биологическим тупиком инфекции подобно человеку.

Характер эпизоотического и эпидемического процессов в природных очагах различных

хантавирусов и их пространственное распределение максимально тесно связаны с особенностями биологии и динамики популяций основных хозяев.

В настоящее время не вызывает сомнения, что природные очаги, ассоциированные с разными хантавирусами, следует рассматривать отдельно, классифицируя их по вирусному агенту или резервуарному хозяину [46].

Согласно одному из основных положений концепции функционирования природных очагов хантавирусной инфекции нетрансмиссивного характера – хантавирусных зоонозов, нозоареал ГЛПС ограничен ареалом грызунов-носителей патогенных для человека хантавирусов. Выявление хантавирусного антигена у диких грызунов является прямым доказательством циркуляции возбудителя ГЛПС в обследуемом районе. Однако возможность обнаружения специфического антигена происходит не постоянно, и частота выявления положительных на присутствие этого антигена животных может значительно меняться в различные временные промежутки в пределах даже ограниченной территории одного и того же района. Это связано с особенностями эпизоотического процесса, который периодически может активизироваться или затухать.

Спонтанная зараженность вирусом КЭ установлена у 18 видов иксодовых клещей [33,51]. Из них только 2 вида, относящиеся к роду *Ixodes*, – его основные переносчики и долговременные хранители: таежный (*I. persulcatus*) и лесной (*I. ricinus*) клещи.

С начала 60-х годов прошлого века и до настоящего времени специалисты отводят особенно важную роль в диссеминации вируса КЭ мелким млекопитающим, придавая им ключевое значение в существовании всей паразитарной системы [52]. Интенсивно размножающиеся мелкие млекопитающие, отличающиеся, как известно, быстрой сменой поколений, обеспечивают регулярный массовый приток молодых неиммунных особей и тем самым создают условия для интенсивного размножения и диссеминации вируса [53].

Преимагинальные фазы развития клещей – основных переносчиков вируса – в общей сложности паразитируют на зверьках, обитающих в конкретной местности. При этом основная роль «прокормителя» отводится преобладающим (доминирующим) в определенный период времени мелким млекопитающим. Наибольшее значение как прокормители клещей по всей лесной зоне имеют лесные полевки рода *Myodes*: рыжая полевка (*Myodes glareolus*), красная полевка (*Myodes rutilus*) и красно-серая полевка (*Craseomys rufocanus*), а также бурозубки рода *Sorex*: обыкновенная бурозубка (*Sorex araneus*), средняя бурозубка (*Sorex caecutiens*), малая бурозубка (*Sorex minutus*) и другие виды бурозубок. В Европейской части России неполовозрелых клещей прокармливают главным образом рыжая полевка (*Myodes glareolus*) и обыкновенная бурозубка (*Sorex araneus*). В Азиатской

части России рыжую полевку заменяют красная полевка (*Myodes rutilus*) или красно-серая полевка (*Craseomys rufocanus*) [54]. В некоторых Европейских очагах существенное значение имеют: европейская лесная мышь (*Sylvaemus sylvaticus*) и желтогорлая мышь (*Sylvaemus flavicollis*), а в дальневосточных очагах – полевая мышь (*Apodemus agrarius*) и восточноазиатская мышь (*Apodemus peninsulae*) [52,53]. Эти виды чаще всего доминируют среди мелких млекопитающих на очаговых территориях КЭ в разных регионах России [55].

От грызунов и насекомоядных, играющих различную роль в эпизоотическом процессе, были выделены штаммы и получены изоляты РНК всех генотипов ВКЭ, включая от таких видов, как: красная полевка (*Myodes rutilus*), красно-серая полевка (*Craseomys rufocanus*), полевка эконома (*Alexandromys oeconomicus*), восточноазиатская мышь (*Apodemus peninsulae*), узкочерепная полевка (*Lasiopodomys gregalis*), рыжая полевка (*Myodes glareolus*), длиннохвостый суслик (*Urocyon undulatus*), домовая мышь (*Mus musculus*), европейская лесная мышь (*Sylvaemus sylvaticus*), темная полевка (*Agricola agrestis*), полевая мышь (*Apodemus agrarius*), обыкновенная полевка (*Microtus arvalis*), плоскочерепная полевка (*Alticola strelzowi*), большешулая полевка (*Alticola macrotis*), обыкновенная бурозубка (*Sorex araneus*), европейский крот (*Talpa europaea*), обыкновенная белка (*Sciurus vulgaris*) [56].

Удивительными находками явились случаи выделения штаммов ВКЭ европейского подтипа из легочной ткани диких грызунов в Южной Корее [57] (подобно общепринятому методу выделения хантавирусов).

Следует отметить практически одинаковый видовой состав мелких млекопитающих, инфицированных хантавирусами и ВКЭ (6 семейств: *Talpidae*, *Soricidae*, *Sciuridae*, *Cricetidae*, *Muridae*, *Gliridae* двух отрядов *Rodentia* и *Insectivora*).

Помимо мелких грызунов и насекомоядных, преимагинальные фазы клещей *I. persulcatus* и *I. ricinus* нападают также на более крупных зверьков: ежей (*Erinaceus europaeus*), белок (*Sciurus vulgaris*) и бурундуков (*Eutamias sibiricus*). Эти виды играют значительно меньшую роль как прокормители клещей по сравнению с перечисленными выше животными более мелких размеров, но для оценки возможности передачи вируса клещами важно, что на бурундуках и других зверьках среднего размера одновременно может паразитировать значительное число личинок, и, в особенности, нимф. Прокормителями личинок и нимф *I. ricinus* могут быть кроты (*Talpa europaea*). В обжитых районах большое значение в прокормлении взрослых клещей имеют сельскохозяйственные животные, особенно крупный и мелкий рогатый скот. Во многих случаях они выступают в роли основных прокормителей имаго там, где скот регулярно выпасают в лесах [58].

На большинство видов птиц клещи *I. persulcatus* и *I. ricinus* нападают редко и не повсеместно. Более

регулярно они паразитируют на птицах, которые проводят много времени на земле в поисках корма [58].

Полевые паразитологические и экспериментальные вирусологические исследования свидетельствуют о том, что из числа прокормителей клещей *I. persulcatus* и *I. ricinus* главную роль в поддержании процесса циркуляции вируса КЭ играют разные виды мелких млекопитающих [58].

Сами клещи могут служить не только переносчиками возбудителей, но и выполнять функции их амплификаторов или природных резервуаров. Циркуляция возбудителя в очаге частично может происходить за счет только клещей, передающих его вертикально своему потомству (трансовариальная передача) или при совместном питании инфицированных и неинфицированных особей на одном животном (горизонтальная передача), а также половым путем при спаривании [36]. Изучение половой передачи ВКЭ у клещей *I. persulcatus* показало, что от самцов самкам вирус передается в 50% случаев. Подобная сопряженность вируса со сперматогенезом свидетельствует о значительной эволюционной давности связи этого вируса с генеративной системой самцов иксодид [36].

Заключение

ГЛПС и КЭ являются наиболее распространенными природно-очаговыми заболеваниями вирусной этиологии в России. Несмотря на таксономическое отличие возбудителей этих инфекций показано некоторое сходство их экологических свойств.

На основании анализа литературных и собственных данных открываются дополнительные

аспекты в изучении экологии хантавирусов, совместно циркулирующих с вирусом КЭ на единых территориях природных очагов, из чего можно сделать следующие выводы:

- подавляющее количество видов мелких млекопитающих – прокормителей клещей – инфицированы хантавирусами, хотя в их эстафетной передаче участвуют лишь резервуарные хозяева вирусов;
- мелкие млекопитающие из отрядов *Rodentia* и *Insectivora* сохраняют хантавирусы и передают их неинфицированным зверькам и клещам;
- возможна трансовариальная передача хантавирусов клещам;
- клещи сохраняют хантавирусы и могут передавать их млекопитающим и клещам;
- передача вируса КЭ от клещей человеку общепризнана, а передача хантавирусов – возбудителей ГЛПС человеку возможна в настоящее время только гипотетически, лишь на основании косвенных данных.

Экспериментально полученное доказательство истинной роли паразитических клещей разной таксономической принадлежности в обеспечении жизнеспособности патогенных для человека хантавирусов, а также их способности быть источниками и переносчиками возбудителя ГЛПС человеку позволит усовершенствовать противоэпидемические и профилактические (создание комбинированной вакцины) мероприятия по борьбе с ГЛПС и КЭ и в значительной степени уменьшить тяжесть социально-экономических последствий, связанных с проблемой этих инфекций.

Литература

1. Единая межведомственная информационно-статистическая система Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Доступно на: <https://www.fedstat.ru/indicator/38208/> Ссылка активна на 15 июля 2024.
2. Tkachenko E., Kurashova S., Balkina A., et al. Cases of Hemorrhagic Fever with Renal Syndrome In Russia during 2000–2022. *Viruses*. 2023. Vol. 15. P. 1537.
3. Колясникова Н. М., Ишмухаметов А. А., Акимкин В. Г. Современное состояние проблемы клещевого энцефалита в России и мире. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2023. Т. 22, № 1. С. 104–123.
4. Тарзанская В. А. К клинике острого нефрита. *Труды Дальневосточного мединститута*. 1935. Т. 2, № 1. С. 156–161.
5. Зильбер Л. А., Левкович Е. Н., Шубладзе А. К. и др. Этиология весенне-летнего эпидемического энцефалита. *Архив биологических наук*. 1938. Т. 52, № 1. С. 162–163.
6. Maes P., Alkhovsky S., Bao Y., et al. Taxonomy of the family Arenaviridae and the order Bunyavirales: Update 2018. *Arch. Virol.* 2018. Vol. 163, N8. P. 2295–2310.
7. Schmaljohn C., Dalrymple J. Analysis of Hantaan virus RNA: Evidence for a new genus of Bunyaviridae. *Virology* 1983. Vol. 131, N2. P. 482–491.
8. Ткаченко Е. А., Бернштейн А. Д., Дзагурова Т. К. и др. Актуальные проблемы современного этапа изучения геморрагической лихорадки с почечным синдромом в России. *Журнал Микробиологии Эпидемиологии и Иммунобиологии*. 2013. № 1. С. 51–58.
9. Ткаченко Е. А., Дзагурова Т. К., Бернштейн А. Д. и др. Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом в России: успехи и актуальные проблемы на современном этапе. Сборник трудов региональной научно-практической конференции «Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом: эпидемиология, профилактика и диагностика на современном этапе». Казань. 2019. С. 117–124.
10. Klempa B., Tkachenko E., Dzagurova T., et al. Hemorrhagic fever with renal syndrome caused by two distinct lineages of Dobrava hantavirus emerging In Russia. *Emerg. Infect. Dis.* 2008. Vol. 14, N4. P. 617–625.
11. Кулагин С. М., Федорова Н., Кетиладзе Е. Лабораторная вспышка геморрагической лихорадки с почечным синдромом (клинико-эпидемиологическая характеристика). *Журнал Микробиологии Эпидемиологии и Иммунобиологии*. 1962. № 33. С. 121–126.
12. Чумаков М. П. Исследования вирусных геморрагических лихорадок. *Журнал Гигиена. Эпидемиол. Микробиол.* 1963. № 7. С. 125–135.
13. Luo Z.Z., Liu Y.F. Isolation of epidemic hemorrhagic fever virus from air of rearing experimental animal room. *Proceedings of International symposium on HFRS. Hubei (China)*. 1992. P. 88.
14. Ткаченко Е. А., Дзагурова Т. К., Ткаченко П. Е. Хантавирусы: экология, молекулярная биология, морфология, патогенез и диагностика хантавирусных инфекций. *Молекулярная медицина*. 2009. № 5. С. 36–41.
15. Vaheri A., Strandin T., Hepojoki J., et al. Uncovering the mysteries of hantavirus infections. *Nat. Rev. Microbiol.* 2013. Vol. 11. P. 539–550.
16. Nuutinen H., Vuorisalo M., Färkkilä M., et al. Hemorrhagic gastropathy in epidemic nephropathy. *Gastrointest. Endosc.* 1992. Vol. 38. P. 476–480.
17. Luo S., Li Y., Tong Z., et al. Retrospective and prospective studies of hemorrhagic fever with renal syndrome in rural China. *J. Infect. Dis.* 1994. Vol. 170. P. 527–534.
18. Van Loock F., Thomas I., Clement J., et al. A case-control study after a hantavirus infection outbreak in the south of Belgium: who is at risk?. *Clin. Infect. Dis.* 1999. Vol. 28. P. 834–839.
19. Vapalahti K., Viret A., Vaheri A., et al. Case-control study on Puumala virus infection: smoking is a risk factor. *Epidemiol. Infect.* 2010. Vol. 138. P. 576–584.
20. Clement J., Crowcroft N., Maes P., et al. Smoking and other risk factors for hantavirus infections: the whole story. *Epidemiol. Infect.* 2011. Vol. 139. P. 1284–1286.
21. Witkowski P., Perley C., Brocato R., et al. Gastrointestinal Tract as Entry Route for Hantavirus Infection. *Front. Microbiol.* 2017. Vol. 8. P. 1721.
22. Спосова Е. А., Ткаченко Е. А., Иванус В. А. и др. Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом. М. Владивосток: 2006.
23. Jiang F., Wang L., Wang Sh., et al. Meteorological factors affect the epidemiology of hemorrhagic fever with renal syndrome via altering the breeding and hantavirus-carrying states of rodents and mites: a 9 years' longitudinal study. *Emerging Microbes & Infections*. 2017. Vol. 6, N11. P. e104.
24. Yu XJ., Tesh RB. The role of mites in the transmission and maintenance of Hantaan virus (Hantavirus: Bunyaviridae). *J Infect Dis* 2014. Vol. 210. P. 1693–699.
25. Houck MA., Qin H., Roberts HR. Hantavirus transmission: potential role of ectoparasites. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2001. Vol. 1. P. 75–79.
26. Ткаченко Е. А., Ишмухаметов А. А. История изучения этиологии геморрагической лихорадки с почечным синдромом. *Медицинский Совет*. – 2017. – № 4. – С. 86–92.
27. Локтев В. Б. Таксономия флавивирусов и новые флавивирусы. 38–55 с. В кн. *Клещевой энцефалит в XXI веке*. – М.: Наука, 2021. – 471 с.

28. Gritsun TS, Frolova TV, Pogodina VV, et al. Nucleotide and deduced amino acid sequence of the envelope gene of the Vasilchenko strain of TBE virus; comparison with other flaviviruses. *Virus Res.* 1993; Vol. 27(2). P. 201–209.
29. Gritsun TS, Frolova TV, Zhankov AI, et al. Characterization of a siberian virus isolated from a patient with progressive chronic tick-borne encephalitis. *J. Virol.* 2003; Vol. 77, N1. P. 25–36.
30. Demina TV, Dzhiyev YuP, Verkhovina MM, et al. Genotyping and characterization of the geographical distribution of tick-borne encephalitis virus variants with a set of molecular probes. *J Med Virol.* 2010; V82, N6. P. 965–976.
31. Демина Т. В., Джиоев Ю. П., Козлова И. В. и др. Генотипы 4 и 5 вируса клещевого энцефалита: особенности структуры геномов и возможный сценарий их формирования. *Вопросы вирусологии.* 2012; 1.57, № 4. С. 13–19.
32. Dai X., Shang G., Lu S., et al. A new subtype of eastern tick-borne encephalitis virus discovered in Qinghai-Tibet Plateau, China. *Emerging Microbes and Infectious.* 2018; V7, N1. P.74.
33. Коренберг Э. И., Помелова Н. С., Осин В. Г. Природноочаговые инфекции, передающиеся иксодовыми клещами. М.: Наука; 2013.
34. Ruzek D., Avšič Županc T., Borde J., et al. Tick-borne encephalitis in Europe and Russia: Review of pathogenesis, clinical features, therapy, and vaccines. *Antiviral Res.* 2019; V.164. P. 23–51.
35. Gresiková M, Sekeyová M, Stupalová S et al. Sheep milkborne epidemic of tick-borne encephalitis in Slovakia. *Intervirology.* 1975; Vol.5, N1-2. P.57–61.
36. Чунихин С.П., Леонова Г. Н. Экология и географическое распространение арбовирусов. М. Медицина. 1985.
37. Ткаченко Е.А., Окулова Н.М., Юничева Ю. В. и др. Эпизоотологические и вирусологические особенности природного очага хантавирусной инфекции в субтропической зоне Краснодарского края. *Вопросы вирусологии.* 2005; Т.50, № 3. С. 14–19.
38. Ткаченко Е. А., Рыльцева Е. В., Мясников Ю. А. и др. Изучение циркуляции вируса ГЛПС среди мелких млекопитающих на территории СССР. *Вопросы вирусологии.* 1987; Т. 32, № 6. С. 709–715.
39. Савицкая Т. А., Иванова А. В., Исаева Г. Ш. и др. Анализ эпидемиологической ситуации по геморрагической лихорадке с почечным синдромом в Российской Федерации в 2022 г. и прогноз ее развития на 2023 г. *Проблемы особо опасных инфекций.* 2023; №1. С. 85–95.
40. Слонова Р. А., Косой М. Э., Астахова Т. И. и др. Источники вируса ГЛПС в очагах Приморья. *Вопр. Вирусол.* 1985; №2. С. 189–192.
41. Gavrilovskaya IN., Aprekina NS., Miasnikov YA., et al. Features of circulation of HFRS virus among small mammals in the European USSR. *Arch. Virol.* 1983; Vol.75. P. 313–316.
42. Иванов Л. И., Эдановская Н. И., Ткаченко Е. А. и др. Ареал и природные резервуары вируса геморрагической лихорадки с почечным синдромом на Дальнем Востоке СССР. *Вопросы вирусологии.* 1989; Т. 34, № 5. С. 595–598.
43. Tkachenko EA, Lee HW. Etiology and epidemiology of HFRS. *Kidney Int. Suppl.* 1991; Vol. 35. P. 54–61.
44. Slonova RA., Tkachenko EA., Kushnarev EL., et al. Hantavirus isolation from birds. *Acta Virol.* 1992; Vol.36. P. 493.
45. Clement J., McKenna P., Tkachenko E., et al. Hantavirus infections in rodents. In: *Virus Infections of Vertebrates: Virus Infections of Rodents and Lagomorphs*; Osterhaus, A.D.M.E., Eds.; Elsevier Science B.V. 1994. P. 295–316. ISBN 0-444-81909-6.
46. Бернштейн А. Д., Гаерловская И. Н., Апкина Н. С. и др. Особенности природной очаговости хантавирусных зоонозов. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика.* 2010; № 2. С. 5–13.
47. Яшина Л. Н., Иванов Л.И., Компанец Г. Г. и др. Хантавирусы (Hantaviridae: Orthohantavirus), циркулирующие среди насекомых на Дальнем Востоке России. *Вопросы вирусологии.* 2023; Т.68, №1. С. 79–85.
48. Yashina LN., Abramov SA., Zhigalina A., et al. Geographic distribution and phylogeny of soricine shrew-borne Seewis virus and Altai Virus In Russia. *Viruses.* 2021; Vol.13, N7. P. 1286.
49. Yashina LN., Panov VV., Abramov SA., et al. Academ virus, a novel hantavirus in the Siberian Mole (*Talpa altaica*) from Russia. *Viruses.* 2022; Vol. 14. P. 309
50. Балакцрев А. Е., Башкиров В. Н., Седова Н. С. и др. Эпизоотология геморрагической лихорадки с почечным синдромом в Центральном Черноземье. *Вопросы вирусологии.* 2006; Т. 51. №5. С. 28–32.
51. Korenberg E.I. Some contemporary aspects of natural focal and epidemiology of tickborne encephalitis. *Folia parasitologica.* 1976; Vol.23, N.4. P.357–366.
52. Süss J., Kahl O. Ticks and tick-borne diseases – the successful story goes on. *Ticks Tick Borne Dis.* 2011; Vol.2, N1. P.1.
53. Вотяков В. И., Злобин В. И., Мишаева Н. П. Клещевые энцефалиты в Евразии. *Вопросы экологии, молекулярной эпидемиологии, нозологии, эволюции.* Наука. Новосибирск. 2002. 437 сmp.
54. Korenberg E.I., Gordova N.B., Kovalevskii Yu.V. Lyme boreliosis biology, epidemiology and control. *International, Oxford.* 2002; P. 175.
55. Транквиловский Д. В. О заражении мелких млекопитающих возбудителями зоонозов в Российской Федерации. *Здоровье и окружающая среда.* 2016; № 10. С. 53–56.
56. Демина Т.В., Козлова И.В., Верховина М.М. и др. Байкальский субтип вируса клещевого энцефалита. 175–191 с. В кн. *Клещевой энцефалит в XXI веке.* - М.: Наука, 2021. - 471 с.
57. Yun S-M., Kim S.Y., Ju Y.R., et al. First complete genomic characterization of two tick-borne encephalitis virus isolates obtained from wild rodents in South Korea. *Virus Genes.* 2011; Vol. 42. P. 307–316. doi: 10.1007/s11262-011-0575-y.
58. Даничина Г.А., Хаснаинов М.А., Ляпунова Н.А., Соловаров И.С. Экология вируса клещевого энцефалита. 241–261 с. В кн. *Клещевой энцефалит в XXI веке.* М.: Наука, 2021. - 471 с.

References

1. Unified Interdepartmental Information and Statistical System of the Ministry of Digital Development, Communications and Mass Media of the Russian Federation Available at: <https://www.fedstat.ru/indicator/38208/>. Accessed: 15 July 2024. (In Russ.).
2. Tkachenko E, Kurashova S, Balkina A, et al. Cases of Hemorrhagic Fever with Renal Syndrome In Russia during 2000–2022. *Viruses.* 2023;15:1537. doi: 10.3390/v15071537
3. Kolyasnikova NM, Ishmukhametov AA, Akimkin VG. The current state of the problem of tick-borne encephalitis in Russia and the world. *Epidemiology and Vaccinal Prevention.* 2023;22(1):104–23 (In Russ.). doi: 10.31631/2073-3046-2023-22-1-104-123
4. Targanskaia VA. Clinical course of acute nephritis. *Proceedings of Far Eastern Medical Institute. Khabarovsk Russia.* 1935;2(1):156–61 (In Russ.).
5. Zilber LA, Levkovich EN, Shubladze AK, et al. Etiology of spring-summer epidemic encephalitis. *Arhiv biologicheskikh nauk.* 1938;52(1):162–3 (In Russ.).
6. Maes P, Alkhovsky S, Bao Y, et al. Taxonomy of the family Arnaviridae and the order Bunyavirales: Update 2018. *Arch Virol* 2018;163(8):2295–2310. doi: 10.1007/s00705-018-3843-5.
7. Schmaljohn CS, Dalrymple JM. Analysis of Hantaan virus RNA: Evidence for a new genus of Bunyaviridae. *Virology.* 1983;131(2):482–491. doi: 10.1016/0042-6822(83)90514-7.
8. Tkachenko EA, Bershtein AD, Dzagurova TK, et al. Actual problems of hemorrhagic fever with renal syndrome. *Zh Mikrobiol Epidemiol Immunobiol* 2013;1:51–58 (In Russ.).
9. Tkachenko EA, Dzagurova TK, Bershtein AD, et al. Hemorrhagic fever with renal syndrome In Russia: successes and actual problems at the present stage. *Collection of proceedings of the regional scientific and practical conference «Hemorrhagic fever with renal syndrome: epidemiology, prevention and diagnosis at the present stage».* Kazan. 2019; P. 117–124 (In Russ.).
10. Klempa B, Tkachenko E, Dzagurova T, et al. Hemorrhagic fever with renal syndrome caused by two distinct lineages of Dobrava hantavirus emerging In Russia. *Emerg Infect Dis.* 2008;14(4):617–625. doi: 10.3201/eid1404.071310.
11. Kulagin SM, Fedorova N, Ketiladze E. A laboratory outbreak of hemorrhagic fever with renal syndrome (clinical-epidemiological characteristics). *Zh. Microbiol. Epidemiol. Immunobiol.* 1962;N33:121–126 (In Russ.).
12. Chumakov MP. Studies of virus haemorrhagic fevers. *J Hyg Epidemiol. Microbiol* 1963; 7:125–135 (In Russ.).
13. Luo ZZ, Liu YF. Isolation of epidemic hemorrhagic fever virus from air of rearing experimental animal room. *Proceedings of International symposium on HFRS. Hubei (China), 1992.* P.88.
14. Tkachenko EA, Dzagurova TK, Tkachenko PE. Hantaviruses: ecology, molecular biology, morphology, pathogenesis and diagnosis of hantavirus infections. *Molecular medicine.* 2009;5:36–41 (In Russ.).
15. Vaheri A, Strandin T, Hepojoki J, et al. Uncovering the mysteries of hantavirus infections. *Nat. Rev. Microbiol.* 2013; 11:539–550. doi: 10.1038/nrmicro3066.
16. Nuutinen H, Vuoristo M, Färkkilä M, et al. Hemorrhagic gastropathy in epidemic nephropathy. *Gastrointest. Endosc.* 1992;38:476–480. doi: 10.1016/S0016-5107(92)70480-5.
17. Ruo S, Li Y, Tong Z, et al. Retrospective and prospective studies of hemorrhagic fever with renal syndrome in rural China. *J. Infect. Dis.* 1994;170:527–534. doi: 10.1093/infdis/170.3.527.
18. Van Loock F, Thomas I, Clement, J, et al. A case-control study after a hantavirus infection outbreak in the south of Belgium: who is at risk? *Clin Infect Dis* 1999;28:834–839. doi: 10.1086/515196.
19. Vapalahti K, Virelta A, Vaheri A, et al. Case-control study on Puumala virus infection: smoking is a risk factor. *Epidemiol Infect* 2010;138:576–584. doi: 10.1017/S095026880999077X.
20. Clement J, Crowcroft N, Maes P, et al. Smoking and other risk factors for hantavirus infections: the whole story. *Epidemiol Infect* 2011;139:1284–1286. doi: 10.1017/S0950268810002244.
21. Witkowski P, Perley C, Brocato R, et al. Gastrointestinal tract as entry route for hantavirus infection. *Front Microbiol* 2017;8:1721. doi: 10.3389/fmicb.2017.01721.
22. Slonova RA, Tkachenko EA, Ivanis VA, et al. Hemorrhagic fever with renal syndrome. M. Vladivostok. 2006 (In Russ.).
23. Jiang F, Wang L, Wang S et al. Meteorological factors affect the epidemiology of hemorrhagic fever with renal syndrome via altering the breeding and hantavirus-carrying states of rodents and mites: a 9 years' longitudinal study. *Emerg Microbes Infect* 2017;6(11):e104. doi:10.1038/emi.2017.92.
24. Yu XJ, Tesh RB. The role of mites in the transmission and maintenance of Hantaan virus (Hantavirus: Bunyaviridae). *J Infect Dis.* 2014;210:1693–1699. doi: 10.1093/infdis/jiu336.
25. Houck MA, Qin H, Roberts HR. Hantavirus transmission: potential role of ectoparasites. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2000;1:75–79. doi: 10.1089/153036601750137723.
26. Tkachenko EA, Ishmukhametov AA. History of hemorrhagic fever with renal syndrome etiology studying. *Meditsinskij Sovet.* 2017; 4:86–92 (In Russ.). DOI: 10.21518/2079-701X-2017-4-86-92
27. Loktev V.B. Flavivirus taxonomy and new Flaviviruses. 38–55 p. *Tick-Borne Encephalitis in The 21st Century.* M.: Nauka, 2021. - 471 p. (In Russ.).
28. Gritsun TS, Frolova TV, Pogodina VV, et al. Nucleotide and deduced amino acid sequence of the envelope gene of the Vasilchenko strain of TBE virus; comparison with other flaviviruses. *Virus Res.* 1993;27(2):201–209. doi: 10.1016/0168-1702(93)90082-x.
29. Gritsun TS, Frolova TV, Zhankov AI, et al. Characterization of a siberian virus isolated from a patient with progressive chronic tick-borne encephalitis. *J Virol.* 2003;77(1):25–36. doi: 10.1128/jvi.77.1.25-36.2003.
30. Demina TV, Dzhiyev YuP, Verkhovina MM, et al. Genotyping and characterization of the geographical distribution of tick-borne encephalitis virus variants with a set of molecular probes. *J Med Virol.* 2010;82(6):965–76. doi:10.1002/jmv.21765. PMID: 20419810.
31. Demina TV, Dzhiyev YuP, Kozlova IV, et al. Genotypes 4 and 5 of tick-borne encephalitis virus: features of the structure of genomes and a possible scenario for their formation. *Vopr. Virusol.* 2012;57(4):13–19 (In Russ.).
32. Dai X., Shang G., Lu S., et al. A new subtype of eastern tick-borne encephalitis virus discovered in Qinghai-Tibet Plateau, China. *Emerging Microbes and Infectious.* 2018;7(1):74. doi: 10.1038/s41426-018-0081-6.
33. Korenberg EI, Pomelova NS, Osin VG. Natural focal infections transmitted by ixodid ticks. Moscow: Science; 2013 (In Russ.).
34. Ruzek D, Avšič Županc T, Borde J, et al. Tick-borne encephalitis in Europe and Russia: Review of pathogenesis, clinical features, therapy, and vaccines. *Antiviral Res.* 2019;164:23–51. doi: 10.1016/j.antiviral.2019.01.014.
35. Gresikova M, Sekeyova M, Stupalova S., et al. Sheep milkborne epidemic of tick-borne encephalitis in Slovakia. *Intervirology.* 1975;5(1–2):57–61. doi: 10.1159/000149880.
36. Чунихин С.П., Леонова Г.Н. Экология и географическое распространение арбовирусов. М. Медицина, 1985 (In Russ.).
37. Tkachenko EA, Oukulova NM, Yunicheva YuV, et al. Epizootological and virological features of the natural focus of hantavirus infection in the subtropical zone of the Krasnodar Territory. *Vopr. Virusol.* 2005; 50(3):14–19 (In Russ.).
38. Tkachenko EA, Rylyeva EV, Miasnikov YA, et al. A study of the circulation of HFRS virus among small mammals in USSR. *Vopr. Virusol.* 1987;6:709–715 (In Russ.).
39. Savitskaya TA, Ivanova AV, Isaeva GS, et al. Analysis of the epidemiological situation of hemorrhagic fever with renal syndrome in the Russian Federation in 2022 and forecast of its development for 2023. *Problems of Particularly Dangerous Infections.* 2023;1:85–95 (In Russ.). doi: 10.21055/0370-1069-2023-1-85-95.
40. Slonova RA, Kosoy ME, Astachova TI, et al. The sources HFRS virus in Primorsky regions foci. *Vopr. Virusol.* 1985;2:189–192 (In Russ.).

41. Gavrilovskaya IN, Apekina, NS, Miasnikov, YA, et al. Features of circulation of HFRS virus among small mammals in the European USSR. Arch. Virol. 1983;75:313–316. doi: 10.1007/BF01314898.
42. Ivanov LI, Zdanovskaya N, Tkachenko, EA, et al. Distribution area and natural reservoirs of HFRS virus in the Far East, USSR. Vopr. Virusol. 1989;1:595–598 (In Russ.).
43. Tkachenko EA, Lee H W. Etiology and epidemiology of HFRS. Kidney Int. Suppl. 1991;35:54–61.
44. Slonova RA, Tkachenko EA, Kushnarev EL, et al. Hantavirus isolation from birds. Acta Virol. 1992;36:493.
45. Clement J, McKenna P, Tkachenko E, et al. Hantavirus infections in rodents. In: Virus Infections of Vertebrates: Virus Infections of Rodents and Lagomorphs; Osterhaus, A.D.M.E., Eds.; Elsevier Science B.V. 1994, 295–316. ISBN 0-444-81909-6.
46. Bernshteyn AD, Gavrilovskaya IN, Apekina NS, et al. Features of the natural locality of hantavirus zoonoses. Epidemiology and Vaccinal Prevention. 2010;2:5–13 (In Russ.).
47. Yashina LN, Ivanov LI, Zdanovskaya NI, et al. Shrew-borne hantaviruses (Hantaviridae: Orthohantavirus) in the Far East of Russia. Problems of Virology. 2023;68(1) (In Russ.). doi: 10.36233/0507-4088-165.
48. Yashina LN, Abramov SA, Zhigalin A, et al. Geographic distribution and phylogeny of soricine shrew-borne Seewis virus and Altai Virus In Russia. Viruses. 2021;13(7):1286. doi: 10.3390/v13071286.
49. Yashina LN, Panov VV, Abramov SA, et al. Academ virus, a novel hantavirus in the Siberian Mole (*Talpa altaica*) from Russia. Viruses. 2022;14:309. doi: 10.3390/v14020309.
50. Balakirev AE, Bashkirtsev VN, Sedova NS, et al. Epizootology of hemorrhagic fever with renal syndrome in the Central Black Earth Region. Vopr. Virusol. 2006;51(5):28–32 (In Russ.).
51. Korenberg EI. Some contemporary aspects of natural focality and epidemiology of tickborne encephalitis. Folia parasitologica. 1976;23(4):357–366.
52. Süß J, Kahl O. Ticks and tick-borne diseases—the successful story goes on. Ticks Tick Borne Dis 2011;2(1):1. doi: 10.1016/j.ttbdis.2011.01.001.
53. Votyakov VI, Zlobin VI, Mishaeva NP. Tick-borne encephalitis in Eurasia. Issues of ecology, molecular epidemiology, nosology, evolution. The Science. Novosibirsk 2002 (In Russ.).
54. Korenberg EI, Gordova NB, Kovalevskii Yu V. Lyme borelliosis biology, epidemiology and control. International, Oxford, 2002.
55. Trankvilevskiy DV. About infection of small mammals with pathogens of zoonoses in the Russian Federation. Health and environment. 2016;10(283):53–56 (In Russ.).
56. Demina TV, Kozlova I V., Verkhovina M.M. and others. Baikal subtype of tick-borne encephalitis virus. 175–191 p. In the book. Tick-borne encephalitis in XXI century. - M.: Nauka, 2021:471 (In Russ.).
57. Yun S-M., Kim S.Y., Ju Y.R., et al. First complete genomic characterization of two tick-borne encephalitis virus isolates obtained from wild rodents in South Korea. Virus Genes. 2011;42:307–316. DOI 10.1007/s11262-011-0575-y.
58. Danchinova G.A., Khasnatinov M.A., Lyapunova N.A., Solovarov I.S. Ecology of tick-borne encephalitis virus. 241–261 p. In the book. Tick-borne encephalitis in XXI century. - M.: Nauka, 2021. - 471 p. (In Russ.).

Об авторах

- **Евгений Александрович Ткаченко** – д. м. н., руководитель научного направления ФГАНУ «Федеральный научный центр исследований и разработки иммунобиологических препаратов им. М.П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита). +7(985)784-30-51, evgeniytkach@mail.ru. ORCID 0000-0002-6829-1241
- **Тамара Казбековна Дзагурова** – д. м. н., заведующая лабораторией геморрагических лихорадок ФГАНУ «Федеральный научный центр исследований и разработки иммунобиологических препаратов им. М.П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита). +7(495)531-01-70 (лаб. 37-20), dzaguron@gmail.com
- **Дмитрий Валерьевич Транквилевский** – зоолог ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора, +7(977) 415-45-04, trankvilevskiy@mail.ru. ORCID 0000-0002-4896-9369
- **Надежда Михайловна Колясникова** – д. м. н., заведующая лабораторией клещевого энцефалита и других вирусных энцефалитов, ведущий научный сотрудник ФГАНУ «Федеральный научный центр исследований и разработки иммунобиологических препаратов им. М.П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита), +7(963) 693-08-14, kolyasnikova_nm@chumakovs.su. ORCID 0000-0002-9934-2582.
- **Юлия Валерьевна Попова** – научный сотрудник ФГАНУ «Федеральный научный центр исследований и разработки иммунобиологических препаратов им. М.П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита), +7(495) 318-40-00, juliapopova10@yandex.ru. ORCID 0000-0002-8231-1018
- **Ростислав Дмитриевич Теодорович** – научный сотрудник лаборатории геморрагических лихорадок ФГАНУ «ФНЦИРИП им. М.П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита). +79621389452, rostislavteo@mail.ru. ORCID 0000-0003-2117-597X
- **Михаил Фридрихович Ворович** – ведущий научный сотрудник ФГАНУ «Федеральный научный центр исследований и разработки иммунобиологических препаратов им. М.П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита). +7(916) 170-73-34, vorovich_mf@chumakovs.su. ORCID 0000-0002-7367-6357
- **Светлана Сергеевна Курашова** – к. м. н., ведущий научный сотрудник лаборатории геморрагических лихорадок ФГАНУ «ФНЦИРИП им. М.П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита). +79653093241, kurashova_ss@chumakovs.su. ORCID 0000-0001-9934-699X
- **Петр Евгеньевич Ткаченко** – врач-гастроэнтеролог ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), +7(916) 677-64-51, dr.ptk@mail.ru. ORCID 0000-0002-0605-323X
- **Алла Владимировна Белякова** – ученый секретарь, ФГАНУ «Федеральный научный центр исследований и разработки иммунобиологических препаратов им. М.П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита). +7 (929) 608-90-15, belyakova_av@chumakovs.su. ORCID 0000-0003-4363-6394.
- **Айдар Айратович Ишмухаметов** – д. м. н., профессор, академик РАН, генеральный директор ФГАНУ «Федеральный научный центр исследований и разработки иммунобиологических препаратов им. М.П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита). +7 (495) 841-90-02, sue_polio@chumakovs.su. ORCID: 0000-0001-6130-4145

Поступила: 15.06.2024. Принята к печати: 08.07.2024.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

About the Authors

- **Evgeniy A. Tkachenko** – Dr. Sci. (Med.), Scientific supervisor of M.P. Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immunobiological Drugs of the Russian Academy of Sciences (Polio Institute). +7(985)784-30-51, evgeniytkach@mail.ru. ORCID 0000-0002-6829-1241
- **Tamara K. Dzagurova** – Dr. Sci. (Med.), Head of the laboratory of hemorrhagic fevers of M.P. Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immunobiological Drugs of the Russian Academy of Sciences (Polio Institute). +7(495)531-01-70 (lab. 37-20), dzaguron@gmail.com. ORCID 0000-0002-6656-1682
- **Dmitry V. Trankvilevsky** – zoologist, Federal Center for Hygiene and Epidemiology, Rosptotrebnadzor. +7(977)415-45-04, trankvilevskiy@mail.ru. ORCID 0000-0002-4896-9369
- **Nadezhda M. Kolyasnikova** – Dr. Sci. (Med.), Head of laboratory of tick-borne encephalitis and other viral encephalitides of Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immuneand-Biological Products of Russian Academy of Sciences (Institute of Poliomyelitis). +7(963) 693-08-14, kolyasnikova_nm@chumakovs.su. ORCID 0000-0002-9934-2582.
- **Yulia V. Popova** – researcher of Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immuneand-Biological Products of Russian Academy of Sciences (Institute of Poliomyelitis), +7(495) 318-40-00, juliapopova10@yandex.ru. ORCID 0000-0002-8231-1018
- **Rostislav D. Teodorovich** – Researcher of the Laboratory of Hemorrhagic Fevers of M.P. Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immunobiological Drugs of the Russian Academy of Sciences (Polio Institute). +79621389452, rostislavteo@mail.ru. ORCID 0000-0003-2117-597X
- **Mikhail F. Vorovich** – leading researcher of Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immuneand-Biological Products of Russian Academy of Sciences (Institute of Poliomyelitis). +7(916) 170-73-34, vorovich_mf@chumakovs.su. ORCID 0000-0002-7367-6357
- **Svetlana S. Kurashova** – Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher of the Laboratory of Hemorrhagic Fevers of M.P. Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immunobiological Drugs of the Russian Academy of Sciences (Polio Institute). +79653093241, kurashova_ss@chumakovs.su. ORCID 0000-0001-9934-699X Tkachenko Pyotr Evgenievich, Sechenov First Moscow State Medical University, gastroenterologist, +7(916) 677-64-51, dr.ptk@mail.ru, ORCID 0000-0002-0605-323X
- **Alexandra S. Balkina** – Researcher of the Laboratory of Hemorrhagic Fevers of M.P. Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immunobiological Drugs of the Russian Academy of Sciences (Polio Institute). +79296637029, ale-bal@yandex.ru. ORCID 0000-0002-9704-7774
- **Alla V. Belyakova** – scientific secretary of Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immuneand-Biological Products of Russian Academy of Sciences (Institute of Poliomyelitis). +7 (929) 608-90-15, belyakova_av@chumakovs.su. ORCID: 0000-0003-4363-6394.
- **Aydar A. Ishmukhametov** – Academician RAS, Dr. Sci. (Med.), Professor, general director of Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immuneand-Biological Products of Russian Academy of Sciences (Institute of Poliomyelitis), +7 (495) 841-90-02, sue_polio@chumakovs.su. ORCID: 0000-0001-6130-4145

Received: 15.06.2024. Accepted: 08.07.2024.

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.