

DOI: 10.21055/0370-1069-2021-1-23-31

УДК 616.98:578.8+614.4

А.В. Иванова, Н.В. Попов, И.Г. Карнаухов, Е.А. Чумачкова

ХАНТАВИРУСНЫЕ БОЛЕЗНИ: ОБЗОР ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ И ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В РЕГИОНАХ МИРА

ФКУЗ «Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб», Саратов, Российская Федерация

Целью обзора является характеристика современной эпидемиологической и эпизоотологической ситуации в природных очагах хантавирусных болезней в разных регионах мира, анализ литературных данных. В настоящее время хантавирусные болезни являются весьма актуальной угрозой санитарно-эпидемиологическому благополучию населения во всем мире, которая может серьезно осложнить эпидемиологическую ситуацию. Ежегодно во всем мире регистрируется около 200 тыс. случаев заболевания, при этом интенсивность и динамика заболеваемости значительно варьируют в разных регионах мира. В то время как в Китае – стране с наибольшим ежегодным количеством случаев заболевания во всем мире – общая динамика заболеваемости приобретает тенденцию к снижению, что, по-видимому, связано с широким применением средств специфической профилактики болезни, число случаев заболевания в европейских странах, наоборот, показывает явный рост. В Российской Федерации в настоящее время геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС) является наиболее распространенной природно-очаговой болезнью вирусной этиологии. Данные о распространении хантавирусной инфекции в регионах Юго-Восточной Азии и Африканского континента требуют дальнейшего изучения, однако вполне очевидно, что хантавирусная инфекция является недооцененной проблемой общественного здравоохранения в этих регионах, а ее масштабы, в связи с широким распространением носителей, могут быть гораздо значительнее, чем известно на сегодняшний день.

Ключевые слова: хантавирусные болезни, хантавирусный пульмональный синдром, геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, эпидемиологическая ситуация, природные резервуары, возбудители.

Корреспондирующий автор: Иванова Александра Васильевна, e-mail: rusrapi@microbe.ru.

Для цитирования: Иванова А.В., Попов Н.В., Карнаухов И.Г., Чумачкова Е.А. Хантавирусные болезни: обзор эпидемиологической ситуации и эпидемиологических рисков в регионах мира. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2021; 1:23–31. DOI: 10.21055/0370-1069-2021-1-23-31

Поступила 02.02.2021. Принята к публ. 05.03.2021.

A.V. Ivanova, N.V. Popov, I.G. Karnaukhov, E.A. Chumachkova

Hantavirus Diseases: a Review of Epidemiological Situation and Epidemiological Risks in the Regions of the World

Russian Research Anti-Plague Institute "Microbe", Saratov, Russian Federation

Abstract. The purpose of this review is to characterize the current epidemiological and epizootiological situation in natural foci of hantavirus diseases in different regions of the world, and to analyze the literature data available. Currently, hantavirus diseases are a very urgent threat to the sanitary and epidemiological well-being of the population around the world, which can cause serious complications of the epidemiological situation. About 200 thousand cases of the disease are registered every year around the world, while the intensity and dynamics of the incidence varies significantly in different regions of the world. While in China – the country with the largest annual number of cases worldwide – the overall dynamics of the incidence has a downward trend, which is apparently due to the widespread use of specific disease prevention tools; the number of cases in European countries, on the contrary, shows a clear increase. In the Russian Federation, hemorrhagic fever with renal syndrome (HFRS) is currently the most common natural-focal disease of viral etiology. Data on the prevalence of hantavirus infection in the regions of South-East Asia and the African continent require further investigation, but it is quite obvious that hantavirus infection is a very underestimated public health issue in these regions, and its scale, due to the wide spread of carriers, may be much more considerable than is currently known.

Key words: hantavirus diseases, hemorrhagic fever with renal syndrome, hantavirus pulmonary syndrome, epidemiological situation, pathogens, natural reservoirs.

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

Corresponding author: Alexandra V. Ivanova, e-mail: rusrapi@microbe.ru.

Citation: Ivanova A.V., Popov N.V., Karnaukhov I.G., Chumachkova E.A. Hantavirus Diseases: a Review of Epidemiological Situation and Epidemiological Risks in the Regions of the World. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2021; 1:23–31. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2021-1-23-31

Received 02.02.2021. Accepted 05.03.2021.

Ivanova A.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4849-3866>

Popov N.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4099-9261>

Karnaukhov I.G., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8181-6727>

Chumachkova E.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9877-5258>

Хантавирусные болезни – нетрансмиссивные зоонозные болезни человека, протекающие по типу геморрагической лихорадки со специфическим по-

ражением почек в странах Азии и Европы или в виде прогрессирующей легочной недостаточности вследствие респираторного дистресс-синдрома в странах

Северной и Южной Америки. Оба заболевания имеют сходный патогенез, характеризующийся изменениями свертываемости крови, расширением сосудов и нарушениями барьерной функции капилляров, приводящими к геморрагиям и воспалительным процессам в пораженных органах.

В настоящее время хантавирусные болезни являются весьма актуальной угрозой санитарно-эпидемиологическому благополучию населения во всем мире, которая может серьезно осложнить эпидемиологическую ситуацию. Данные обстоятельства во многом обусловлены изменчивостью генома хантавирусов, приводящей к появлению новых типов и генетических вариантов с высокой вирулентностью в регионах мира. К настоящему времени в Международном комитете таксономии вирусов зарегистрировано более 40 хантавирусов. Вопрос о реальном количестве существующих в природе хантавирусов остается открытым, как и вопрос об эпидемической опасности еще не выявленных хантавирусов, их природных резервуарах и носителях. Пространственное распределение очагов инфекции и характер циркуляции возбудителя в природных очагах каждого хантавируса обусловлены распространением, биотопической приуроченностью и экологическими особенностями их резервуарного хозяина [1]. Различные виды вирусов имеют тесные связи со своими природными носителями, превращая их в естественные резервуары, представляющие источник инфекции для человека. Видовой состав животных, инфицированных хантавирусами, в различных регионах мира на сегодняшний день насчитывает 84 вида из 14 семейств млекопитающих. Кроме того, антиген хантавируса обнаружен у 16 видов птиц. Штаммы хантавируса выделены в Китае от пяти видов гамазовых и одного вида краснотелковых клещей, а также от трех видов блох. Ввиду огромного разнообразия животных – резервуаров инфекции и учащающихся контактов человека с инфицированными животными в их естественных условиях обитания (вырубка лесов, освоение новых территорий) возникновение хантавирусной болезни все чаще наблюдается в различных климатических зонах, что делает хантавирусную болезнь убиквитарным заболеванием.

Ежегодно во всем мире хантавирусными болезнями заболевает около 200 тыс. человек, при этом интенсивность и динамика заболеваемости значительно варьируют в разных регионах мира. В то время как в Китае – стране с наибольшим ежегодным количеством случаев заболевания во всем мире – общая динамика заболеваемости приобретает тенденцию к снижению, что, по-видимому, связано с широким применением средств специфической профилактики болезни, число случаев заболевания в европейских странах, наоборот, показывает явный рост. Кроме того, в связи с развитием диагностических технологий и нарастающего интереса среди исследователей к хантавирусным болезням очаги этого заболевания

все чаще открывают на новых, ранее малоизученных территориях. **Целью** обзора в связи с этим является характеристика современной эпидемиологической и эпизоотологической ситуации в природных очагах хантавирусных болезней в разных регионах мира.

Распространение хантавирусов в Европейском регионе. Хантавирусы, циркулирующие в регионе, вызывают у населения заболевание, сопровождающееся специфическим поражением почек, – геморрагическую лихорадку с почечным синдромом (ГЛПС). По данным европейского бюро ВОЗ, регистрация болезни в регионе ведется с 1963 г. На севере и в центральной части Европы случаи заболевания ГЛПС отмечаются ежегодно. Среди патогенных для человека хантавирусов на территории Европы циркулируют: *Puumala* (PUUV) – в странах Северной и Центральной Европы; *Dobrava* (DOBV) – в странах Юго-Восточной Европы; *Seoul* (SEOV) – повсеместно.

ГЛПС регистрируется в большинстве европейских стран. Ежегодные показатели заболеваемости сильно отличаются в разных странах, а также в разные годы. За период с 2000 по 2009 год в среднем ежегодно в европейских странах регистрировалось 3138 случаев заболевания ГЛПС [2]. За последнее десятилетие, с 2010 по 2019 год, зарегистрировано 29567 случаев заболевания ГЛПС в 29 странах региона. В среднем в год регистрировалось 2957 случаев заболевания. Основная доля заболевших отмечена в Финляндии (75,9 %) и Германии (12,9 %).

Наиболее распространенным европейским хантавирусом является PUUV (96 % всех циркулирующих хантавирусов в регионе), основным носителем которого считается береговая полевка (*Myodes glareolus*). Вирус широко распространен на большей части континента, за исключением Великобритании и прибрежных районов Средиземноморья. Большинство случаев ГЛПС, ассоциированных с PUUV, регистрируется в Финляндии, Германии, Швеции и Франции. Первый случай заболевания ГЛПС в Швейцарии зарегистрирован в 2008 г., в последующем случаи стали отмечаться ежегодно. В Греции и Венгрии ежегодно регистрируются единичные случаи заболевания, однако, по оценочным данным, в этих странах зарегистрирован самый высокий процент серопозитивных лиц среди здоровых людей. Антитела к хантавирусу PUUV также обнаружены в ходе сероэпидемиологических обследований в Италии, Литве и Испании [3–5]. Однако в этих странах не зарегистрировано ни одного клинического случая ГЛПС. Заболеваемость в регионе регистрируется круглогодично. Доля заболевших мужчин в структуре заболеваемости превалирует над женской заболеваемостью [6]. Случаи заболевания отмечаются во всех возрастных категориях (от 1 года до 80 лет). Большинство случаев заболевания приходится на лиц от 20 до 50 лет.

В странах Юго-Восточной Европы циркулирует в основном хантавирус *Dobrava* (DOBV). Впервые

вирус обнаружен в желтогорлой мыши (*Apodemus flavicollis*), пойманной рядом с деревней Добрава в Югославии в 1992 г. [7]. Генотип хантавируса Добрава (DOBV-Af) – *A. flavicollis*, циркулирующий, как правило, на территории Балканских стран, вызывает тяжелое заболевание, сопровождающееся летальностью до 12 % [8]. Природные очаги ГЛПС, обусловленные хантавирусом *Dobrava* (DOBV-Aa), ассоциированные с основным носителем – полевой мышью (*Apodemus agrarius*), выявлены в странах Центральной Европы в 1999 г. [9]. При этом клиническое течение инфекции, вызванной генотипом Добрава – *A. agrarius* (DOBV-Aa), характеризуется более легким течением и не сопровождается летальными исходами. В 2000 г. вирусу присвоено собственное название в честь эстонского острова Сааремаа (SAAV), где впервые и был выделен вирус. В настоящее время вирус распространен на территории Центральной и Западной Европы и чаще всего встречается в Дании, Словении и Эстонии.

В ряде европейских стран в разные годы отмечали наличие сочетанных природных очагов хантавирусной инфекции. Так, совместная циркуляция вирусов PUUV и DOBV-Af выявлена на Балканском полуострове. В Германии регистрировали местные случаи заболевания, обусловленные PUUV и SAAV. Циркуляция вирусов PUUV и DOBV также подтверждена в Турции, Польше, Чешской Республике, Литве и Латвии [10].

Гораздо реже в Европейском регионе регистрируются случаи заболевания ГЛПС, вызванные хантавирусом *Seoul* (SEOV). Основными резервуарами данного вируса считаются серые крысы (*Rattus norvegicus*), которые распространены практически повсеместно, в связи с чем SEOV-обусловленные случаи заболевания ГЛПС встречаются в разных странах региона, без конкретной привязки к ландшафтам [11]. Случаи заболевания отмечались во Франции, Великобритании, Швеции [12]. В Соединенном Королевстве описаны случаи заболевания ГЛПС-SEOV, связанные как с дикими, так и с домашними крысами [13–14].

Кроме того, на большей территории Европы в популяциях обыкновенной полевки (*Microtus obscurus*) циркулирует хантавирус, патогенность которого до сих пор считается неустановленной, – Тульский хантавирус (TULV). Однако исследования, проведенные во Франции в 2015 г., подтверждают теорию о том, что именно этот хантавирус явился причиной случаев заболевания ГЛПС среди людей [15]. Случаи заболевания ГЛПС, протекающие в очень легкой форме, вызванные хантавирусом TULV, также описаны в Швейцарии и Германии [16].

В Российской Федерации регистрируются патогенные для человека хантавирусы: *Puumala* (PUUV), *Seoul* (SEOV), *Amur* (AMRV), *Hantaan* (HTNV) и *Dobrava* (DOBV), – а также широко распространены очаги хантавирусов с неустановленной патогенностью для человека: TULV – на территории европей-

ской части России, серотип *Topograf*, обнаруженный на Таймыре, хантавирус *Khabarovsk*, присутствующий в природных очагах Дальнего Востока России [17–24].

По данным Роспотребнадзора, в течение последних двадцати лет ГЛПС на территории Российской Федерации является доминирующей нозоформой среди группы природно-очаговых инфекций, составляя значительную долю (34,9–49,5 %) всех заболевших. В Российской Федерации в настоящее время ГЛПС является наиболее распространенной природно-очаговой болезнью вирусной этиологии.

С момента начала официальной регистрации заболевания в стране (1978 г.) по 2019 год включительно зарегистрировано свыше 278996 случаев заболевания ГЛПС, большая часть из которых отмечена на территории европейской части страны. На европейские очаги России в разные годы приходилось от 80 до 95 % случаев заболевания ГЛПС от общероссийских показателей [25]. В основном заболеваемость на данной территории ассоциирована с вирусом PUUV. Для данного вируса характерна заболеваемость в летне-осенний период, с преимущественным поражением городского населения. Дети до 14 лет и люди старше 60 лет в общей структуре заболеваемости составляют небольшой процент. В основном заболевают люди наиболее трудоспособного возраста, что может объясняться их более активным социальным поведением в местах естественного пребывания рыжей полевки (основной носитель вируса): в лесных массивах или на расположенных вблизи них садовых или огородных участках [26–27]. В России пространственное распространение вируса PUUV во многом совпадает с ареалом его основного носителя, а самые активные природные очаги по большей части приурочены к ландшафтным зонам пойменных широколиственных и хвойно-широколиственных лесов, лесных оврагов, лесных массивов с густым подлеском Приволжского федерального округа [28–30].

На Дальнем Востоке Российской Федерации в основном циркулируют три патогенных для человека хантавирусы: *Hantaan* (HTNV), *Amur* (AMRV) и *Seoul* (SEOV). Наибольшее количество случаев заболевания ГЛПС ассоциировано с вирусом HTNV, основным источником которого считается полевая мышь (*Apodemus agrarius*), обитающая на лугополевых биотопах [31].

В лесных очагах Дальнего Востока доминирующую роль отводят восточноазиатской мыши (*Apodemus peninsulae*), источнику хантавируса AMRV. Городские очаги Дальнего Востока обусловлены вирусом *Seoul* (SEOV), источниками инфекции в данном случае являются серые крысы (*Rattus norvegicus*) [31]. Случаи заболевания ГЛПС, обусловленные SEOV-хантавирусом, регистрируются ежегодно. В массивах широколиственных лесов, сохранившихся на территориях заповедников, доминирует красно-серая полевка (*Myodes rufocanus*), носитель вируса PUUV, однако заболеваемость людей данным

вирусом практически отсутствует [31]. Как правило, заболеваемость ГЛПС на территории Дальнего Востока протекает с преобладанием тяжелых форм, более выраженных клинических проявлений и большей долей летальных исходов по сравнению с заболеваемостью в очагах ГЛПС европейской части.

Границы природных очагов ГЛПС расширяются, постепенно вовлекая в этот процесс территории, ранее считавшиеся свободными от ГЛПС. В настоящее время обнаружены новые очаги хантавирусной инфекции в Республике Алтай, Новосибирской, Иркутской и Кемеровской областях. Выявлены два новых хантавируса, названных Алтай и Артыбаш, в средней и обыкновенной бурозубках (насекомоядные) [32].

Распространение хантавирусов в Американском регионе. Первая вспышка хантавирусного заболевания в регионе с преимущественным поражением легочной ткани произошла в мае 1993 г. на юго-западе Соединенных Штатов Америки (штат Нью-Мексико) [33]. Главным резервуарным хозяином ранее неизвестного хантавируса признан олений хомячок (*Peromyscus maniculatus*), широко распространенный в Северной и Центральной Америке. Новый вирус получил название *Sin Nombre virus* (SNV), а заболевание, вызванное вирусом, – хантавирусный пульмональный синдром (ХПС). Ряд исследований образцов тканей людей, ранее умерших от респираторного дистресс-синдрома неустановленной этиологии, проведенных специалистами в США в рамках изучения нового заболевания, указывают на существование этой болезни задолго до регистрации вспышки 1993 г. Первым известным случаем ХПС признан случай заболевания 38-летнего жителя штата Юта в 1959 г. По мере изучения нового заболевания накапливалась информация о существовании нескольких вирусов, способных вызывать сходные симптомы заболевания. Так, в июне 1993 г. описан хантавирус *Bayou virus* (BAYV), основным резервуаром которого является болотный рисовый хомяк (*Oryzomys palustris*); в конце 1993 г. открыт еще один хантавирус – *Black Creek Canal virus* (BCCV) с основным природным резервуаром – хлопковой крысой (*Sigmodon hispidus*); в 1995 г. – хантавирус *New York virus* (NYV), основным природным резервуаром которого является белоногий хомячок (*Peromyscus leucopus*) [34].

На территории Северной и Южной Америки открытие новых штаммов хантавирусов продолжается. В настоящее время уже выделено более 40 штаммов хантавирусов, 20 из которых способны вызывать заболевания у человека [35].

Официальная регистрация хантавирусного пульмонального синдрома в Американском регионе ведется с 1995 г. Наиболее широко представленным хантавирусом в Северной Америке является *Sin Nombre virus* (SNV). В целом, с начала регистрации заболевания в США и по 2019 год включительно зарегистрировано 804 случая ХПС, из них 264 закон-

чились летальным исходом (35%). За последнее десятилетие, с 2010 по 2019 год, по оценкам Центра по контролю и профилактике заболеваний США, зарегистрировано 266 случаев заболевания в 36 штатах страны. В Канаде регистрируются единичные случаи заболевания. На сегодняшний день в Северной Америке не зарегистрировано ни одного случая заболевания ХПС, при котором вирус передавался бы от человека к человеку.

В Центральной Америке большинство случаев ХПС регистрируется в Панаме. Основной этиологический агент – хантавирус *Choclo virus* (CHOV), вызывающий, как правило, заболевание легкой степени тяжести или даже бессимптомное течение болезни, не приводящее к летальным исходам.

На территории Южной Америки наиболее значимым патогенным хантавирусом является *Andes virus* (ANDV). В Аргентине ежегодно регистрируется около 100 случаев ХПС. Характерна весенне-летняя сезонность, а большинство случаев заражения ассоциируются с пребыванием в лесных ландшафтах страны. В Чили до 2019 г. зарегистрировано более 1 тыс. случаев ХПС, при этом смертность составляет 36,1 %. Большинство случаев заболевания регистрируется в зимний период и в основном они обусловлены *Andes virus* (ANDV). Эпидемиологические данные вспышки ХПС в Аргентине 1996 г. свидетельствуют о том, что штаммы хантавируса *Andes virus* (ANDV) в Южной Америке могут передаваться от человека к человеку [36]. В настоящее время единичные случаи передачи ХПС от человека к человеку происходят в Чили и Аргентине при очень тесном контакте с заболевшими (как правило, между членами семьи).

За период с 1995 по 2019 год Бразилия сообщила о более чем 2 тыс. случаев заболевания ХПС, однако число серопозитивных лиц, по оценкам, намного больше. Исследования в Бразилии показали, что хантавирус *Araraquara virus* (ARAV) является одним из самых вирулентных хантавирусов, циркулирующих в стране, с летальностью 50 % [37]. Волосатохвостая мышь (*Necromys lasiurus*), которая является природным резервуаром хантавируса ARAV, является синантропом и хорошо адаптируется к любым антропогенным изменениям человека, что создает существенные проблемы общественному здравоохранению страны [38].

По данным американского бюро ВОЗ, случаи ХПС, а также серологические подтверждения хантавирусной инфекции обнаружены в Боливии, Колумбии, Французской Гвиане, Перу, Уругвае, Парагвае, Суринаме, Эквадоре и Венесуэле. Заболеваемость в регионе регистрируется в течение всего года. Доля заболевших мужчин в структуре заболеваемости составляет 63 %. Случаи заболевания регистрируются в возрастных категориях от 5 до 84 лет. Средний возраст заболевших в подтвержденных случаях составляет 38 лет.

Следует отметить, что первыми опубликованными сообщениями с описанием симптоматики

хантавирусной болезни (лихорадка, миалгия, дискомфорт в животе и тромбоцитопения) в Северной и Южной Америке (Бразилия) были случаи ГЛПС, а не ХПС. Первые сообщения о выделении хантавируса *Seoul* (SEOV) от серой крысы (*Rattus norvegicus*), пойманной в Филадельфии, зарегистрированы еще в 1984 г. [39]. Дальнейшая изоляция SEOV описана в 1985 г. в Новом Орлеане, в 1987 г. в Балтиморе, однако случаев заболевания человека не задокументировано. По-видимому, циркулирующие серотипы вируса SEOV на Американском континенте не обладали патогенностью для человека или вызывали заболевание в бессимптомной форме [37]. В 1988 г. исследования, проведенные в Балтиморе среди пациентов, находящихся на диализе, без историй поездок за границу, подтвердили наличие SEOV-серопозитивности и доказали существование субклинических форм ГЛПС в регионе [40]. Первый случай ГЛПС с подтвержденным диагнозом методом ОТ-ПЦР зарегистрирован в США (штат Мэриленд) в 2008 г. С 1988 по 2014 год в стране зарегистрировано 8 случаев заболевания ГЛПС, из которых один случай заболевания закончился летальным исходом, что указывает на то, что SEOV в редких случаях все же способен вызывать клинически тяжелые формы заболевания, приводящие к смерти в Американском регионе [41]. С 2015 г. в регионе установлен эпиднадзор за «нелегочными» случаями заболевания (ГЛПС), вызванными хантавирусом *Seoul* (SEOV). Всего с 2015 по 2019 год в США зарегистрировано 30 случаев заболевания, без летальных исходов. Исследуя вспышку SEOV 2018 г., Центр по контролю и профилактике заболеваний США описал 17 случаев заболевания людей в 11 штатах, из которых большинство (9 случаев) были бессимптомными, а в трех случаях потребовалась госпитализация. Источниками данной вспышки явились домашние крысы, используемые заводчиками в декоративных целях. В 2019 г. сообщалось об одном случае заболевания ГЛПС в США (штат Колорадо).

Распространение хантавирусов в Азиатском регионе. В этом регионе ГЛПС является наиболее актуальной проблемой общественного здравоохранения в Китае. Впервые клиническая картина ГЛПС в стране описана в 1931 г. на северо-востоке страны [42]. Впоследствии хантавирусная инфекция приобрела широкое распространение. В настоящее время эндемична по ГЛПС вся территория страны, за исключением Тайваньского региона [43]. Большинство случаев заболевания регистрируют в северо-восточных провинциях страны, на которые приходится более 80 % всей заболеваемости [44]. Ежегодно на долю Китая приходится от 40 до 50 % всей заболеваемости ГЛПС в мире. В последние десятилетия благодаря масштабной программе вакцинации населения уровень заболеваемости резко снизился. С 2000 г. ежегодное число случаев заболевания ГЛПС сократилось более чем в 3 раза – с 37814 в 2000 г. до 11248 в 2007 г. С 2009 по 2018 год еже-

годное число случаев заболевания колебалось от 9 тыс. до 25 тыс. Показатель летальности варьирует в пределах 0,68–0,60 %. На территории страны распространены лесные очаги ГЛПС с циркуляцией вируса *Hantaan* (HTNV), основным резервуаром в которых является восточноазиатская мышь (*Apodemus peninsulae*), и городские очаги ГЛПС с циркуляцией вируса *Seoul* (SEOV) с основным резервуаром – серая крыса (*Rattus norvegicus*).

К эндемичным по ГЛПС странам региона относится Республика Корея. Ежегодно сообщается о 300–500 случаях заболевания со средним уровнем летальности 1 % [45]. Большая доля заболевших в стране приходится на жителей сельских районов (35,6 %), в основном занимающихся фермерством и сельским хозяйством [46]. Основным циркулирующим хантавирусом в стране является HTNV с ярко выраженной осенне-зимней сезонностью, вместе с тем независимо от сезона года в стране регистрируются единичные случаи ГЛПС, обусловленные хантавирусом SEOV.

В Японии первые сообщения о внутрилабораторном заражении лихорадкой неизвестного генеза появились в середине 1970-х гг. Подобные случаи регистрировались на территории Японии до 1984 г. Всего отмечено 126 случаев заболевания и 1 летальный исход, связанный с ними [47]. За последние 30 лет в Японии не зарегистрировано ни одного нового случая заболевания ГЛПС. Однако антитела против хантавируса обнаружены у нескольких видов грызунов, таких как японская мышь (*Apodemus speciosus*), серая крыса (*Rattus norvegicus*) и красносерая полевка (*Clethrionomys rufocanus*).

В других странах региона обязательный эпидемиологический надзор за ГЛПС не ведется, однако циркуляция хантавирусной инфекции SEOV подтверждена в Малайзии, Вьетнаме, Сингапуре, Таиланде и Австралии [48–49]. Серологические подтверждения хантавирусной инфекции обнаружены во Вьетнаме, Сингапуре, Лаосе, Таиланде и Малайзии [50]. Случаи заболевания ГЛПС-HTNV отмечены в Индонезии [51]. Антитела к хантавирусу HTNV также обнаружены в ходе сероэпидемиологических обследований в Индии и Шри-Ланке [52]. В Непале хантавирус обнаружен в популяциях гигантской бурозубки (*Suncus murinus*). Стоит отметить, что гигантская бурозубка широко распространена по всей территории Юго-Восточной Азии, в связи с чем можно предположить, что единичные случаи заболевания ГЛПС, выявленные случайно (при мониторинге лиц с лихорадкой неясной этиологии), являются результатом отсутствия системного мониторинга за ГЛПС. Вполне вероятно, что заболевание имеет гораздо более широкое распространение в регионе.

Распространение хантавирусов в Африканском регионе. На территории Африканского континента вопросы эпизоотологии и эпидемиологии хантавируса остаются малоизученными. Однако в последние годы результаты изучения африканских

хантавирусов вызывают все больший интерес среди ученых. Первый хантавирус, зарегистрированный на территории Африки, выделен у африканской лесной мыши (*Hylomyscus simus*), пойманной в лесах Гвинеи в 2006 г. Кроме того, серологические исследования, проведенные среди жителей деревни Сангассу (Гвинейская Республика), в 4 % случаев показали наличие антител именно к этому вирусу [53]. Позже вирус получил название *Sangassou* (SANGV) по месту его обнаружения. Первый официально зарегистрированный случай заболевания ГЛПС-SANGV также зарегистрирован в Гвинее, в 2010 г. [53]. Исследования, направленные на изучение уровня иммунной прослойки населения к хантавирусам на всей территории Гвинейской Республики, проведенные сотрудниками РосНИПЧИ «Микроб» в 2017–2020 гг., показали наличие в 7,7 % исследованных проб специфических антител класса IgG. Наибольшее количество положительных проб обнаружено в Лесной Гвинее, что подтверждает полученные ранее данные об активной циркуляции возбудителей хантавирусных инфекций в данном регионе [54].

О присутствии хантавирусной инфекции в регионе свидетельствуют факты обнаружения антител к хантавирусам HTNV и SEOV в ходе отдельных сероэпидемиологических обследований в Южной Африке, Демократической Республике Конго и Кот-д'Ивуаре [55–56]. Случаев заболевания ГЛПС среди населения стран Африканского континента к югу от Сахары до настоящего момента не зарегистрировано. Представляет особый интерес разнообразие носителей возбудителя ГЛПС на территории Африки. Помимо широко распространенной на континенте африканской лесной мыши (от Ганы до Западной Уганды), хантавирус обнаружен у некоторых видов землероек и летучих мышей [55]. Данные о распространении хантавирусной инфекции в регионе требуют дальнейшего, более детального изучения, однако вполне очевидно, что хантавирусная инфекция является весьма недооцененной проблемой общественного здравоохранения в Африканском регионе, а ее масштабы, в связи с широким распространением носителей, могут быть гораздо значительнее, чем известно на сегодняшний день.

За последние десятилетия хантавирусные болезни вошли в круг весьма актуальных и приоритетных проблем мирового здравоохранения ввиду широкого их распространения, высоких показателей заболеваемости с преимущественным поражением людей в возрасте от 20 до 50 лет, длительным периодом снижения трудоспособности, значительной частотой тяжелых форм течения болезни, колоссальным экономическим ущербом и ограниченными возможностями специфической профилактики. Общие тенденции изменения мирового климата также оказывают неблагоприятное влияние на эпидемиологию хантавирусных болезней. Изменение среднесуточной температуры, количества осадков и влажности влияет на географическое распределение, динамику

численности и видовой состав резервуарных хозяев вируса. Изменение климата также влияет на деятельность человека и может изменить частоту контактов с хантавирусоносителями. Кроме того, вызывают серьезные опасения циркуляция штаммов хантавируса, способного передаваться от человека к человеку (*Andes virus* в Южной Америке), и активные находки новых видов хантавирусов во всем мире с неустановленной эпидемической значимостью, что в свою очередь многократно повышает риски осложнения эпидемиологической ситуации, реализация которых может привести к возникновению чрезвычайных ситуаций санитарно-эпидемиологического характера международного значения.

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

Список литературы

1. Ткаченко Е.А., Ишмухаметов А.А. История изучения этиологии геморрагической лихорадки с почечным синдромом. *Медицинский совет*. 2017; 4:86–92.
2. Heyman P., Ceianu C.S., Christova I., Tordo N., Beersma M., João Alves M., Lundkvist A., Hukic M., Papa A., Tenorio A., Zelená H., Essbauer S., Visontai I., Golovljova I., Connell J., Nicoletti L., Van Esbroeck M., Gjeruldsen Dudman S., Aberle S.W., Avšič-Zupanc T., Korukluoglu G., Nowakowska A., Klempa B., Ulrich R.G., Bino S., Engler O., Opp M., Vaheri A. A five-year perspective on the situation of haemorrhagic fever with renal syndrome and status of the hantavirus reservoirs in Europe, 2005–2010. *Euro Surveill*. 2011; 16(36):19961. DOI: 10.2807/ese.16.36.19961-en.
3. Kallio-Kokko H., Laakkonen J., Rizzoli A., Tagliapietra V., Cattadori I., Perkins S.E., Hudson P.J., Cristofolini A., Versini W., Vapalahti O., Vaheri A., Henttonen H. Hantavirus and arenavirus antibody prevalence in rodents and humans in Trentino, Northern Italy. *Epidemiol. Infect.* 2006; 134(4):830–6. DOI: 10.1017/S0950268805005431.
4. Sandmann S., Meisel H., Razanskiene A., Wolbert A., Pohl B., Krüger D.H., Sasnauskas K., Ulrich R. Detection of human hantavirus infections in Lithuania. *Infection*. 2005; 33(2):66–72. DOI: 10.1007/s15010-005-4058-8.
5. Lledó L., Klingström J., Gegúndez M.I., Plyusnina A., Vapalahti O., Saz J.V., Beltrán M., Sjölander K.B., Vaheri A., Plyusnin A., Lundkvist A. Hantavirus infections in Spain: analysis of sera from the general population and from patients with pneumonia, renal disease and hepatitis. *J. Clin. Virol.* 2003; 27(3):296–307. DOI: 10.1016/j.jcvi.2002.02.022-7.
6. Figueiredo L.T., Souza W.M., Ferrés M., Enria D.A. Hantaviruses and cardiopulmonary syndrome in South America. *Virus Res.* 2014; 187:43–54. DOI: 10.1016/j.virusres.2014.01.015.
7. Avšič-Zupanc T., Xiao S.Y., Stojanovic R., Gligic A., van der Groen G., LeDuc J.W. Characterization of Dobrava virus: a Hantavirus from Slovenia, Yugoslavia. *J. Med. Virol.* 1992; 38(2):132–7. DOI: 10.1002/jmv.1890380211.
8. Papa A. Dobrava-Belgrade virus: phylogeny, epidemiology, disease. *Antiviral Res.* 2012; 95(2):104–17. DOI: 10.1016/j.antiviral.2012.05.011.
9. Krüger D.H., Ulrich R., Lundkvist A.A. Hantavirus infections and their prevention. *Microbes Infect.* 2001; 3(13):1129–44. DOI: 10.1016/s1286-4579(01)01474-5.
10. Avšič Zupanc T., Korva M., Markotić A. HFRS and hantaviruses in the Balkans/South-East Europe. *Virus Res.* 2014; 187:27–33. DOI: 10.1016/j.virusres.2013.12.042.
11. Macé G., Feyeux C., Mollard N., Chantegret C., Audia S., Rebibou J.M., Spagnolo G., Bour J.B., Denoyel G.A., Sagot P., Reynes J.M. Severe Seoul hantavirus infection in a pregnant woman, France, October 2012. *Euro Surveill*. 2013; 18(17):20464.
12. Lundkvist A., Verner-Carlsson J., Plyusnina A., Forslund L., Feinstein R., Plyusnin A. Pet rat harbouring Seoul hantavirus in Sweden, June 2013. *Euro Surveill*. 2013; 18(27):20521.
13. Jameson L.J., Logue C.H., Atkinson B., Baker N., Galbraith S.E., Carroll M.W., Brooks T., Hewson R. The continued emergence of hantaviruses: isolation of a Seoul virus implicated in human disease, United Kingdom, October 2012. *Euro Surveill*. 2013; 18(1):4–7.
14. Jameson L.J., Taori S.K., Atkinson B., Levick P., Featherstone C.A., van der Burgt G., McCarthy N., Hart J., Osborne

- J.C., Walsh A.L., Brooks T.J., Hewson R. Pet rats as a source of hantavirus in England and Wales, 2013. *Euro Surveill.* 2013; 18(9):20415.
15. Plyusnina A., Deter J., Charbonnel N., Cosson J.-F., Plyusnin A., Puumala and Tula hantaviruses in France. *Virus Res.* 2007; 129(1):58–63. DOI: 10.1016/j.virusres.2007.04.023.
16. Schlegel M., Kindler E., Essbauer S.S., Wolf R., Thiel J., Groschup M.H., Heckel G., Oehme R.M., Ulrich R.G. Tula virus infections in the Eurasian water vole in Central Europe. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2012; 12(6):503–13. DOI: 10.1089/vbz.2011.0784.
17. Lundkvist A., Apekina N., Myasnikov Y., Vapalanti O., Vaheri A., Plyusnin A. Dobrava hantavirus outbreak in Russia. *Lancet.* 1997; 350(9080):781–2. DOI: 10.1016/S0140-6736(05)62565-2.
18. Бернштейн А.Д., Апкина Н.С., Копылова Л.Ф., Хворенков А.В., Мясников Ю.А., Михайлова Т.В., Гавриловская И.Н. Особенности проявления лесных очагов геморрагической лихорадки с почечным синдромом, расположенных в оптимальном ареала рыжий полевки. *РЭТ-инфо.* 2000; 3:11–7.
19. Мясников Ю.А., Коротков Ю.С., Апкина Н.С., Бернштейн А.Д., Гавриловская И.Н., Михайлова Т.В., Хляп Л.А. Хантавирусная инфекция у рыжих полевок в природном очаге. Сообщение 2. Зараженность полевок различных возрастных и функциональных групп. *Медицинская паразитология и паразитарные болезни.* 2001; 4:55–8.
20. Ткаченко Е.А., Дзагурова Т.К., Бернштейн А.Д., Коротина Н.А., Окулова Н.М., Мутных Е.С., Иванов А.П., Ишмухаметов А.А., Юничева Ю.В., Пиликова О.М., Морозов В.Г., Транквиловский Д.В., Горodin В.Н., Бахтина В.А., Соцкова С.Е. Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (история, проблемы и перспективы изучения). *Эпидемиология и вакцинопрофилактика.* 2016; 15(3):23–34. DOI: 10.31631/2073-3046-2016-15-3-23-34.
21. Апкина Н.С., Бернштейн А.Д., Михайлова Т.В. Характеристика очагов геморрагической лихорадки с почечным синдромом в разных ландшафтных зонах Тульской области. *Медицинская вирусология.* 2007; 24:99–107.
22. Слонова Р.А., Кушнарева Т.В., Компанец Г.Г. Современные аспекты природной очаговости хантавирусной инфекции в Приморском крае. *Тихоокеанский медицинский журнал.* 2008; 2:5–9.
23. Гавриловская И.Н. Патогенные хантавирусы регулируют функции эндотелиальных клеток. *Медицинская вирусология.* 2009; 26:157–9.
24. Ткаченко Е.А., Морозов В.Г., Дзагурова Т.К., Юничева Ю.В., Пиликова О.М., Завора Д.Л., Ишмухаметов А.А., Горodin В.Н., Бахтина В.А., Загидуллин И.М., Соцкова С.Е. Этиологические и клинико-эпидемиологические особенности геморрагической лихорадки с почечным синдромом в Краснодарском крае. *Эпидемиология и инфекционные болезни.* 2016; 21(1):22–30. DOI: 10.18821/1560-9529-2016-21-1-22-30.
25. Кутырев В.В., Дობло А.Д., Куклев Е.В. Эпидемиологическая ситуация по карантинным и другим опасным инфекционным болезням в Приволжском федеральном округе и совершенствование санитарной охраны территории. *Нижегородский медицинский журнал. Здравоохранение Приволжского федерального округа.* 2001; 1:138–41.
26. Иванова А.В., Попов Н.В., Куклев Е.В., Адамов А.К., Щербакова С.А. Обзор эпидемиологической обстановки по геморрагической лихорадке с почечным синдромом (ГСПС) на территории Российской Федерации за 1990–2015 гг. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии.* 2017; 2:16–21.
27. Мочалкин П.А., Мочалкин А.П., Степанов Е.Г., Фарвазова Л.А., Попов Н.В. Оценка потенциальной эпидемической опасности сопряженных очагов ГЛПС в г. Уфе. *ПЕСТ-Менеджмент.* 2014; 1:11–5.
28. Бернштейн А.Д., Гавриловская И.Н., Апкина Н.С., Дзагурова Т.К., Ткаченко Е.А. Особенности природной очаговости хантавирусных зоонозов. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика.* 2010; 2:5–13.
29. Тарасов М.А., Куклев Е.В., Величко Л.Н., Вайнер Г.Б., Красовская Т.Ю., Удовиков А.И., Федорова З.П. Количественная оценка связи заболеваемости населения геморрагической лихорадкой с почечным синдромом с динамикой эпизоотического потенциала очагов этой инфекции. *Проблемы особо опасных инфекций.* 2004; 1:37–9.
30. Тарасов М.А., Попов Н.В., Величко Л.В., Кузнецов А.А., Яковлев С.А., Матросов А.Н., Слудский А.А., Толоконникова С.И., Князева Т.В., Караваева Т.Б., Григорьева Г.В., Удовиков А.И., Грухина Г.Н., Дмитриев А.П., Меркулов А.В., Григорьев Г.А., Заборин Н.А., Верещагин Н.Н., Казакова Л.В., Спиридонов А.М., Дылдин В.В., Петров Е.Ю., Минин Г.Д., Кочетов Е.Н., Гасилин В.В., Ямалтдинов Р.К. Ландшафтно-геоботанические и эколого-эпизоотологические особенности проявления активности очагов ГЛПС на территории Приволжского федерального округа. *Проблемы особо опасных инфекций.* 2007; 1:43–6.
31. Слонова Р.А., Кушнарева Т.В., Компанец Г.Г., Максема И.Г., Яшина Л.Н., Симонова Т.Л., Симонов С.Б. Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом – особенности эпидемического процесса в очагах циркуляции разных серотипов/генотипов хантавирусов. *Дальневосточный журнал инфекционной патологии.* 2005; 6: 47–8.
32. Абрамов С.А., Яшина Л.Н., Дупал Т.А., Здановская Н.И., Протопопова Е.В., Поздняков А.А., Кривопапов А.В., Петровский Д.В. Новые данные о распространении хантавирусов в популяциях грызунов на территории Сибири. *Сибирский экологический журнал.* 2011; 4:547–53.
33. Peters C.J., Khan A.S. Hantavirus pulmonary syndrome: the new American hemorrhagic fever. *Clin. Infect. Dis.* 2002; 34(9):1224–31. DOI: 10.1086/339864.
34. CDC. Hantavirus. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cdc.gov/hantavirus/outbreaks/history.html> (дата обращения 11.01.2021).
35. Jiang H, Zheng X, Wang L, Du H, Wang P, Bai X. Hantavirus infection: a global zoonotic challenge. *Virol. Sin.* 2017; 32(1):32–43. DOI: 10.1007/s12250-016-3899-x.
36. Figueiredo L.T., Souza W.M., Ferres M, Enria D.A. Hantaviruses and cardiopulmonary syndrome in South America. *Virus Res.* 2014; 187:43–54. DOI: 10.1016/j.virusres.2014.01.015.
37. Schmaljohn C.S., Hasty S.E., Dalrymple J.M., LeDuc J.W., Lee H.W., von Bonsdorff C.H., Brummer-Korvenkontio M., Vaheri A., Tsai T.F., Regnery H.L. Antigenic and genetic properties of viruses linked to hemorrhagic fever with renal syndrome. *Science.* 1985; 227(4690):1041–4. DOI: 10.1126/science.2858126.
38. de Oliveira S.V., Fonseca L.X., de Araújo Vilges K.M., Maniglia F.V., Pereira S.V., de Caldas E.P., Tauli P.L., Gurgel-Gonçalves R. Vulnerability of Brazilian municipalities to hantavirus infections based on multi-criteria decision analysis. *Emerg. Themes. Epidemiol.* 2015; 12:15. DOI: 10.1186/s12982-015-0036-5.
39. LeDuc J.W., Smith G.A., Johnson K.M. Hantaan-like viruses from domestic rats captured in the United States. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 1984; 33(5):992–8. DOI: 10.4269/ajtmh.1984.33.992.
40. Childs J.E., Glass G.E., Korch G.W., Arthur R.R., Shah K.V., Glasser D., Rossi C., Leduc J.W. Evidence of human infection with a rat-associated Hantavirus in Baltimore, Maryland. *Am. J. Epidemiol.* 1988; 127(4):875–8. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aje.a114871.
41. Roig I.L., Musher D.M., Twardy D.J. Severe pulmonary involvement in a case attributed to domestically acquired Seoul hantavirus in the United States. *Clin. Infect. Dis.* 2012; 54(1):91–4. DOI: 10.1093/cid/cir748.
42. Zhang Y.Z. Discovery of hantaviruses in bats and insectivores and the evolution of the genus Hantavirus. *Virus Res.* 2014; 187:15–21. DOI: 10.1016/j.virusres.2013.12.035.
43. Zhang W.Y., Wang L.Y., Liu Y.X., Yin W.W., Hu W.B., Magalhaes R.J., Ding F., Sun H.L., Zhou H., Li S.L., Haque U., Tong S.L., Glass G.E., Bi P., Clements A.C., Liu Q.Y., Li C.Y. Spatiotemporal transmission dynamics of hemorrhagic fever with renal syndrome in China, 2005–2012. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2014; 8(11):e3344. DOI: 10.1371/journal.pntd.0003344.
44. Zhang S., Wang S., Yin W., Liang M., Li J., Zhang Q., Feng Z., Li D. Epidemic characteristics of hemorrhagic fever with renal syndrome in China, 2006–2012. *BMC Infect. Dis.* 2014; 14:384. DOI: 10.1186/1471-2334-14-384.
45. Lee S.-H., Chung B.-H., Lee W.-C., Choi I.-S. Epidemiology of hemorrhagic fever with renal syndrome in Korea, 2001–2010. *J. Korean Med. Sci.* 2013; 28(10):1552–4. DOI: 10.3346/jkms.2013.28.10.1552.
46. Noh J.Y., Cheong H.J., Song J.Y., Kim W.J., Song K.-J., Klein T.A., Lee S.H., Yanagihara R., Song J.-W. Clinical and molecular epidemiological features of hemorrhagic fever with renal syndrome in Korea over a 10-year period. *J. Clin. Virol.* 2013; 58(1):11–7. DOI: 10.1016/j.jcv.2013.06.027.
47. Kariwa H., Yoshimatsu K., Arikawa J. Hantavirus infection in East Asia. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* 2007; 30(5-6): 341–56. DOI: 10.1016/j.cimid.2007.05.011.
48. Hamidon B.B., Saadiah S. Seoul hantavirus infection mimicking dengue fever. *Med. J. Malaysia.* 2003; 58(5):786–7.
49. Gamage C.D., Yasuda S.P., Nishio S., Kularatne S.A., Weerakoon K., Rajapakse J., Nwafor-Okoli C., Lee R.B., Obayashi Y., Yoshimatsu K., Arikawa J., Tamashiro H. Serological evidence of Thailand virus-related hantavirus infection among suspected leptospirosis patients in Kandy, Sri Lanka. *Jpn. J. Infect. Dis.* 2011; 64(1):72–5.
50. Lam S.K., Chua K.B., Myshrrall T., Devi S., Zainal D., Afifi S.A., Nerome K., Chu Y.K., Lee H.W. Serological evidence of hantavirus infections in Malaysia. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health.* 2001; 32(4):809–13.
51. Suharti C., van Gorp E.C., Dolmans W.M., Groen J., Hadisaputro S., Djokomoeljanto R.J., Osterhaus A.D.M.E., van der Meer J.W.M. Hantavirus infection during dengue virus infection outbreak in Indonesia. *Acta Med. Indones.* 2009; 41(2):75–80.
52. Chandry S., Boorugu H., Chrispal A., Thomas K., Abraham P., Sridharan G. Hantavirus infection: a case report from India. *Indian J. Med. Microbiol.* 2009; 27(3):267–70. DOI: 10.4103/0255-0857.53215.
53. Klempa B., Koivogui L., Sylla O., Koulemou K., Auste B., Kruger D.H., ter Meulen J. Serological evidence of human

hantavirus infections in Guinea, West Africa. *J. Infect. Dis.* 2010; 201(7):1031–4. DOI: 10.1086/651169.

54. Попова А.Ю., редактор. Актуальные инфекции в Гвинейской Республике: эпидемиология, диагностика и иммунитет. СПб.: ФБУН НИИЭМ имени Пастера; 2017. 288 с.

55. Witkowski P.T., Klempa B., Ithete N.L., Auste B., Mfune J.K.E., Hoveka J., Matthee S., Preiser W., Kruger D.H. Hantaviruses in Africa. *Virus Res.* 2014; 187:34–42. DOI: 10.1016/j.virusres.2013.12.039.

56. Witkowski P.T., Leendertz S.A., Auste B., Akoua-Koffi C., Schubert G., Klempa B., Muyembe-Tamfum J.J., Karhemere S., Leendertz F.H., Krüger D.H. Human seroprevalence indicating hantavirus infections in tropical rainforests of Côte d'Ivoire and Democratic Republic of Congo. *Front. Microbiol.* 2015; 6:518. DOI: 10.3389/fmicb.2015.00518.

References

1. Tkachenko E.A., Ishmukhametov A.A. [History of the study of the etiology of hemorrhagic fever with renal syndrome]. *Meditsinskiy Sovet [Medical Advice]*. 2017; 4:86–92.

2. Heyman P., Ceianu C.S., Christova I., Tordo N., Beersma M., João Alves M., Lundkvist A., Hukic M., Papa A., Tenorio A., Zelená H., Essbauer S., Visontai I., Golovljova I., Connell J., Nicoletti L., Van Esbroeck M., Gjeruldsen Dudman S., Aberle S.W., Avšič-Zupanc T., Korukluoglu G., Nowakowska A., Klempa B., Ulrich R.G., Bino S., Engler O., Opp M., Vaheri A. A five-year perspective on the situation of haemorrhagic fever with renal syndrome and status of the hantavirus reservoirs in Europe, 2005–2010. *Euro Surveill.* 2011; 16(36):19961. DOI: 10.2807/ese.16.36.19961-en.

3. Kallio-Kokko H., Laakkonen J., Rizzoli A., Tagliapietra V., Cattadori I., Perkins S.E., Hudson P.J., Cristofolini A., Versini W., Vapalahti O., Vaheri A., Henttonen H. Hantavirus and arenavirus antibody prevalence in rodents and humans in Trentino, Northern Italy. *Epidemiol. Infect.* 2006; 134(4):830–6. DOI: 10.1017/S0950268805005431.

4. Sandmann S., Meisel H., Razanskiene A., Wolbert A., Pohl B., Krüger D.H., Sasnauskas K., Ulrich R. Detection of human hantavirus infections in Lithuania. *Infection.* 2005; 33(2):66–72. DOI: 10.1007/s15010-005-4058-8.

5. Lledó L., Klingström J., Gegúndez M.I., Plyusnina A., Vapalahti O., Saz J.V., Beltrán M., Sjölander K.B., Vaheri A., Plyusnin A., Lundkvist A. Hantavirus infections in Spain: analysis of sera from the general population and from patients with pneumonia, renal disease and hepatitis. *J. Clin. Virol.* 2003; 27(3):296–307. DOI: 10.1016/s1386-6532(02)00228-7.

6. Figueiredo L.T., Souza W.M., Ferrés M., Enria D.A. Hantaviruses and cardiopulmonary syndrome in South America. *Virus Res.* 2014; 187:43–54. DOI: 10.1016/j.virusres.2014.01.015.

7. Avšič-Zupanc T., Xiao S.Y., Stojanovic R., Gligic A., van der Groen G., LeDuc J.W. Characterization of Dobra virus: a Hantavirus from Slovenia, Yugoslavia. *J. Med. Virol.* 1992; 38(2):132–7. DOI: 10.1002/jmv.1890380211.

8. Papa A. Dobra-Belgrade virus: phylogeny, epidemiology, disease. *Antiviral Res.* 2012; 95(2):104–17. DOI: 10.1016/j.antiviral.2012.05.011.

9. Krüger D.H., Ulrich R., Lundkvist A.A. Hantavirus infections and their prevention. *Microbes Infect.* 2001; 3(13):1129–44. DOI: 10.1016/s1286-4579(01)01474-5.

10. Avšič Zupanc T., Korva M., Markotić A. HFRS and hantaviruses in the Balkans/South-East Europe. *Virus Res.* 2014; 187: 27–33. DOI: 10.1016/j.virusres.2013.12.042.

11. Macé G., Feyeux C., Mollard N., Chantegret C., Audia S., Rebibou J.M., Spagnolo G., Bour J.B., Denoyel G.A., Sagot P., Reynes J.M. Severe Seoul hantavirus infection in a pregnant woman, France, October 2012. *Euro Surveill.* 2013; 18(17):20464.

12. Lundkvist A., Verner-Carlsson J., Plyusnina A., Forslund L., Feinstein R., Plyusnin A. Pet rat harbouring Seoul hantavirus in Sweden, June 2013. *Euro Surveill.* 2013; 18(27):20521.

13. Jameson L.J., Logue C.H., Atkinson B., Baker N., Galbraith S.E., Carroll M.W., Brooks T., Hewson R. The continued emergence of hantaviruses: isolation of a Seoul virus implicated in human disease, United Kingdom, October 2012. *Euro Surveill.* 2013; 18(1):4–7.

14. Jameson L.J., Taori S.K., Atkinson B., Levick P., Featherstone C.A., van der Burgt G., McCarthy N., Hart J., Osborne J.C., Walsh A.L., Brooks T.J., Hewson R. Pet rats as a source of hantavirus in England and Wales, 2013. *Euro Surveill.* 2013; 18(9):20415.

15. Plyusnina A., Deter J., Charbonnel N., Cosson J.-F., Plyusnin A. Puumala and Tula hantaviruses in France. *Virus Res.* 2007; 129(1):58–63. DOI: 10.1016/j.virusres.2007.04.023.

16. Schlegel M., Kindler E., Essbauer S.S., Wolf R., Thiel J., Groschup M.H., Heckel G., Oehme R.M., Ulrich R.G. Tula virus infections in the Eurasian water vole in Central Europe. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2012; 12(6):503–13. DOI: 10.1089/vbz.2011.0784.

17. Lundkvist A., Apekina N., Myasnikov Y., Vapalanti O., Vaheri A., Plyusnin A. Dobra hantavirus outbreak in Russia. *Lancet.*

1997; 350(9080):781–2. DOI: 10.1016/S0140-6736(05)62565-2.

18. Bernshtein A.D., Apekina N.S., Kopylova L.F., Khvorenkov A.V., Myasnikov Yu.A., Mikhailova T.V., Gavrilovskaya I.N. [Features of the manifestation of forest foci of hemorrhagic fever with renal syndrome located in the optimum areal of the bank vole]. *RET-info.* 2000; 3:11–7.

19. Myasnikov Yu.A., Korotkov Yu.S., Apekina N.S., Bernshtein A.D., Gavrilovskaya I.N., Mikhailova T.V., Khlyap L.A. [Hantavirus infection in bank voles in a natural focus. Communication 2. Infection of voles of different age and functional groups]. *Meditsinskaya Parazitologiya i Parazitarnye Bolezni [Medical Parasitology and Parasitic Diseases]*. 2001; 4:55–8.

20. Tkachenko E.A., Dzagurova J.K., Bernshtein A.D., Korotina N.A., Okulova N.M., Mutnykh E.S., Ivanov A.P., Ishmukhametov A.A., Yunicheva Yu.V., Pilikova O.M., Morozov V.G., Trankvilevsky D.V., Gorodin V.N., Bakhtina V.A., Sotskova S.E. [Hemorrhagic fever with renal syndrome (history, problems and research perspectives)]. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika [Epidemiology and Vaccinal Prevention]*. 2016; 15(3):23–34. DOI: 10.31631/2073-3046-2016-15-3-23-34.

21. Apekina N.S., Bernshtein A.D., Mikhailova T.V. [Characteristics of foci of hemorrhagic fever with renal syndrome in different landscape zones of the Tula region]. *Meditsinskaya Virusologiya [Medical Virology]*. 2007; 24:99–107.

22. Slonova R.A., Kushnareva T.V., Kompanets G.G. [Modern aspects of the natural focality of hantavirus infection in the Primorsk Territory]. *Tikhookeansky Meditsinsky Zhurnal [Pacific Medical Journal]*. 2008; 2:5–9.

23. Gavrilovskaya I.N. [Pathogenic hantaviruses regulate the functions of endothelial cells]. *Meditsinskaya Virusologiya [Medical Virology]*. 2009; 26:157–9.

24. Tkachenko E.A., Morozov V.G., Dzagurova T.K., Yunicheva Yu.V., Pilikova O.M., Zavora D.L., Ishmukhametov A.A., Gorodin V.N., Bakhtina V.A., Zagidullin I.M., Sotskova S.E. [Etiological and clinical-epidemiological features of hemorrhagic fever with renal syndrome in the Krasnodar Territory]. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni [Epidemiology and Infectious Diseases]*. 2016; 21(1):22–30. DOI: 10.18821/1560-9529-2016-21-1-22-30.

25. Kutyrev V.V., Doblo A.D., Kouklev E.V. [Epidemiological situation on quarantine and other dangerous infectious diseases in the Volga Federal District and improvement of sanitary protection of the territory]. *Nizhegorodskiy Meditsinskiy Zhurnal. Zdravookhraneniye Privolzhskogo Federal'nogo Okruga [Nizhny Novgorod Medical Journal. Healthcare of the Volga Federal District]*. 2001; 1:138–41.

26. Ivanova A.V., Popov N.V., Kouklev E.V., Adamov A.K., Shcherbakova S.A. [Review of the epidemiological situation on hemorrhagic fever with renal syndrome (HFRS) in the Russian Federation for 1990–2015]. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology]*. 2017; 2:16–21.

27. Mochalkin P.A., Mochalkin A.P., Stepanov E.G., Farvazova L.A., Popov N.V. [Assessment of the potential epidemic hazard of the associated HFRS foci in Ufa]. *PEST-Management.* 2014; 1:11–5.

28. Bernshtein A.D., Gavrilovskaya I.N., Apekina N.S., Dzagurova T.K., Tkachenko E.A. [Features of the natural focality of hantavirus zoonoses]. *Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika [Epidemiology and Vaccinal prevention]*. 2010; 2:5–13.

29. Tarasov M.A., Kouklev E.V., Velichko L.N., Vayner G.B., Krasovskaya T.Yu., Udovikov A.I., Fedorova Z.P. [A quantitative assessment of the relationship between the incidence of hemorrhagic fever with renal syndrome in the population with the dynamics of the epizootic potential of the foci of this infection]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2004; 1:37–9.

30. Tarasov M.A., Popov N.V., Velichko L.V., Kuznetsov A.A., Yakovlev S.A., Matrosov A.N., Sludsky A.A., Tolokonnikova S.I., Knyazeva T.V., Karavaeva T.B., Grigor'eva G.V., Udovikov A.I., Grukhnina G.N., Dmitriev A.P., Merkulov A.V., Grigor'ev G.A., Zabrodin N.A., Vereshchagin N.N., Kazakova L.V., Spiridonov A.M., Dyldin V.V., Petrov E.Yu., Minin G.D., Kochetov E.N., Gasilin V.V., Yamaltdinov R.K. [Landscape-geobotanical and ecological-epizootiological features of activity manifestation of the HFRS foci in the territory of the Volga Federal District]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2007; 1:43–6.

31. Slonova R.A., Kushnareva T.V., Kompanets G.G., Maksema I.G., Yashina L.N., Simonova T.L., Simonov S.B. [Hemorrhagic fever with renal syndrome – features of the epidemic process in the foci of circulation of different serotypes/genotypes of hantaviruses]. *Dal'nevostochny Zhurnal Infektsionnoi Patologii [Far Eastern Journal of Infectious Pathology]*. 2005; 6:47–8.

32. Abramov S.A., Yashina L.N., Dupal T.A., Zdanovskaya N.I., Protopenova E.V., Pozdnyakov A.A., Krivopalov A.V., Petrovsky D.V. [New data on the distribution of hantaviruses in rodent populations in Siberia]. *Sibirskiy Ekologichesky Zhurnal [Siberian Ecological Journal]*. 2011; 4:547–53.

33. Peters C.J., Khan A.S. Hantavirus pulmonary syndrome:

- the new American hemorrhagic fever. *Clin. Infect. Dis.* 2002; 34(9):1224–31. DOI: 10.1086/339864.
34. CDC. Hantavirus. (Cited: January 11, 2021). [Internet]. Available from: <https://www.cdc.gov/hantavirus/outbreaks/history.html>.
35. Jiang H, Zheng X, Wang L, Du H, Wang P, Bai X. Hantavirus infection: a global zoonotic challenge. *Virol. Sin.* 2017; 32(1):32–43. DOI: 10.1007/s12250-016-3899-x.
36. Figueiredo L.T., Souza W.M., Ferres M, Enria D.A. Hantaviruses and cardiopulmonary syndrome in South America. *Virus Res.* 2014; 187:43–54. DOI: 10.1016/j.virusres.2014.01.015.
37. Schmaljohn C.S., Hasty S.E., Dalrymple J.M., LeDuc J.W., Lee H.W., von Bonsdorff C.H., Brummer-Korvenkontio M., Vaheri A., Tsai T.F., Regnery H.L. Antigenic and genetic properties of viruses linked to hemorrhagic fever with renal syndrome. *Science.* 1985; 227(4690):1041–4. DOI: 10.1126/science.2858126.
38. de Oliveira S.V., Fonseca L.X., de Araújo Vilges K.M., Maniglia F.V., Pereira S.V., de Caldas E.P., Tauil P.L., Gurgel-Gonçalves R. Vulnerability of Brazilian municipalities to hantavirus infections based on multi-criteria decision analysis. *Emerg. Themes. Epidemiol.* 2015; 12:15. DOI: 10.1186/s12982-015-0036-5.
39. LeDuc J.W., Smith G.A., Johnson K.M. Hantaan-like viruses from domestic rats captured in the United States. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 1984; 33(5):992–8. DOI: 10.4269/ajtmh.1984.33.992.
40. Childs J.E., Glass G.E., Korch G.W., Arthur R.R., Shah K.V., Glasser D., Rossi C., Leduc J.W. Evidence of human infection with a rat-associated Hantavirus in Baltimore, Maryland. *Am. J. Epidemiol.* 1988; 127(4):875–8. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aje.a114871.
41. Roig I.L., Musher D.M., Twardy D.J. Severe pulmonary involvement in a case attributed to domestically acquired Seoul hantavirus in the United States. *Clin. Infect. Dis.* 2012; 54(1):91–4. DOI: 10.1093/cid/cir748.
42. Zhang Y.Z. Discovery of hantaviruses in bats and insectivores and the evolution of the genus Hantavirus. *Virus Res.* 2014; 187:15–21. DOI: 10.1016/j.virusres.2013.12.035.
43. Zhang W.Y., Wang L.Y., Liu Y.X., Yin W.W., Hu W.B., Magalhaes R.J., Ding F., Sun H.L., Zhou H., Li S.L., Haque U., Tong S.L., Glass G.E., Bi P., Clements A.C., Liu Q.Y., Li C.Y. Spatiotemporal transmission dynamics of hemorrhagic fever with renal syndrome in China, 2005–2012. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2014; 8(11):e3344. DOI: 10.1371/journal.pntd.0003344.
44. Zhang S., Wang S., Yin W., Liang M., Li J., Zhang Q., Feng Z., Li D. Epidemic characteristics of hemorrhagic fever with renal syndrome in China, 2006–2012. *BMC Infect. Dis.* 2014; 14:384. DOI: 10.1186/1471-2334-14-384.
45. Lee S.-H., Chung B.-H., Lee W.-C., Choi I.-S. Epidemiology of hemorrhagic fever with renal syndrome in Korea, 2001–2010. *J. Korean Med. Sci.* 2013; 28(10):1552–4. DOI: 10.3346/jkms.2013.28.10.1552.
46. Noh J.Y., Cheong H.J., Song J.Y., Kim W.J., Song K.-J., Klein T.A., Lee S.H., Yanagihara R., Song J.-W. Clinical and molecular epidemiological features of hemorrhagic fever with renal syndrome in Korea over a 10-year period. *J. Clin. Virol.* 2013; 58(1):11–7. DOI: 10.1016/j.jcv.2013.06.027.
47. Kariwa H., Yoshimatsu K., Arikawa J. Hantavirus infection in East Asia. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* 2007; 30(5-6): 341–56. DOI: 10.1016/j.cimid.2007.05.011.
48. Hamidon B.B., Saadiah S. Seoul hantavirus infection mimicking dengue fever. *Med. J. Malaysia.* 2003; 58(5):786–7.
49. Gamage C.D., Yasuda S.P., Nishio S., Kularatne S.A., Weerakoon K., Rajapakse J., Nwafor-Okoli C., Lee R.B., Obayashi Y., Yoshimatsu K., Arikawa J., Tamashiro H. Serological evidence of Thailand virus-related hantavirus infection among suspected leptospirosis patients in Kandy, Sri Lanka. *Jpn. J. Infect. Dis.* 2011; 64(1):72–5.
50. Lam S.K., Chua K.B., Myshrall T., Devi S., Zainal D., Affi S.A., Nerome K., Chu Y.K., Lee H.W. Serological evidence of hantavirus infections in Malaysia. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public. Health.* 2001; 32(4):809–13.
51. Suharti C., van Gorp E.C., Dolmans W.M., Groen J., Hadisaputro S., Djokomoeljanto R.J., Osterhaus A.D.M.E., van der Meer J.W.M. Hantavirus infection during dengue virus infection outbreak in Indonesia. *Acta Med. Indones.* 2009; 41(2):75–80.
52. Chandu S., Boorugu H., Chrispal A., Thomas K., Abraham P., Sridharan G. Hantavirus infection: a case report from India. *Indian J. Med. Microbiol.* 2009; 27(3):267–70. DOI: 10.4103/0255-0857.53215.
53. Klempa B., Koivogui L., Sylla O., Koulemou K., Auste B., Kruger D.H., ter Meulen J. Serological evidence of human hantavirus infections in Guinea, West Africa. *J. Infect. Dis.* 2010; 201(7):1031–4. DOI: 10.1086/651169.
54. Popova A. Yu., editor. [Topical Infections in the Republic of Guinea: Epidemiology, Diagnosis and Immunity]. Saint Petersburg: Pasteur Research Institute of Epidemiology and Microbiology; 2017. 288 p.
55. Witkowski P.T., Klempa B., Ithete N.L., Auste B., Mfuno J.K.E., Hoveka J., Matthee S., Preiser W., Kruger D.H. Hantaviruses in Africa. *Virus Res.* 2014; 187:34–42. DOI: 10.1016/j.virusres.2013.12.039.
56. Witkowski P.T., Leendertz S.A., Auste B., Akoua-Koffi C., Schubert G., Klempa B., Muyembe-Tamfum J.J., Karhemere S., Leendertz F.H., Krüger D.H. Human seroprevalence indicating hantavirus infections in tropical rainforests of Côte d'Ivoire and Democratic Republic of Congo. *Front. Microbiol.* 2015; 6:518. DOI: 10.3389/fmicb.2015.00518.

Authors:

Ivanova A.V., Popov N.V., Karnaukhov I.G., Chumachkova E.A. Russian Research Anti-Plague Institute "Microbe". 46, Universitetskaya St., Saratov, 410005, Russian Federation. E-mail: rusrapi@microbe.ru.

Об авторах:

Иванова А.В., Попов Н.В., Карнаухова И.Г., Чумачкова Е.А. Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб». Российская Федерация, 410005, Саратов, ул. Университетская, 46. E-mail: rusrapi@microbe.ru.