

УДК 616.98:578.8(470.44)

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВСПЫШКИ ГЕМОРРАГИЧЕСКОЙ ЛИХОРАДКИ С ПОЧЕЧНЫМ СИНДРОМОМ НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**В. Н. Чекашов<sup>1</sup>, К. С. Захаров<sup>1</sup>, Ш. В. Магеррамов<sup>1</sup>, А. Г. Селенина<sup>1</sup>,  
К. С. Марцоха<sup>1</sup>, М. М. Шилов<sup>1</sup>, А. А. Слудский<sup>1</sup>, Н. М. Ермаков<sup>1</sup>,  
М. Г. Корнеев<sup>1</sup>, С. И. Толоконникова<sup>1</sup>, М. А. Тарасов<sup>2</sup>, В. К. Сонин<sup>2</sup>,  
Р. А. Романов<sup>2</sup>, А. Н. Матросов<sup>1</sup>, Н. В. Попов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб»  
Россия, 410005, Саратов, Университетская, 46  
E-mail: rusrapi@microbe.ru*

<sup>2</sup> *Центр гигиены и эпидемиологии в Саратовской области  
Россия, 410031, Саратов, Большая Горная, 69  
E-mail: fbuz@gigiena-saratov.ru*

Поступила в редакцию 14.06.2020 г., после доработки 26.07.2020 г., принята 12.08.2020 г.

*Чекашов В. Н., Захаров К. С., Магеррамов Ш. В., Селенина А. Г., Марцоха К. С., Шилов М. М., Слудский А. А., Ермаков Н. М., Корнеев М. Г., Толоконникова С. И., Тарасов М. А., Сонин В. К., Романов Р. А., Матросов А. Н., Попов Н. В. Экологические аспекты вспышки геморрагической лихорадки с почечным синдромом на территории Саратовской области // Поволжский экологический журнал. 2020. № 3. С. 353 – 366. DOI: <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2020-3-353-366>*

Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС) относится к наиболее распространенным природно-очаговым зоонозам в лесной и лесостепной зонах России, занимающая ведущее место по уровню заболеваемости населения. Саратовская область энзоотична по ГЛПС, но не входит в число субъектов Российской Федерации, характеризующихся стабильно высокими показателями заболеваемости населения. В отдельные годы при благоприятных экологических условиях наблюдается взрывной рост численности рыжей полёвки – основного носителя хантавируса, что приводит к эпидемическим осложнениям. В зимний период 2018 – 2019 гг. произошло интенсивное подснежное размножение рыжей полёвки, что привело к увеличению численности вида в весенний период. Возросла плотность зверьков, они стали широко расселяться по территории. В природных очагах ГЛПС развивались интенсивные и экстенсивные эпизоотии в поселениях грызунов. Это особенно проявилось на территории лесопарковой зоны «Кумысная поляна», располагающейся в окрестностях областного центра. Численность грызунов в байрачных и пойменных широколиственных лесах повсеместно выросла и составила весной 37,6, осенью – 53,7% попадания на 100 орудий лова, что в 1,6 – 2 раза выше среднего многолетнего уровня. Индекс доминирования рыжей полёвки также увеличился вдвое и составил 69,5%. В целом по области инфицированность грызунов возросла в 2-3 раза. Этот показатель на территории лесопарка в г. Саратов составил весной 20,6%, осенью – 35,3%. На этом фоне в 2019 г. зарегистрирована рекордная вспышка заболевания ГЛПС – 109,7 случаев на 100 тысяч населения, что в десять раз выше многолетнего показателя (7,2). Результаты исследований необходимо учиты-

вать при организации и проведении эпизоотологического мониторинга и профилактических мероприятий в природных очагах ГЛПС и других зоонозов.

*Ключевые слова:* рыжая полёвка, вспышка численности, геморрагическая лихорадка с почечным синдромом.

DOI: <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2020-3-353-366>

## ВВЕДЕНИЕ

Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС) в мире и на территории Российской Федерации широко распространена и по заболеваемости занимает первое место среди зоонозов (Heyman et al., 2009; Jonsson et al., 2010; Tersago et al., 2011; Ma et al., 2014; Ткаченко и др., 2016). Природные очаги хантавирусов располагаются в зоне лесов и лесостепи на всей территории страны и характеризуются устойчивыми эпизоотическими проявлениями в популяциях резервуарных животных-носителей (Бернштейн, 2004; Htwe et al., 2010; Yu et al., 2015). Наиболее высокая заболеваемость населения регистрируется в европейской части России, где в основном циркулируют серотипы *Puumala* и *Dobrava* в поселениях рыжей полёвки (*Myodes glareolus* Schreber, 1780) и полевой мыши (*Apodemus agrarius* Pallas, 1771) соответственно, вызывающие эпидемические осложнения (Европейская рыжая полёвка, 1981; Бернштейн и др., 2010). Заболевания у этих носителей протекают бессимптомно: зверьки болеют в легкой форме, выделяя возбудителя во внешнюю среду с мочой, калом, слюной и воздушно-капельным путем (Ткаченко и др., 2016). Вертикальной передачи вируса не отмечено – потомству он не передаётся (Истомина и др., 1971).

На территории России до 98% всех случаев заболеваний у людей обусловлено хантавирусом *Puumala*. До 86% больных регистрируется в субъектах Приволжского Федерального округа (Бородин и др., 2019). В годы подъема численности резервуарных животных их популяции испытывают стресс, приводящий к физиологическим сдвигами – нарушению нейро-эндокринного равновесия, снижению репродуктивного потенциала, изменению поведенческих реакций и повышению чувствительности к болезням (Одум, 1975; Wilson et al., 2015; Stephens et al., 2017).

Саратовская область в силу своих природных условий не входит в число регионов, характеризующихся стабильно высокими показателями заболеваемости населения ГЛПС. Большая часть ее территории (74%) располагается в степной и полупустынной зонах, где рыжая полёвка – основной носитель хантавируса *Puumala* – не встречается. Ареал этого вида приурочен к лесостепной зоне и интразональным ландшафтам с лесными массивами, занимающими 26% территории. Оптимальными условиями для рыжей полёвки являются широколиственные леса. Общая площадь лесов в области составляет всего 6750 км<sup>2</sup> (6.7%) (Медведев, Гусев, 2004; Макаров, 2007). В отдельные годы с обилием семенного корма и укрытий наблюдаются вспышки численности этого полиэстрального вида, что может провоцировать высокую интенсивность размножения и формирование плотных группировок зверьков. Это, при наличии хантавируса в организме грызунов, при-

водит к развитию интенсивных эпизоотий (Тарасов и др., 1987). Население инфицируется хантавирусом и заболевает при реализации аэрозольного механизма, реже – алиментарного пути при загрязнении продуктов выделениями больных полёвок и мышей, а также контактного пути. При круглогодичном характере эпидемиологических осложнений в очагах ГЛПС в зависимости от циркулирующих серотипов достаточно выражены различия в сезонной заболеваемости. Для хантавируса *Puumala* чаще регистрируют летне-осенние случаи заболеваний людей, для *Dobrava* – осенне-зимние (Ткаченко и др., 2016).

Заболеваемость ГЛПС тесно связана с экологическими условиями очаговых территорий: видовым составом, численностью и размещением носителей хантавируса, структурой популяций зверьков, многолетней и сезонной их динамикой, подвижностью особей в группировках, состоянием кормовой базы, интенсивностью размножения и смертности особей, инфицированностью грызунов и частотой контактов населения с возбудителем. Высокий потенциал роста численности популяций грызунов может приводить к развитию интенсивных и экстенсивных эпизоотий мышинной лихорадки, широкому «рассеиванию» вируса по территории (Бернштейн и др., 2010). У резервуарных грызунов отмечается пожизненное бессимптомное течение инфекционного процесса, не влияющее на их жизнедеятельность. Грызуны с короткой продолжительностью жизни и высокой репродуктивной способностью чувствительны к кратковременным флуктуациям среды обитания: численность их популяций может увеличиваться или уменьшаться в десятки раз (Риклефс, 1979; Korpela et al., 2013; Grimm et al., 2013). Потепление климата приводит к активизации природных очагов ГЛПС (Xiao et al., 2016).

Природные факторы эпидемического процесса при ГЛПС достаточно выражены: население инфицируется только в активных природных очагах, где развиваются интенсивные эпизоотии хантавируса с его широким распространением. Чаще всего люди заражаются этой лихорадкой на дачных участках, турбазах, в летних оздоровительных лагерях, санаториях, пансионатах, на отдыхе или при работах в лесу, в местах проживания в частном секторе вблизи зеленых зон населенных пунктов, на охоте, рыбалке и т.д. (Коротков и др., 1996).

Цель работы – оценка экологических условий и особенностей развития эпизоотий ГЛПС в популяциях рыжей полёвки, спровоцировавших вспышку заболеваний населения в Саратовской области в 2019 г.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

При подготовке материалов настоящего сообщения использовались многолетние данные архивов и оперативные материалы, собранные РосНИПЧИ «Микроб», ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Саратовской области», литературные источники. При сборе и обработке данных охвачен период с 1970 по 2019 гг. (50 лет).

Основными экологическими характеристиками популяций носителей зоонозов, которые можно оценить в количественных показателях, являются численность (процент попадания в ловушки, индекс доминирования), интенсивность размножения и инфицированность особей хантавирусом. Эпидемиологические данные

привлекались преимущественно для анализа пространственных аспектов природной очаговости ГЛПС.

При проведении эпизоотологического мониторинга, обработке и анализе материалов использовались экологические, эпизоотологические, эпидемиологические и медико-географические методы исследований (Карасева и др., 2008). Для характеристики погодных явлений использовали архивные данные интернетресурсов EUROMETEO, SINOPTIC, Gismeteo. Статистическую обработку материала выполняли с использованием пакетов программ Excel, Statistica 6.0. Статистическая обработка сводилась к вычислению средних значений параметров и их стандартной ошибки, проверки достоверности различий по критерию Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Фауна мелких млекопитающих Саратовской области представлена видами, обитающими в лесостепной, степной и полупустынной зонах европейской части России. Фоновыми, широко распространенными видами, имеющими эпизоотологическое значение в очагах ГЛПС, выступают рыжая (*M. glareolus*) и обыкновенная (*Microtus arvalis* Pallas, 1778) полёвки, полевая (*Apodemus agrarius*), малая лесная (*Apodemus uralensis* Pallas, 1811), желтогорлая (*Apodemus flavicollis* Melchior, 1834) и домовая (*Mus musculus* Linnaeus, 1758) мыши. Обычными, но малочисленными из грызунов являются серый хомячок (*Cricetulus migratorius* Pallas, 1773), мыш-малютка (*Micromys minutus* Pallas, 1771), из насекомоядных – малая (*Sorex minutus* Linnaeus, 1766) и обыкновенная (*Sorex araneus* Linnaeus, 1758) бурозубки, малая (*Crocidura suaveolens* Pallas, 1811) белозубка (Шляхтин и др., 2009).

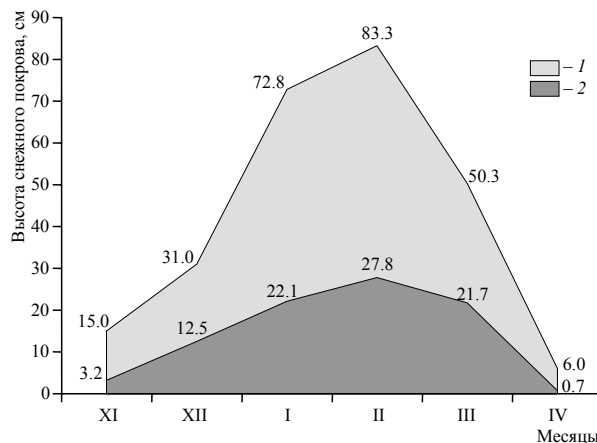
По многолетним данным, в природных очагах ГЛПС в регионе всюду преобладает рыжая полёвка – основной носитель хантавируса *Puumala*. Очаги мышинной лихорадки формируются в её устойчивых поселениях в смешанных байрачных и пойменных лесах с зарослями кустарников и трав: хмеля, крапивы, сныти и др. Рыжая полёвка – полициклический вид, в зависимости от условий способный размножаться до 3 – 5 раз в году. Молодые самки становятся половозрелыми в возрасте от 26 до 40 дней. В соответствии с коэффициентом Бюффона для этого вида средняя продолжительность жизни составляет около 1 года. Популяция рыжей полёвки ежегодно обновляется на 90%. Численность ее подвержена большим колебаниям по годам. В отдельные годы этот хионофильный вид при высоком снежном покрове и обилии семенного корма активно размножается и в зимний период (Европейская рыжая полёвка, 1981). Как правило, после подъемов и спадов численности популяция рыжей полёвки быстро стабилизируется до уровней, адекватных емкости биотопов. В многолетнем аспекте плотности и заселенности зверьками территории более или менее выражена цикличность с периодом в 2 – 5 лет (Жигальский, Кшняев, 2000).

Рыжая полёвка всюду обитает в смешанных поселениях с другими видами мелких млекопитающих. Этот вид в теплый период года достаточно оседлый, активно защищает свои индивидуальные участки. В холодный период может совершать миграции, в том числе заселяя селитебные биотопы: незастроенные территории населенных пунктов, жилые и хозяйственные постройки, скирды, дачные уча-

стки. Сообщества мелких млекопитающих смешанных лесов состоят из группы конкурирующих видов, взаимоотношения которых зависят от экологических особенностей: погодных условий, качества и количества кормов, репродуктивного потенциала, физиологического состояния популяций, воздействия хищников и паразитов, наличия убежищ и укрытий и др. В эпизоотии ГЛПС в Саратовской области, кроме основных носителей – рыжей полёвки и полевой мыши, активно включаются желтогорлая, малая лесная и домовая мыши, обыкновенная полёвка, а также насекомоядные – малая и обыкновенная бурозубки, малая белозубка (Коротков и др., 1996; Кресо́ва, 2014). По закону конкурентного исключения численность видов со сходными требованиями к условиям обитания (Закон Гаузе), зависящих от одного лимитирующего фактора, варьирует в противофазе. Как правило, в годы и сезоны с высокой численностью рыжей полёвки и желтогорлой мыши снижается доля малой лесной и домовой мышей, обыкновенной полёвки (сопряженные осцилляции). Это существенно сказывается на активности природных очагов ГЛПС, что и произошло в 2019 г.

Жизненный цикл у грызунов с небольшой продолжительностью жизни определяется, прежде всего, погодными особенностями конкретных лет, лимитирующими из которых являются температурный фактор и величина снежного покрова. Наиболее значимым для зверьков является морозный период года. Согласно правилу замещения экологических условий при обилии снега полёвки и в морозный период способны активно размножаться при обилии корма, защиты от холода и пресса хищников. У рыжей полёвки в зимы без снега с оттепелями и возвращением морозов гибнет значительная часть популяции, а в снежные зимы без оттепелей отмечается их размножение. В современный период на территории Саратовской области длительность залегания снежного покрова сократилась на 6 дней. В среднем максимальная высота залегания снежного покрова приходится на февраль и составляет 27.8 см (Иванова, Левицкая, 2014). С ноября 2018 г. по апрель 2019 г. на территории области выпало 318 см осадков в виде снега (рисунок), что при обилии семенного корма стимулировало интенсивное размножение рыжей полёвки.

Вспышка заболеваний мышинной лихорадкой в Саратовской области в 2019 г. была связана именно с взрывом численности популяции, обусловленным интенсивным массовым под-



Высота снежного покрова в Саратовской области: 1 – зимо́й 2018 – 2019 гг.; 2 – средняя многолетняя норма

**Figure.** Snow cover height in the Saratov region: 1 – winter 2018–2019; 2 – the average long-term rate

снежным размножением рыжей полёвки в зимний и ранневесенний периоды. Плотность вида резко возросла, полёвки начали выселяться за пределы оптимальных биотопов, увеличилась доля молодых особей, выросла интенсивность внутри- и межвидовых контактов. В условиях перенаселения, повышенной миграционной активности грызунов, инфицированных хантавирусом, произошло его распространение: эпизоотии ГЛПС охватили большие площади лесов.

При благоприятных условиях в короткие сроки в стациях переживания может происходить рост численности популяции рыжей полёвки по экспоненциальному закону. В дальнейшем, с учетом емкости биотопов, плотность популяций достигает определенного предела, после которого зверьки начинают выселяться за пределы резерватов, занимая менее благоприятные участки территории и формируя эфемерные поселения. В последующем численность стабилизируется по логистическому закону согласно теории Кристена – Дейвиса (Дажо, 1975; Флинт, 1977; Риклефс, 1979). На этих этапах растет заселенность территорий, что и приводит к пространственному распространению хантавируса, увеличивая риски заболевания населения.

Одной из основных задач эпизоотологического мониторинга на очаговых территориях является прогнозирование развития ситуации. По осенним данным 2018 г., обострения эпидемиологической обстановки по ГЛПС в Саратовской области и в г. Саратов к весне 2019 г. не ожидалось. В предшествующий вспышке год общая численность грызунов в природных биотопах осенью составляла в среднем по территории области 18.1% попадания, что почти вдвое ниже многолетнего значения (31.9%) при инфицированности 7.8%. Зимняя смертность грызунов, как правило, всегда высока: в первом полугодии, по оценкам специалистов, в Саратовской области обстановка по ГЛПС не должна была превысить многолетний уровень. Аномальные снегопады (рисунок) внесли коррективы: интенсивное подснежное размножение рыжей полёвки привело к массовому инфицированию зверьков и их широкому расселению.

Во все периоды, особенно в годы вспышек заболеваемости – в 1986, 1991, 2014 и 2019 гг. – значительная доля случаев, от 45 до 75%, регистрировалась в зеленой зоне г. Саратова – в урочище «Кумысная поляна». Этот уникальный уголок с XIX в. известен как излюбленное место отдыха горожан. Он представляет собой всхолмленный массив широколиственного леса, изрезанный ущельями и оврагами, на западной окраине областного центра площадью около 45 км<sup>2</sup>, располагающийся на Лысогогорском плато высотой до 282 м над уровнем моря. Из древесных пород здесь доминируют дуб, клены, липа, осина и береза, в нижнем ярусе – кустарники с зарослями травянистой растительности. В 1991 г. здесь было организовано лесопарковое хозяйство, с 2007 г. парк был включен в список особо охраняемых природных территорий области, а в 2009 г. получил статус лесопарковой зоны. Лесопарк находится в ведении Государственного учреждения Саратовской области «Природный парк “Кумысная поляна”» при Министерстве природных ресурсов и экологии Саратовской области. В его границах располагаются 14 детских оздоровительных лагерей, 3 санатория, 4 лыжные и 2 горнолыжные базы, более 20 баз отдыха, а по периферии – многочисленные дачные поселки. На основании поста-

новления Правительства Саратовской области № 101-пр от 18 марта 2009 г. утверждено Положение о природном парке «Кумысная поляна» (с изменениями от 16 апреля 2019 г.), по которому на его территории действуют запреты и ограничения на экономическую и хозяйственную деятельность. В п. 1.4 этого документа отмечается, что парк подлежит освоению, в том числе и в целях санитарно-гигиенических и оздоровительных функций.

В результате массового подснежного размножения рыжей полёвки в холодный период года в ее популяции произошли изменение половозрастной структуры: в ранневесенний период большая часть поголовья оказалась представлена молодыми особями – сеголетками. Уже в марте – апреле они дружно вступили в размножение. Показатель интенсивности размножения (ПИР) рыжей полёвки весной оказался вдвое выше среднего многолетнего значения и составил 381.0 эмбрионов на 100 половозрелых самок. В июне – июле он также оставался высоким – 163.7 эмбриона, но к августу – сентябрю снизился до 14.4. На этом фоне численность грызунов, в первую очередь рыжей полёвки, заметно выросла, повсеместно превысив показатели среднего многолетнего уровня (СМУ) в 1.5 – 2 раза. При этом на Кумысной поляне процент попадания, индекс доминирования рыжей полёвки и общая инфицированность зверьков отличались также заметно более высокими показателями от таковых по области в целом (таблица), что и привело к эпидемическим осложнениям в первую очередь в областном центре.

Численность и инфицированность мелких млекопитающих-носителей хантавируса на территории Саратовской области

**Table.** Numbers and infection rate of small mammals–Hantavirus carriers on the territory of the Saratov region

Годы	Сезоны	Попадание в орудия лова, %		Индекс доминирования рыжей полёвки, %		Инфицированность зверьков, %	
		общий по области	Кумысная поляна	общий по области	Кумысная поляна	общий по области	Кумысная поляна
2018	весна	9.6±3.4	10.0±3.3	17.8±4.9	40.0±4.3	1.0±0.3	-
	осень	18.1±2.3	18.0±3.6	20.3±3.4	56.7±4.9	7.8±1.7	28.6±4.7
2019	весна	32.1±3.1	37.6±4.4	30.2±4.7	63.5±5.4	13.6±2.2	20.6±5.2
	осень	43.9±2.5	53.7±5.7	38.2±3.9	75.5±4.1	8.8±2.1	35.3±4.9
Средний много- летний уровень	весна	14.4±2.1	23.5±3.7	27.4±2.2	65.6±5.7	7.9±2.7	19.7±3.3
	осень	28.3±1.2	32.0±2.3	34.3±1.7	47.3±4.1	3.3±1.3	10.7±2.3

Следует отметить, что при уровне значимости  $p < 0.05$  не отмечалось достоверных различий численности грызунов по области и на Кумысной поляне. Что касается индексов доминирования и инфицированности зверьков хантавирусом, достоверность различий при выбранном уровне значимости отмечалась всегда.

От осени 2019 г. до весны 2020 г. наблюдалось значительное снижение численности мелких млекопитающих в большинстве обследованных в Саратовской области биотопах, за исключением байрачных и пойменных лесов, в которых показатели численности этих животных, прежде всего рыжей полёвки, снижались медленно в связи с оптимальными условиями зимовки в стациях переживания. В целом по области показатель численности мелких млекопитающих в первом полу-

годии 2020 г. (19.6%) оказался в 1.6 раза меньше прошлогоднего в аналогичный период (32.1%) и снизился до среднего многолетнего показателя (19.7%). Численность мелких млекопитающих в первом полугодии 2020 г. в целом по совокупности обследованных биотопов на территории Саратовской области характеризуется как средняя, эпизоотологическое состояние очагов ГЛПС регрессивное, эпидемиологическая обстановка спокойная.

Случаи заболеваний людей ГЛПС в Саратовской области начали выявлять с 1964 г., с 1970 г. их регистрировали без перерывов ежегодно. Все зарегистрированные вспышки заболевания среди населения отмечались на фоне роста численности рыжий полёвки. В экологии существует понятие предельно допустимой опасности (ПДУ), выражающейся в уровне риска какого-либо вредоносного для человека явления. Для оценки эпидемиологической опасности такой ПДУ в очагах ГЛПС может быть использован уровень среднемноголетнего показателя заболеваемости населения в регионе. За весь период наблюдений в области зарегистрировано 10959 случаев заболеваний населения при среднем количестве больных за один год  $217 (8.8 \pm 2.9$  на 100 тысяч населения).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обострение эпидемиологической обстановки по ГЛПС в Саратовской области, не входящей в число регионов со стабильно высокими показателями заболеваемости, свидетельствует о необходимости эпизоотологического мониторинга в первую очередь на территориях риска, характеризующихся высокой концентрацией населения, тесно контактирующего с мелкими млекопитающими-носителями хантавируса. В этой связи особое внимание следует уделять надзору за состоянием очагов ГЛПС в зеленых зонах городов, в первую очередь в лесопарковой зоне областного центра «Кумысная поляна». С учетом требований управления природопользованием и природообустройством особо охраняемых территорий с таким статусом необходимо обеспечить оздоровление рекреационных зон, исключаящее массовое инфицирование людей зоонозами. В процессе его реализации выполняется система мероприятий, направленных на сохранение природных биоценозов, их биологического разнообразия с одновременным устранением дискомфортных для человека факторов и угроз его здоровью.

Полученные экологические данные легли в основу планирования, обоснования и проведения экстренной профилактики заболеваний населения на территории Саратовской области.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Бернштейн А. Д.* Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом : экологические предпосылки активизации европейских лесных очагов // Изменение климата и здоровье населения России в 21 веке. М. : Изд. т-во «АдамантЪ», 2004. С. 105 – 113.

*Бернштейн А. Д., Гавриловская П. Н., Апкина Н. С., Дзагурова Т. К., Ткаченко Е. А.* Особенности природной очаговости хантавирусных зоонозов // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2010. № 2. С. 5 – 13.



*Бородин Ж. И., Царенко О. Е., Монахов К. М., Багаутдинова Л. И.* Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом – проблема современности // Архив внутренней медицины. 2019. № 6. С. 419 – 427.

*Дажо Р.* Основы экологии. М. : Прогресс, 1975. 416 с.

Европейская рыжая полевка / отв. ред. Н. В. Башенина. М. : Наука, 1981. 351 с.

*Жигальский О. А., Киняев А. Ю.* Популяционные циклы европейской рыжей полевки в оптимуме ареала // Экология. 2000. № 5. С. 383 – 390.

*Истомина Л. Б., Мясников Ю. А., Московская И. А.* Морфологический состав крови рыжих полевок, рожденных в здоровых вивариях, при экспериментальной инфекции ГЛПС и отловленных в природных очагах этого заболевания // Тр. Ин-та полиомиелита и вирусных энцефалитов АМН СССР. 1971. Т. 19. С. 267 – 276.

*Иванова Г. Ф., Левицкая Н. Г.* Изменение характеристик снежного покрова и промерзания почвы в Саратовской области // Изв. Алтайского отд-ния Рус. геогр. о-ва. 2014. Вып. 35. С. 50 – 54.

*Карасева Е. В., Телицина А. Ю., Жигальский О. А.* Методы изучения грызунов в полевых условиях. М. : Изд-во ЛКИ, 2008. 416 с.

*Коротков В. Б., Наумов А. В., Самойлова Л. В.* Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом в Саратовской области (эпидемиологические аспекты) / Рос. науч.-исслед. противочум. ин-т «Микроб». Саратов, 1996. 128 с.

*Кресова У. А.* Современные эпидемиологические и эпизоотологические особенности актуальных для Саратовской области природно-очаговых болезней : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Саратов, 2014. 22 с.

*Макаров В. З.* Природные особенности географического положения и своеобразие природы // Особо охраняемые природные территории Саратовской области : национальный парк, природные заказники, памятники природы, дендрарий, ботанический сад, особо охраняемые геологические объекты. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2007. С. 8 – 18.

*Медведев И. Ф., Гусев В. А.* Экология и биопродуктивность ландшафтов Саратовской области // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2004. Т. 4, вып. 1 – 2. С. 139 – 145.

*Одум Ю.* Основы экологии. М. : Мир, 1975. 740 с.

*Риклефс Р.* Основы общей экологии. М. : Мир, 1979. 424 с.

*Тарасов М. А., Гасанова Т. А., Варшавский С. Н., Шилов М. Н., Алексеев Е. В., Удовиков А. И., Хотько Н. И., Быстрицкая Г. М., Коротков В. Б., Агафонова Т. К., Федорова З. П., Матусевич Л. Я., Ядерский А. А.* Сезонная динамика численности и инфицированности вирусом ГЛПС грызунов в правобережных лесах Саратовского Поволжья // Природная очаговость и профилактика зоонозов. Саратов : Ин-т «Микроб», 1987. С. 97 – 103.

*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., Транквилевский Д. В., Городин В. Н., Бахтина В. А., Соцкова С. Е.* Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (история, проблемы и перспективы изучения) // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2016. № 3. С. 23 – 34.

*Флинт В. Е.* Пространственная структура популяций мелких млекопитающих. М. : Наука, 1977. 184 с.

*Шляхтин Г. В., Ильин В. Ю., Опарин М. Л., Беляченко А. В., Быстракова Н. В., Ермаков О. А., Завьялов Е. В., Захаров К. С., Кайбелова Э. И., Кошкин В. А., Курмаева Н. М., Лукьянов С. Б., Мосолова Е. Ю., Опарина О. С., Семихатова С. Н., Смирнов Д. Г., Сонин К. А., Табачкин В. Г., Титов С. В., Филиппов А. О., Хучраев С. О., Якушев Н. Н.* Млекопитающие севера Нижнего Поволжья : в 3 кн. Кн. I. Состав териофауны. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2009. 248 с.

Grimm N. B., Chapin F. S., Bierwagen B., Gonzalez P., Groffman P. M., Luo Y., Melton F., Nadelhoffer K., Pairis A., Raymond P. A., Schimel J., Williamson C. E. The Impacts of Climate Change Onecosystem Structure and Function // *Frontiers of Ecology and Environment*. 2013. Vol. 11, № 9. P. 474 – 482. DOI: 10.1890/120282

Heyman P., Vaheri A., Lundkvist A., Avsic-Zupanc T. Hantavirus Infections in Europe : From Virus Carriers to a Major Public-health Problem // *Expert Review of Anti-infective Therapy*. 2009. Vol. 7, № 2. P. 205 – 217.

Htwe N. M., Singleton G. R., Thwe A. M., Lwin Y. Y. Rodent Population Outbreaks Associated with Bamboo Flowering in Chin State, Myanmar // *Rodent Outbreaks : Ecology and Impacts*. Los Baños, Philippines : International Rice Research Institute, 2010. P. 79 – 98.

Jonsson C. B., Figueiredo L. T. M., Vapalahti O. A. Global Perspective on Hantavirus Ecology, Epidemiology and Disease // *Clinical Microbiology Reviews*. 2010. Vol. 23, iss. 2. P. 412 – 441.

Korpela K., Delgado M., Henttonen H., Kikorpimäki E., Koskela E., Ovaskainen O., Pietiäinen H., Sundell J., Gyocoz N., Huitu O. Nonlinear Effects of Climate on Boreal Rodent Dynamics: Mild Winters do not Negate High-amplitude Cycles // *Global Change Biology*. 2013. Vol. 19, iss. 3. P. 697 – 710. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.12099>

Ma Ch., Wang Z., Li S., Xing Y., Wu R., Wei J., Nawaz M., Tian H., Xu B., Wang J., Yu P. Analysis of an Outbreak of Hemorrhagic Fever with Renal Syndrome in College Students in Xi'an, China // *Viruses*. 2014. Vol. 6, iss. 2. P. 507 – 515. DOI: <https://doi.org/10.3390/v6020507>

Stephens R. B., Hocking D. J., Yamasaki M., Rowe R. J. Synchrony in Small Mammal Community Dynamics Across a Forested Landscape // *Ecography*. 2017. Vol. 40, iss. 10. P. 1198 – 1209. DOI: <https://doi.org/10.1111/ecog.02233>

Tersago K., Verhagen R., Vapalahti O., Hayman P., Ducoffre G., Leirs H. Hantavirus Outbreak in Western Europe : Reservoir Host Infection Dynamics Related to Human Disease Patterns // *Epidemiology and Infection*. 2011. Vol. 139, iss. 3. P. 381 – 390.

Wilson H. B., Rhodes J. R., Possingham H. P. Two Additional Principles for Determining Which Species to Monitor // *Ecology*. 2015. Vol. 96, iss. 11. P. 3016 – 3022.

Xiao H., Huang R., Gao L. D., Huang C. R., Lin X. L., Li N., Liu H. N., Tong S. L., Tian H. Y. Effects of Humidity Variation on the Hantavirus Infection and Hemorrhagic Fever with Renal Syndrome Occurrence in Subtropical China // *American J. of Tropical Medicine and Hygiene*. 2016. Vol. 94, iss. 2. P. 420 – 427. DOI: <https://doi.org/10.4269/ajtmh.15-0486>

Yu P. B., Tian H. Y., Ma C. F., Ma C. A., Wei J., Lu X. L., Wang Z., Zhou S., Li S., Dong J. H., Xu J. R., Xu B., Wang J. J. Hantavirus Infection in Rodents and Haemorrhagic Fever with Renal Syndrome in Shaanxi Province, China, 1984–2012 // *Epidemiology and Infection*. 2015. Vol. 143, iss. 2. P. 405 – 411. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0950268814001009>

**Ecological Aspects of an Outbreak of Hemorrhagic Fever with Renal Syndrome in the Territory of the Saratov Region**

Vladimir N. Chekashov<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-9593-4353>; [rusrapi@microbe.ru](mailto:rusrapi@microbe.ru)  
Kirill S. Zakharov<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-4726-309X>; [zaharov\\_ks@mail.ru](mailto:zaharov_ks@mail.ru)  
Shamil V. Magerramov<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-2578-1558>; [magerramov.1994@list.ru](mailto:magerramov.1994@list.ru)  
Alina G. Selenina<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-1596-864X>; [rusrapi@microbe.ru](mailto:rusrapi@microbe.ru)  
Kirill S. Martsokha<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-2913-3766>; [box4hawx@mail.ru](mailto:box4hawx@mail.ru)  
Michael M. Shilov<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-0083-8212>; [rusrapi@microbe.ru](mailto:rusrapi@microbe.ru)  
Alexander A. Sludsky<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-4705-6151>; [rusrapi@microbe.ru](mailto:rusrapi@microbe.ru)  
Nikolai M. Ermakov<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-9105-7448>; [rusrapi@microbe.ru](mailto:rusrapi@microbe.ru)  
Michael G. Korneev<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-1867-2684>; [rusrapi@microbe.ru](mailto:rusrapi@microbe.ru)  
Svetlana I. Tolokonnikova<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-2070-8212>; [rusrapi@microbe.ru](mailto:rusrapi@microbe.ru)  
Mikhail A. Tarasov<sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-4615-8279>; [fbuz@gigiena-saratov.ru](mailto:fbuz@gigiena-saratov.ru)  
Vadim K. Sonin<sup>2</sup>, [fbuz@gigiena-saratov.ru](mailto:fbuz@gigiena-saratov.ru)  
Roman A. Romanov<sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-4705-6151>; [fbuz@gigiena-saratov.ru](mailto:fbuz@gigiena-saratov.ru)  
Alexander N. Matrosov<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-4893-7188>; [anmatrosov@mail.ru](mailto:anmatrosov@mail.ru)  
Nikolai V. Popov<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-4099-9261>; [popovnv47@mail.ru](mailto:popovnv47@mail.ru)

<sup>1</sup> Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe”

46 Universitetskaya St., Saratov 410005, Russia

<sup>2</sup> Center of Hygiene and Epidemiology in the Saratov Region

69 Bolshaya Gornaya St., Saratov 410031, Russia

Received 14 June 2020, revised 26 July 2020, accepted 12 August 2020

Chekashov V. N., Zakharov K. S., Magerramov Sh. V., Selenina A. G., Martsokha K. S., Shilov M. M., Sludsky A. A., Ermakov N. M., Korneev M. G., Tolokonnikova S. I., Tarasov M. A., Sonin V. K., Romanov R. A., Matrosov A. N., Popov N. V. Ecological Aspects of an Outbreak of Hemorrhagic Fever with Renal Syndrome in the Territory of the Saratov Region. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2020, no. 3, pp. 353–366 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2020-3-353-366>

Hemorrhagic fever with renal syndrome (HFRS) is classified as a most widely spread natural-focal zoonotic infection in the forest and forest-steppe regions of Russia, taking a leading position by the incidence rate among the population. The Saratov region is enzootic as regards to HFRS, but it is not included in the list of constituent entities characterized by sustainably high morbidity rates. In some years, given favorable ecological conditions, explosive growth in the numbers of the red vole (the main carrier of Hantavirus) is registered, which leads to epidemic complications. In the winter 2018–2019 season, an intensive subniveal breeding of the red vole occurred, which led to an increase in the numbers of the species in the spring. The density of such animals increased, they began to spread widely across the territory. Intensive and extensive epizooties in rodent settlements developed in the natural foci of HFRS. This was especially evident in the territory of the forest park zone “Kumysnaya Polyana”, located in the vicinity of the regional center. The numbers of rodents in ravine and floodplain deciduous forests increased everywhere and amounted to 37.6% in spring and 53.7% in autumn per 100 capture gears, which was 1.6–2 times higher than the average long-term level.

The index of dominance of the red vole has also doubled and amounted to 69.5%. In general, the infection rate of rodents increased by 2-3 times in the region. This indicator in the territory of the Saratov forest park was 20.6% in spring and 35.3% in autumn. Against this background, a record outbreak of HFRS was registered in 2019, namely, 109.7 cases per 100 thousand of the population, which was ten times higher than the long-term indicator (7.2). The results of this research should be taken into account when organizing and conducting epizootiological monitoring and preventive measures in the natural foci of HFRS and other zoonotic infections.

**Keywords:** red vole, resurgence in numbers, hemorrhagic fever with renal syndrome.

DOI: <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2020-3-353-366>

## REFERENCES

- Bernshtein A. D. Hemorrhagic Fever With Renal Syndrome: Ecological Preconditions for Activation of European Forest Foci. In: *Izmenenie klimata i zdorov'e naseleniia Rossii v 21 veke* [Climate Change and Public Health in Russia in XXI century]. Moscow, Izdatel'skoe tovarishchestvo "Adamant", 2004, pp. 105–113 (in Russian).
- Bernshtein A. D., Gavrilovskaya P. N., Apekina N. S., Dzagurova T. K., Tkachenko E. A. Peculiarities of Natural Focality of Hantavirus Zoonotic Infections. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*, 2010, no. 2, pp. 5–13 (in Russian).
- Borodina Zh. I., Tsarenko O. E., Monakhov K. M., Bagautdinova L. I. Hemorrhagic Fever with Renal Syndrome – Challenge of the Day. *Archive of Internal Medicine*, 2019, no. 6, pp. 419–427 (in Russian).
- Dajor R. *Precis d'ecologie*. Moscow, Progress Publ., 1975. 416 p. (in Russian).
- Bashenina N. V., ed. *Bank Vole*. Moscow, Nauka Publ., 1981. 351 p. (in Russian).
- Zhigalski O. A., Kshnyasev I. A. Population Cycles of the Bank Vole in the Range Optimum. *Russian J. of Ecology*, 2000, vol. 31, no. 5, pp. 345–352.
- Istomina L. B., Myasnikov Yu. A., Moskovskaya I. A. Morphological Composition of Blood of Red Voles Born in Intact Vivaria under Experimental HFRS Infection and Those Caught in Natural Foci of the Disease. *Trudy Instituta poliomiellita i virusnykh entsefalitov AMN SSSR*, 1971, vol. 19, pp. 267–276 (in Russian).
- Ivanova G. F., Levitskaya N. G. Changes in Characteristic Features of Snow Cover and Soil Freezing in the Saratov Region. *Bulletin of Altai Department of the Russian Geographical Society*, 2014, iss. 35, pp. 50–54 (in Russian).
- Karaseva E. V., Telitsina A. Yu., Zhigalsky O. A. *The Methods of Studying Rodents in the Wild Nature*. Moscow, Izdatel'stvo LKI, 2008. 416 p. (in Russian).
- Korotkov V. B., Naumov A. V., Samoilova L. V. *Gemorragicheskaya likhoradka s pochechnym sindromom v Saratovskoi oblasti (epidemiologicheskie aspekty)* [Hemorrhagic Fever with Renal Syndrome in the Saratov Region (Epidemiological Aspects)]. Saratov, Rossiiskii nauchno-issledovatel'skii protivochumnyi institut "Mikrob" Publ., 1996. 128 p. (in Russian).
- Kresova U. A. *Sovremennye epidemiologicheskie i epizootologicheskie osobennosti aktual'nykh dlia Saratovskoi oblasti prirodno-ochagovykh boleznei* [Modern epidemiological and epizootiological features of the relevant for the Saratov Region natural-focal diseases]: Thesis Diss. Cand. Sci. (Med.). Saratov, 2014. 22 p. (in Russian).
- Makarov V. Z. Natural Features of Geographical Position and Uniqueness of Nature. In: *Osobo okhraniamye prirodnye territorii Saratovskoi oblasti: natsional'nyi park, prirodnye mikrozapovedniki, pamiatniki prirody, dendrarii, botanicheskii sad, osobo okhraniamye geologicheskie ob'ekty* [Specially Protected Natural Areas of the Saratov Region: National Park, Natural Micro-

zapovedniks, Natural Monuments, Arboretum, Botanical Garden, Specially Protected Geological Objects]. Saratov, Izdatel'stvo Saratovskogo universiteta, 2007. pp. 8–18 (in Russian).

Medvedev I. F., Gusev V. A. Ecology and Bio Productivity of the Landscapes in the Saratov Region. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2004, vol. 4, iss. 1–2, pp. 139–145 (in Russian).

Odum E. *Fundamentals of Ecology*. Moscow, Mir Publ., 1975. 740 p. (in Russian).

Ricklefs R. *The Economy of Nature*. Moscow, Mir Publ., 1979. 424 p. (in Russian).

Tarasov M. A., Gasanova T. A., Varshavsky S. N., Shilov M. N., Alekseev E. V., Udovikov A. I., Khot'ko N. I., Bystritskaya G. M., Korotkov V. B., Agafonova T. K., Fedorova Z. P., Matusevich L. Ya., Yadersky A. A. Seasonal Dynamics of Abundance and HFRS Infection Rate Among Rodents in the Right-bank Forests of the Saratov Trans-Volga Region. In: *Prirodnaia ochagovost' i profilaktika zoonozov* [Natural Focality and Prevention of Zoonotic Infections]. Saratov, Institut "Mikrob" Publ., 1987, pp. 97–103 (in Russian).

Tkachenko E. A., Dzagurova J. K., Bernshtein A. D., Korotina N. A., Okulova N. M., Mutnikh E. S., Ivanov A. P., Ishmukhametov A. A., Yunicheva Yu. V., Pilikova O. M., Morozov V. G., Trankvilevskiy D. V., Gorodin V. N., Bakhtina V. A., Sotskova S. E. Hemorrhagic Fever with Renal Syndrome (History, Problems and Research Perspectives). *Epidemiology and Vaccinal Prevention*, 2016, no. 3, pp. 23–34 (in Russian).

Flint V. E. *Prostranstvennaia struktura populiatsii melkikh mlekoпитаиushchikh* [Spatial Structure of Populations of Small Mammals]. Moscow, Nauka Publ., 1977. 184 p. (in Russian).

Shlyakhtin G. V., Il'in V. Yu., Oparin M. L., Belyachenko A. V., Bystrakova N. V., Ermakov O. A., Zav'yalov E. V., Zakharov K. S., Kajbelova E. I., Koshkin V. A., Kurmaeva N. M., Luk'yanov S. B., Mosolova E. Yu., Oparina O. S., Semikhatova S. N., Smirnov D. G., Sonin K. A., Tabachishin V. G., Filip'chev A. O., Khuchraev S. O., Yakushev N. N. *Mammals of the Northern Lower-Volga Region: In 3 vols. Vol. I. Theriofauna composition*. Saratov, Saratov University Press, 2009. 248 p. (in Russian).

Grimm N. B., Chapin F. S., Bierwagen B., Gonzalez P., Groffman P. M., Luo Y., Melfon F., Nadelhoffer K., Pairis A., Raymond P. A., Schimel J., Williamson C. E. The Impacts of Climate Change Onecosystem Structure and Function. *Frontiers of Ecology and Environment*, 2013, vol. 11, no. 9, pp. 474–482. DOI: 10.1890/120282

Heyman P., Vaheri A., Lundkvist A., Avsic-Zupanc T. Hantavirus Infections in Europe: From Virus Carriers to a Major Public-health Problem. *Expert Review of Anti-infective Therapy*, 2009, vol. 7, no. 2, pp. 205–217.

Htwe N. M., Singleton G. R., Thwe A. M., Lwin Y. Y. Rodent Population Outbreaks Associated With Bamboo Flowering in Chin State, Myanmar. In: *Rodent Outbreaks: Ecology and Impacts*. Los Baños, Philippines, International Rice Research Institute, 2010, pp. 79–98.

Jonsson C. B., Figueiredo L. T. M., Vapalahti O. A. Global Perspective on Hantavirus Ecology, Epidemiology and Disease. *Clinical Microbiology Reviews*, 2010, vol. 23, iss. 2, pp. 412–441.

Korpela K., Delgado M., Henttonen H., Kikorpimäki E., Koskela E., Ovaskainen O., Pietiäinen H., Sundell J., Gyocoz N., Huitu O. Nonlinear Effects of Climate on Boreal Rodent Dynamics: Mild Winters do not Negate High-amplitude Cycles. *Global Change Biology*, 2013, vol. 19, iss. 3, pp. 697–710. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.12099>

Ma Ch., Wang Z., Li S., Xing Y., Wu R., Wei J., Nawaz M., Tian H., Xu B., Wang J., Yu P. Analysis of an Outbreak of Hemorrhagic Fever with Renal Syndrome in College Students in Xi'an, China. *Viruses*, 2014, vol. 6, iss. 2, pp. 507–515. DOI: <https://doi.org/10.3390/v6020507>

Stephens R. B., Hocking D. J., Yamasaki M., Rowe R. J. Synchrony in Small Mammal Community Dynamics Across a Forested Landscape. *Ecography*, 2017, vol. 40, iss. 10, pp. 1198–1209. DOI: <https://doi.org/10.1111/ecog.02233>

Tersago K., Verhagen R., Vapalahti O., Hayman P., Ducoffre G., Leirs H. Hantavirus Outbreak in Western Europe: Reservoir Host Infection Dynamics Related to Human Disease Patterns. *Epidemiology and Infection*, 2011, vol. 139, iss. 3, pp. 381–390.

Wilson H. B., Rhodes J. R., Possingham H. P. Two Additional Principles for Determining Which Species to Monitor. *Ecology*, 2015, vol. 96, iss. 11, pp. 3016–3022.

Xiao H., Huang R., Gao L. D., Huang C. R., Lin X. L., Li N., Liu H. N., Tong S. L., Tian H. Y. Effects of Humidity Variation on the Hantavirus Infection and Hemorrhagic Fever with Renal Syndrome Occurrence in Subtropical China. *American J. of Tropical Medicine and Hygiene*, 2016, vol. 94, iss. 2, pp. 420–427. DOI: <https://doi.org/10.4269/ajtmh.15-0486>

Yu P. B., Tian H. Y., Ma C. F., Ma C. A., Wei J., Lu X. L., Wang Z., Zhou S., Li S., Dong J. H., Xu J. R., Xu B., Wang J. J. Hantavirus Infection in Rodents and Haemorrhagic Fever with Renal Syndrome in Shaanxi Province, China, 1984–2012. *Epidemiology and Infection*, 2015, vol. 143, iss. 2, pp. 405–411. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0950268814001009>