

Научная статья

УДК 619:616.9:578.42:636.4

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-4-389-402>

Выявление в кровососущих двукрылых насекомых Тюменской области генетического материала возбудителей вирусных болезней животных

Ксения Сергеевна Крутько¹, Анна Григорьевна Кинарейкина²,
Маргарита Игоревна Серкова³, Елена Анатольевна Силиванова⁴,
Ольга Александровна Фёдорова⁵

¹⁻⁵ Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной энтомологии и арахнологии – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук (ВНИИВЭА – фил. ТюмНЦ СО РАН), Тюмень, Россия

¹ kks201364@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3607-3706>

² kinareickina@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3194-873X>

³ rita.serkowa@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0373-7046>

⁴ 11eas@vniivea.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0872-8509>

⁵ fodorova-olia@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0589-2373>

Аннотация

Цель исследований – тестирование кровососущих двукрылых насекомых, собранных на территории Тюменской области, на наличие генетического материала вирусов – возбудителей опасных заболеваний сельскохозяйственных животных.

Материалы и методы. В период с мая по октябрь 2021 г. на пастбищах и фермах десяти районов Тюменской области были проведены сборы кровососущих насекомых отряда Diptera, видовая принадлежность которых была установлена по определительным таблицам. В 60 пробах, сформированных из отловленных насекомых в соответствии с таксономической принадлежностью, периодом и местом сбора, оценивали наличие генетического материала про-вируса лейкоза и вируса нодулярного дерматита крупного рогатого скота (КРС), вируса африканской чумы свиней методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) в режиме реального времени.

Результаты и обсуждение. Собранные для ПЦР-исследования взрослые особи насекомых были представлены кровососущими мухами (сем. Muscidae, род Stomoxys), комарами (сем. Culicidae, род Aedes), мошками (сем. Simuliidae, роды Byssodon и Schoenbaueria), слепнями (сем. Tabanidae, роды Nybomitra, Tabanus и Haematorota), мокрецами (сем. Ceratorogonidae, род Culicoides). В результате ПЦР-тестирования проб на наличие ДНК провируса лейкоза КРС положительными оказались 1 из 13 проб Stomoxys spp. (7,7%) и 1 из 13 проб Nybomitra spp. (7,7%). Выявление ДНК провируса лейкоза КРС в кровососущих насекомых указывает на присутствие данного возбудителя на территории сбора насекомых, а также на возможное их участие в его распространении. Необходимы дальнейшие исследования векторной компетентности Stomoxys spp. и Nybomitra spp. в естественных условиях с учетом природно-климатических особенностей Тюменской области.

Ключевые слова: трансмиссивные болезни, лейкоз, крупный рогатый скот, заразный узелковый дерматит, африканская чума свиней, гематофаги, Diptera

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Тюменской области в рамках научного проекта № 20-416-720002. Авторы выражают благодарность сотрудникам Института наук о Земле (И. Р. Идрисову, В. А. Калилец) и сотрудникам института X-BIO Тюменского государственного университета.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

Для цитирования: Крутько К. С., Кинарейкина А. Г., Серкова М. И., Силиванова Е. А., Фёдорова О. А. Выявление в кровососущих двукрылых насекомых Тюменской области генетического материала возбудителей вирусных болезней животных // Российский паразитологический журнал. 2022. Т. 16. № 4. С. 389–402.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-4-389-402>

© Крутько К. С., Кинарейкина А. Г., Серкова М. И., Силиванова Е. А., Фёдорова О. А., 2022

Original article

Detection of genetic material of causative agents of animal viral diseases in blood-sucking dipterans from the Tyumen Region

Ksenya S. Krutko¹, Anna G. Kinareikina², Margarita I. Serkova³,
Elena A. Silivanova⁴, Olga A. Fedorova⁵

¹⁻⁵All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology – Branch of Federal State Institution Federal Research Centre Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ASRIVEA – Branch of Tyumen Scientific Centre SB RAS), Tyumen, Russia

¹kks201364@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3607-3706>

²kinareickina@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3194-873X>

³rita.serkowa@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0373-7046>

⁴11eas@vniivea.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0872-8509>

⁵fedorova-olia@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0589-2373>

Abstract

The purpose of the research is to test blood-sucking dipterans collected in the Tyumen Region for genetic material of viruses that cause dangerous diseases in live-stock animals.

Materials and methods. From May to October 2021, blood-sucking insects of the Diptera order whose species membership was established by tabular keys were collected on pastures and farms in ten Tyumen Region districts. In 60 samples formed from the captured insects according to the taxonomic affiliation and the period and place of collection, the presence of genetic material of the leukemia provirus and the dermatitis nodularis virus of cattle (bovine) and the African swine fever virus was evaluated by polymerase chain reaction (PCR) in real time.

Results and discussion. Adult insects collected for the PCR analysis were blood-sucking flies (family Muscidae, genus *Stomoxys*), mosquitoes (family Culicidae, genus *Aedes*), midges (family Simuliidae, genera *Byssodon* and *Schoenbaueria*), horseflies (family Tabanidae, genera *Hybomitra*, *Tabanus* and *Haematopota*), and biting midges (family Ceratopogonidae, genus *Culicoides*). As a result of the PCR testing of the samples for the bovine leukemia provirus DNA, 1 out of 13 samples of *Stomoxys* spp. (7.7%) and 1 of 13 samples of *Hybomitra* spp. (7.7%) were positive. The bovine leukemia provirus DNA detected in blood-sucking insects indicates the presence of this pathogen in the insect collection area as well as their possible involvement in its spread. Further research is needed on the *Stomoxys* spp. and *Hybomitra* spp. vector competence in vivo, considering natural and climatic features of the Tyumen Region.

Keywords: vector-borne diseases, leukemia, cattle, infectious dermatitis nodularis, African swine fever, hematophagous, Diptera

Acknowledgements. The study was conducted with financial support from the Russian Foundation for Basic Research and the Tyumen Region within Scientific Project No. 20-416-720002. The authors are grateful to the Institute for Earth Science staff (I. R. Idrisov and V. A. Kalilets) and the staff of the X-BIO Institute of the Tyumen State University.

Financial Disclosure: none of the authors has financial interest in the submitted materials or methods.

There is no conflict of interests

For citation: Krutko K. S., Kinareikina A. G., Serkova M. I., Silivanova E. A., Fedorova O. A. Detection of genetic material of causative agents of animal viral diseases in blood-sucking dipterans from the Tyumen Region. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2022; 16(4): 389–402. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-4-389-402>

© Krutko K. S., Kinareikina A. G., Serkova M. I., Silivanova E. A., Fedorova O. A., 2022

Введение

Кровососущие членистоногие являются переносчиками и значимыми природными резервуарами для размножения возбудителей вирусных, бактериальных и протозойных болезней человека и животных [2, 4, 8]. Например, таких возбудителей как вирусы семейств *Reoviridae*, *Bunyaviridae*, *Poxviridae*, *Retroviridae* и *Asfarviridae*, паразитирование которых на разных видах сельскохозяйственных животных неизбежно ведет к серьезным экономическим потерям из-за повышенной смертности в инфицированных стадах, производственных потерь и торговых ограничений [2, 5, 27, 29, 41].

Для своевременного предупреждения вспышек заболеваний и минимизирования экономических последствий необходимо осуществлять регулярный контроль за эпизоотической ситуацией в регионах. Один из возможных инструментов эпизоотического мониторинга заключается в исследовании потенциальных векторов трансмиссивных болезней на наличие в них генетического материала возбудителей [40].

Энзоотический лейкоз крупного рогатого скота (КРС) – хроническое злокачественное лимфопролиферативное заболевание вирусной этиологии, широко распространенное по всему миру [5, 7]. Возбудитель – вирус лейкемии КРС (ВЛК, bovin leukemia virus, BLV) – представляет собой ретровирус из рода *Deltaretrovirus* семейства *Retroviridae*; он является близким родственником вируса Т-клеточного лейкоза человека 1 и 2 типов (HTLV-1 и 2) [31]. BLV входит в пятерку наиболее важных вирусных агентов в животноводстве и поражает в основном КРС [12], но также некоторые другие виды животных, в том числе буйволов, овец, коз и альпак [30, 36]. Большая часть инфицированного КРС (70%) остается без каких-либо клинических

признаков, в то время как у некоторых из них развиваются лейкоз и/или лимфома (10–15%) после инфекции в течение нескольких лет [12]. По оценкам японских исследователей, экономические потери, связанные только со снижением веса выбракованных инфицированных молочных коров, в 2017 г. составили 1,392 млн. долларов США [29].

Учитывая всемирное распространение лейкоза КРС и высокий уровень потребления говядины и молока людьми, учеными исследуется вероятность того, что вирус может преодолеть видовой барьер, достигнув, таким образом, человека [14]. BLV передается в основном горизонтальным путем – через прямые контакты между зараженными животными, инфицированную кровь и инструменты, при проведении ветеринарных процедур [20]. Также показана взаимосвязь увеличенного числа зараженных лейкозом особей КРС в период выпаса и большой численности кровососущих насекомых на территории хозяйства [19, 33].

Заразный узелковый (нодулярный) дерматит (ЗУД, lumpy skin disease, LSD) – инфекционная болезнь КРС, эндемичная для стран Африки и Ближнего Востока, однако сообщается о ее распространении на территории Балканского региона, Кавказа, Азербайджана, Казахстана и в отдельных частях Российской Федерации [21, 38]. Возбудитель заболевания (lumpy skin disease virus, LSDV) относится к вирусам из рода *Capripoxvirus* семейства *Poxviridae*. Помимо КРС восприимчивыми к LSDV являются зебу и азиатские буйволы [2].

Согласно опубликованным данным, экономические потери, например, в Нигерии в 2017–2018 гг. оценивались в 9,6–6340 долларов США на ферму в зависимости от вида пораженных животных и системы производства [25], в то время как в Турции в 2019 г. они достигали 886,34 и 1066,61 долларов США на одно животное для молочного и мясно-

го скота соответственно [27]. Считается, что кровососущие членистоногие (насекомые и клещи) могут играть значительную роль в распространении LSDV в качестве механических переносчиков [21, 38].

Африканская чума свиней (АЧС, african swine fever, ASF) – инфекционное и высококонтагиозное вирусное заболевание домашних свиней и кабанов. Данное заболевание вызывает ДНК-содержащий вирус (african swine fever virus, ASFV) из рода *Asfvirus* семейства *Asfarviridae* [6, 16]. Передача осуществляется горизонтальным путем при контакте животных и через инфицированные корма, окружающие предметы и т. д. На сегодняшний день АЧС остается нерешенной проблемой во многих странах мира из-за отсутствия вакцины и эффективных способов лечения. Профилактика заболевания заключается в защите животных от контакта с вирусом, который стабилен в окружающей среде [6]. Общие экономические потери, вызванные вспышкой АЧС в Китае в 2019 г., составили 111,2 млрд долларов США [41].

Что касается распространения и передачи вирусов лейкемии, заразного узелкового дерматита КРС и африканской чумы свиней кровососущими насекомыми, то такая возможность доказана в экспериментальных условиях [3, 11, 21, 28, 32, 37]. Вместе с тем, вопрос о вкладе отдельных видов насекомых, в первую очередь, гематофагов, в распространение трансмиссивных вирусных болезней в природных (естественных) условиях по-прежнему остается дискуссионным [15, 24, 38, 39, 40].

Известно, что кровососущие двукрылые насекомые, совокупность которых часто называют «гнус» и к которым обычно относят слепней, комаров, мошек, настоящих мух и мокрецов, широко распространены на территории Тюменской области [4]. Однако, в научной литературе не представлены результаты исследований насекомых комплекса «гнус», отловленных в естественной среде региона, на носительство возбудителей вирусных инфекций.

Учитывая сказанное, цель данной работы заключалась в тестировании кровососущих двукрылых насекомых, собранных на территории Тюменской области, на наличие генетического материала вирусов – возбудителей опасных заболеваний сельскохозяйственных животных.

Материалы и методы

Сборы имаго кровососущих двукрылых насекомых осуществляли с мая по октябрь 2021 г. на пастбищах и фермах Тюменской области (Тобольский, Нижнетавдинский, Тюменский, Ялуторовский, Исетский, Заводоуковский, Голышмановский, Ишимский, Абатский, Вагайский районы), а также в Курганской и Омской областях при помощи стандартного энтомологического сачка, энтомологического сачка со съёмными мешочками, колокола Мончадского и Березанцева. Камеральную обработку материала, включающую определение собранных насекомых, проводили на базе Всероссийского научно-исследовательского института ветеринарной энтомологии и арахнологии. Видовую принадлежность отловленных кровососущих двукрылых насекомых устанавливали по определительным таблицам Л. П. Кухарчук (1980), И. А. Рубцова (1956), В. Д. Патрушевой (1982), А. В. Янковского (2002), Н. Г. Олсуфьева (1977), А. Г. Мирзаевой (1989) и «Определителя насекомых Европейской части СССР» (1970) при помощи микроскопов МСП-1 и Carl Zeiss Stemi SV6.

Идентифицированных насекомых помещали в пластиковые пробирки в соответствии с их таксономической принадлежностью, местом и периодом сбора и хранили при -80°C до исследования. Наличие возбудителей заболеваний животных в отловленных кровососущих двукрылых насекомых оценивали по выявлению генетического материала методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) в режиме реального времени при помощи амплификатора Real-Time Rotor Gene[®] 6000 (Qiagen, Германия) и Real-Time LightCycler[®] 96 (Roche, Франция). Группировку проб осуществляли в соответствии с МУ 3.1.1027-01 «Сбор, учет и подготовка к лабораторному исследованию кровососущих членистоногих - переносчиков возбудителей природно-очаговых инфекций», при этом в одну пробу включали не более 20 слепней (роды *Hybomitra*, *Tabanus* и *Haematorota*), не более 50 мух (род *Stomoxys*), не более 50 комаров (род *Aedes*), не более 100 мошек (роды *Byssodon* и *Schoenbaueria*) и мокрецов (сем. *Ceratopogonidae*). Сгруппированные таким образом пулы насекомых гомогенизировали в фарфоровой ступке в стерильном 0,15 М растворе хлорида натрия. Для осветления пробы центрифугировали при

1200 g в течение 2 мин. Генетический материал из полученных проб выделяли с помощью набора реагентов для экстракции нуклеиновых кислот из клинических образцов и объектов окружающей среды «РеалБест экстракция 100» (АО «Вектор-Бест», Россия) в соответствии с инструкцией производителя. Выявление генетического материала возбудителей вирусных заболеваний животных (африканской чумы свиней, лейкоза и нодулярного дерматита КРС) проводили с помощью наборов реагентов «ПЦР-АЧС-Фактор», «ПЦР-Лейкоз-КРС-Фактор» и «ПЦР-Нодулярный дерматит-КРС-Фактор» (ООО «ВЕТ ФАКТОР», Россия) в соответствии с инструкцией производителя.

Результаты

В период с мая по октябрь 2021 г. в Тюменской и соседних областях (рис. 1) для ПЦР-исследования было собрано 1882 взрослых особи кровососущих двукрылых насекомых,

в том числе 691 экз. кровососущих мух (сем. Muscidae, род *Stomoxys*), 30 экз. комаров (сем. Culicidae, род *Aedes*), 832 экз. мошек (сем. Simuliidae, роды *Byssodon* и *Schoenbaueria*), 222 экз. слепней (сем. Tabanidae, роды *Hybomitra*, *Tabanus* и *Haematopota*), 107 экз. мокрецов (сем. Ceratopogonidae, род *Culicoides*). Отловленные насекомые были сгруппированы в 60 проб в соответствии с таксономической принадлежностью, местом и периодом сбора (табл. 1). В результате ПЦР-тестирования проб на наличие ДНК провируса лейкоза КРС положительными оказались 1 из 13 проб *Stomoxys* spp. (7,7%) и 1 из 13 проб *Hybomitra* spp. (7,7%). Обе положительные пробы были подготовлены из насекомых, отловленных на пастбище в Абатском районе (табл. 2). ПЦР-тесты всех исследованных проб насекомых на наличие генетического материала вирусов нодулярного дерматита КРС и африканской чумы свиней были отрицательными (табл. 2).

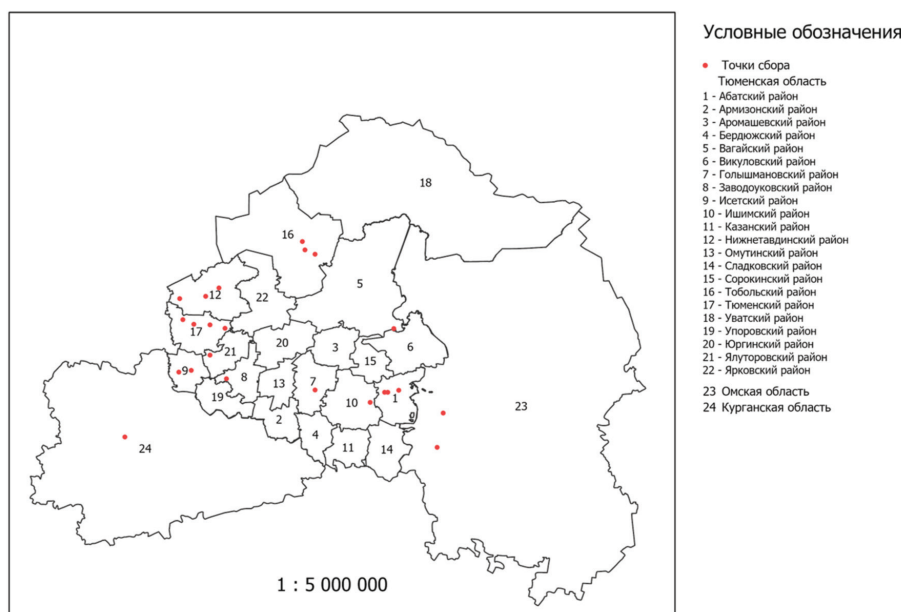


Рис. 1. Места отлова насекомых в Тюменской, Курганской и Омской областях в период с мая по октябрь 2021 г.

[Fig. 1. Insect trapping sites in the Tyumen, Kurgan and Omsk regions from May to October 2021]

Обсуждение

Анализ литературных данных показал, что кровососущие членистоногие (насекомые и клещи) играют существенную роль в эпидемиологии и эпизоотологии многих трансмиссивных болезней. Многочисленные исследования

свидетельствуют о том, что число случаев отдельных вирусных заболеваний животных связано с численностью кровососущих насекомых в местах выпаса и содержания животных [19, 22, 23, 33]. Например, показано, что численность *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) в

Таблица 1 [Table 1]

Число исследованных проб кровососущих двукрылых насекомых на наличие генетического материала вирусов

[The number of blood-sucking dipteran insects samples examined for the presence of the genetic material of viruses]

Насекомые [Insects]		Исследовано проб [Samples examined]			
		всего [total]	в том числе на наличие [including the presence]		
			BLV	LSDV	ASFV
Кровососущие мухи [Blood sucking flies]	<i>Stomoxys</i> spp.	24	13	19	24
Комары [Mosquitoes]	<i>Aedes</i> spp.	3	3	2	3
Мошки [Blackfly]	<i>Byssodon. maculatus</i>	12	11	10	12
	<i>Schoenbaueria nigra</i>	3	-	-	3
Слепни [Horseflies]	<i>Hybomitra</i> spp.	13	13	9	13
	<i>Tabanus bovinus</i>	1	1	1	1
	<i>Haematopota</i> spp.	1	1	1	1
Мокрецы [Biting midges]	<i>Culicoides punctatus</i>	3	3	3	3

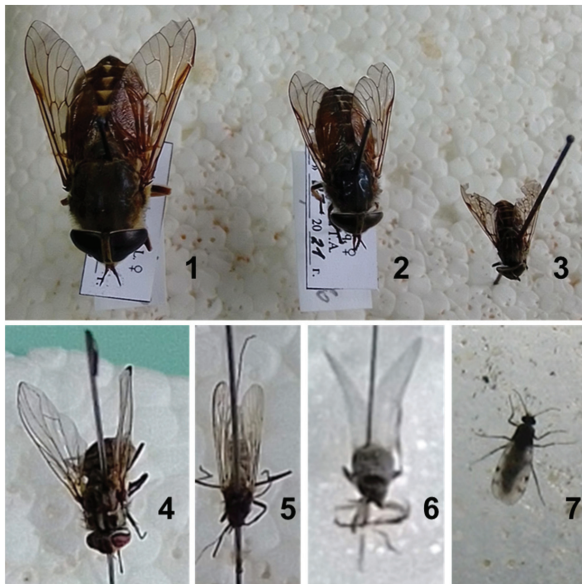


Рис. 2. Представители кровососущих насекомых отряда Diptera, исследованные на наличие генетического материала вирусов (BLV, LSDV, ASFV):

1 – слепни *Tabanus bovinus*; 2 – слепни *Hybomitra* spp.; 3 – мошка *Haematopota* spp.; 4 – кровососущие мухи *Stomoxys* spp.; 5 – комар *Aedes* spp.; 6 – мошка *Byssodon maculatus*; 7 – мокрец *Culicoides punctatus*

[Fig. 2. Representatives of blood-sucking insects of the order Diptera, examined for the presence of the genetic material of viruses (BLV, LSDV, ASFV):

1 – horsefly *Tabanus bovinus*; 2 – horsefly *Hybomitra* spp.; 3 – *Haematopota* spp.; 4 – blood-sucking flies *Stomoxys* spp.; 5 – mosquito *Aedes* spp.; 6 – midge *Byssodon maculatus*; 7 – biting midges *Culicoides punctatus*]

период вспышек LSD на молочных фермах в Израиле была значительно выше, чем численность других двукрылых насекомых [22]. Также, сообщалось о взаимосвязи числа больных лейкозом особей КРС в период выпаса и большой численностью кровососущих насекомых на территории пастбища [19, 33].

Исследования насекомых отряда Diptera, как потенциальных векторов трансмиссивных болезней животных на территории Российской Федерации, посвящены, как правило, изучению видового разнообразия и биологических особенностей переносчиков,

а опубликованные работы по выявлению в них генетического материала патогенных вирусов единичны [1, 10]. До настоящего времени насекомые комплекса гнус на территории Тюменской области не изучались с этой точки зрения.

Наше исследование ставило перед собой задачу оценить наличие возбудителей трех вирусных инфекций в кровососущих двукрылых насекомых природных популяций, отловленных на животноводческих фермах и пастбищах. В качестве метода исследования насекомых был выбран анализ с использо-

Таблица 2 [Table 2]

Результаты ПЦР-исследования проб кровососущих двукрылых насекомых, собранных на территории Тюменской и соседних областей, на наличие генетического материала возбудителей вирусных болезней сельскохозяйственных животных
 [Results of PCR study of blood-sucking dipteran insects samples collected in the territory of the Tyumen and neighboring regions for the presence of genetic material of pathogens of viral diseases of farm animals]

Насекомые [Insects]	BLV (вирус лейкоза КРС)												LSDV (вирус нодулярного дерматита КРС)												ASFV (вирус африканской чумы свиней)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Кровососущие мухи																																					
Stomoxys spp.																																					
Комары																																					
Aedes spp.																																					
Мошки																																					
Byssodon. maculatus																																					
Schoenbaueria nigra																																					
Слепни																																					
Hybomitra spp.																																					
Tabanus bovinus																																					
Наематорога spp.																																					
Callicoides punctatus																																					

Примечание [Note]: * – положительные ПЦР-пробы; цветом показаны исследованные пробы [positive PCR tests; tested samples are shown in color]
 Районы исследования [Study areas]: Тюменская область: 1 – Исетский; 2 – Голышмановский; 3 – Абатский; 4 – Тюменский; 5 – Заводоуковский; 6 – Ялуторовский; 7 – Нижнетавдинский; 8 – Ишимский; 9 – Тобольский; 10 – Вагайский; 11 – Омская область; 12 – Курганская

ванием ПЦР (ПЦР-диагностика, ПЦР-тестирование), который позволяет детектировать наличие генетического материала (ДНК, РНК) вирусов в биологических объектах, даже если он присутствует в незначительных количествах.

Фауна кровососущих двукрылых насекомых Тюменской области представлена 154 видами семейств Tabanidae, Muscidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Culicidae. В нашей работе были протестированы взрослые особи из 8 родов, представители которых, согласно литературным данным, являются доказанными или потенциальными векторами вирусных болезней животных.

Из анализа эпизоотической ситуации по данным областного Управления ветеринарии следует, что такие трансмиссивные болезни как АЧС, ЗУД и лейкоз КРС являются значимыми для животноводства Тюменской области [9]. Так, в 2017 г. в Исетском районе был выявлен один неблагополучный по АЧС населенный пункт; вспышка заболевания была ликвидирована. В 2019 г. были зарегистрированы случаи ЗУД КРС в трех районах Тюменской области (Абатском, Казанском, Сладковском); проводится профилактическая вакцинация поголовья.

С 1968 г. Тюменская область относится к неблагополучным по лейкозу КРС регионам; в 1990-х годах показатели вирусносительства достигали наибольших значений. В период с 2000 по 2020 гг. среди обследованного поголовья произошло снижение числа случаев выявления вируса лейкомии на 89%. Согласно отчету областного Управления ветеринарии, на начало 2021 г. в Тюменской области было 163 неблагополучных по лейкозу пункта.

Возможность механической передачи вируса АЧС кровососущими насекомыми показана в ранне

проведенных исследованиях [3, 28, 32]. ASFV оставался инфекционным в желудочно-кишечном тракте осенних жигалок *S. calcitrans* до 12 ч, а вирусную ДНК обнаруживали в теле насекомых в течение 72 ч после кормления их вирусемической кровью [32]. В работе Власова и соавт. (2019) также подтверждено сохранение вируса ASF в организме *S. calcitrans* и показана возможность заражения свиней при внутримышечном введении им суспензии мух, кормившихся вирусосодержащей кровью [3].

В наших исследованиях все протестированные на генетический материал вируса АЧС пробы насекомых были отрицательными. Сходные результаты были получены в неблагополучном по АЧС кабанов регионе Эстонии: в пробах, приготовленных из кровососущих насекомых родов *Culicoides*, *Aedes*, *Anopheles*, *Tabanus*, *Hybomitra*, *Haematopota*, *Chrysops*, не было обнаружено ДНК ASFV [18].

Литературные данные свидетельствуют о том, что из кровососущих двукрылых насекомых наиболее подходящими кандидатами в переносчики вируса LSD являются представители родов *Stomoxys* (сем. *Muscidae*), *Aedes* и *Culex* (сем. *Culicidae*) [38]. Так, Saegerman et al. (2018) связали риск появления LSD во Франции с импортом переносчиков, в том числе *S. calcitrans* в грузовиках для животных [35]. В работе Issimov и соавт. (2020) было продемонстрировано, что в экспериментальных условиях LSDV жизнеспособен во взрослых особях *Stomoxys* spp. в течение по крайней мере 6 ч после питания насекомых на зараженных животных, а вирусную ДНК обнаруживали в насекомых и после 48 ч [21]. Авторы приходят к заключению о высокой вероятности того, что в естественных условиях виды *Stomoxys* spp. могут играть роль вектора в распространении ЗУД КРС [21].

В недавнем скрининге насекомых, отловленных в природных условиях, было выявлено наличие ДНК вируса LSD в 8 из 53 пулов (15,08%) *S. calcitrans*, собранных на пастбищах в Южной Африке [26].

По результатам исследования, проведенного в Российской Федерации, также был обнаружен генетический материал LSDV в одной пробе насекомых, состоящей из представителей семейства *Muscidae*, собранных на территории животноводческих хозяйств Саратовской области [10]. В протестированных нами

насекомых, том числе в пробах из *Stomoxys* spp. и *Aedes* spp., отловленных на животноводческих фермах и пастбищах, не выявлено ДНК LSDV.

Описано большое число возможных путей передачи вируса лейкемии КРС, в том числе с участием насекомых и других членистоногих [24]. В экспериментальных условиях показана возможность передачи вируса кровососущими насекомыми [17, 34], однако их роль в распространении BLV в природных условиях однозначно не определена [15, 24]. Методами ПЦР и последующего секвенирования подтверждено присутствие провируса лейкемии КРС в ротовом аппарате *Haematobia irritans* (Diptera: *Muscidae*), собранных на больных животных, при этом положительными были 3 из 10 приготовленных пулов (30%) [34]. По результатам одновременного изучения мокрецов *Culicoides* spp. и КРС на наличие генетического материала BLV один из 25 пулов (4%) насекомых был положительным, при этом последовательности ДНК, обнаруженные в насекомых и в крови лейкоз-положительных животных, совпадали [15].

В нашем исследовании положительными были пробы, состоящие из представителей кровососущих мух рода *Stomoxys* (сем. *Muscidae*) и слепней рода *Hybomitra* (сем. *Tabanidae*), полученных из одного пункта, неблагополучного по лейкозу КРС. Возможность механической передачи BLV с кровью больных животных в ротовом аппарате *S. calcitrans* была экспериментально доказана, если между питанием насекомых на больных животных и инъекцией здоровым животным их ротового аппарата проходило не больше часа [13].

В обзоре Baldacchino et al. (2014) сообщалось о возможности передачи BLV слепнями *Tabanus* spp. в экспериментальных и природных условиях [11].

По данным Issimov et al. (2020), вирусная нуклеиновая кислота может выявляться в насекомых более длительное время, чем возбудитель остается жизнеспособным и вирулентным [21]. Но факт обнаружения в отловленных в природной среде кровососущих насекомых генетического материала болезнетворных вирусов может свидетельствовать о циркуляции возбудителей на определенной территории, что было предложено использовать для мониторинга эпизоотической ситуации [40].

Заключение

Выявление ДНК провируса лейкоза КРС в кровососущих насекомых (мухах рода *Stomoxys* и слепнях рода *Hybomitra*) указывает на присутствие данного возбудителя на территории сбора насекомых, а также на возможное их участие в распространении BLV в качестве механических переносчиков. В продолжении исследования необходимо выполнить секвенирование ПЦР фрагментов генетического материала вируса из положительных проб насекомых для последующего филогенетического анализа и сравнения с генотипом BLV, полученного от животных-вирусоносителей. Необходимы дальнейшие исследования векторной компетентности *Stomoxys* spp. и *Hybomitra* spp. в природных условиях с учетом климатоэкологических особенностей Тюменской области.

Список источников

1. Аронова Е. В., Сальников Н. И., Цыбанов С. Ж., Луницин А. В., Сарыглар Л. К., Янжиева Д. В., Муруева Г. Б. Исследование мокрецов рода *Culicoides* как потенциальных переносчиков возбудителей трансмиссивных болезней животных в Республике Бурятия // Ветеринария. 2015. № 7. С. 8-11.
2. Бурова О. А., Блохин А. А., Захарова О. И., Яшин И. В., Лискова Е. А., Гладкова Н. А. Векторы трансмиссивных вирусных болезней животных // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 5 (66). С. 4-17.
3. Власов М. Е., Середина А. Д., Балышев В. М. Сохраняемость вируса африканской чумы свиней в осенних жигалках и падальных мухах // Ветеринария. 2019. № 8. С. 22-25. doi: 10.30896/0042-4846.2019.22.8.22-25
4. Домацкий В. Н., Фёдорова О. А., Сибен А. Н. Эпизоотологическое и эпидемиологическое значение кровососущих двукрылых насекомых в условиях Крайнего Севера (обзор) // Российский паразитологический журнал. 2018. Т. 12. № 4. С. 73-76. doi: 10.31016/1998-8435-2018-12-4-73-76
5. Донник И. М., Гулюкин М. И., Бусол В. А., Коваленко Л. В., Коваленко А. М. Лейкоз крупного рогатого скота - диагностика, оздоровление, антропоозоонозный потенциал (история вопроса) (Обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 2. С. 230-244.
6. Забережный А. Д., Алипер Т. И., Гребенникова Т. В., Верховский О. А., Sanchez-Vizcaino J. M., Mur L., Непоклонов Е. А., Львов Д. К. Африканская чума свиней в Российской Федерации // Вопросы вирусологии. 2012. Т. 57. № 5. С. 4-10.
7. Мищенко В. А., Петрова О. Н., Караулов А. К., Мищенко А. В. Проблема лейкоза крупного рогатого скота. Владимир: ФГБУ «ВНИИЗЖ», 2018. 38 с.
8. Спрыгин А. В., Федорова О. А., Бабин Ю. Ю., Кононов А. В., Караулов А. К. Мокрецы рода *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) и их роль в распространении блютанга и болезни Шмаллеберга в России // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 2. С. 183-197.
9. Фёдорова О. А., Новоженова В. С. Эпизоотическая ситуация по трансмиссивным заболеваниям животных в Тюменской области (2000–2020 гг.). Свидетельство о регистрации базы данных 2021620990, 18.05.2021. Заявка № 2021620845 от 27.04.2021.
10. Чичкин А. Н., Падило Л. П., Салтыков Ю. В., Подшибякин Д. В., Дресвянникова С. Г., Джаилиди Г. А., Федорова В. А. Изучение насекомых отряда двукрылые (Diptera) на наличие генетического материала вируса заразного узелкового дерматита методом ПЦР // Ветеринария. 2020. № 7. С. 24-31
11. Baldacchino F, Desquesnes M., Mihok S, Foil L. D., Duvallat G., Jittapalapong S. Tabanids: Neglected subjects of research, but important vectors of disease agents! Infection, Genetics and Evolution. 2014; 28. 596-615. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2014.03.029>
12. Barez P. Y., de Brogniez A., Carpentier A., Gazon H., Gillet N., Gutiérrez G., Hamaidia M., Jacques J. R., Perike S., Neelature Sriramareddy S., Renotte N., Staumont B., Reichert M., Trono K., Willems L. Recent Advances in BLV Research. Viruses. 2015; 7 (11): 6080–6088. <https://doi.org/10.3390/v7112929>
13. Buxton B. A., Hinkle N. C., Schultz R. D. Role of insects in the transmission of bovine leukosis virus: potential for transmission by stable flies, horn flies, and tabanids. Amer. J. Vet. Res. 1985; 46. 123–126.
14. Corredor-Figueroa A. P., Olaya-Galán N. N., Velandia-Álvarez S., Muñoz M., Salas-Cárdenas S. P., Ibáñez-Pinilla M., Patarroyo M. A., Gutiérrez M. F. Co-Circulation of Bovine Leukemia Virus Haplotypes among Humans, Animals, and Food Products: New Insights of Its Zoonotic Potential. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2021; 18 (9): 4883. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094883>
15. Dogan F., Bilge Dagalp S., Dik B., Farzani T. A., Alkan F. Detection of genotype 1 bovine leukemia virus from a *C. schultzei* pool: Do *Culicoides* spp. have a role on the transmission of bovine leukemia virus?

- Infect. Genet. Evol. 2020; 85: 104469. doi: 10.1016/j.meegid.2020.104469
16. Fila M., Woźniakowski G. African Swine Fever Virus – The Possible Role of Flies and Other Insects in Virus Transmission. *J. Vet. Res.* 2020; 64 (1): 1-7. doi: 10.2478/jvetres-2020-0001
 17. Foil L. D., Seger C. L., French D. D., Issel C. J., McManus J. M., Ohrberg C. L., Ramsey R. T. Mechanical Transmission of Bovine Leukemia Virus by Horse Flies (Diptera: Tabanidae). *Journal of Medical Entomology.* 1988; 25 (5): 374–376. <https://doi.org/10.1093/jmedent/25.5.374>
 18. Herm R., Kirik H., Vilem A., Zani L., Forth J. H., Müller A., Michelitsch A., Wernike K., Werner D., Tummeleht L., Kampen H., Viltrop A. No evidence for African swine fever virus DNA in haematophagous arthropods collected at wild boar baiting sites in Estonia. *Transbound Emerg Dis.* 2021; 68 (5): 2696-2702. <https://doi.org/10.1111/tbed.14013>
 19. Inagaki H., Konnai S., Kaburagi H., Murota H., Takabatake N., Watari K., Okagawa T., Maekawa N., Murata S., Ohashi K. Vector transmission of bovine leukemia virus during summer season in Northern Hokkaido. *Japan. J. Vet. Res.* 2019; 67 (3): 235-239.
 20. Inagaki Y., Kobayashi T., Suda Y., Kusama K., Imakawa K. Genetic variation in Japanese Holstein cattle for EBL development. *BMC Vet. Res.* 2020; 16: 407. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02625-8>
 21. Issimov A., Kutumbetov L., Orynbayev M. B., Khairullin B., Myrzakhmetova B., Sultankulova K., White P. J. Mechanical Transmission of Lumpy Skin Disease Virus by Stomoxys Spp (Stomoxys Calsitrans, Stomoxys Sitiens, Stomoxys Indica), Diptera: Muscidae. *Animals.* 2020; 10 (3): 477. <https://doi.org/10.3390/ani10030477>
 22. Kahana-Sutin E., Klement E., Lensky I., Gottlieb Y. High relative abundance of the stable fly *Stomoxys calcitrans* is associated with lumpy skin disease outbreaks in Israeli dairy farms. *Medical and Veterinary Entomology.* 2017; 31 (2): 150-160. <https://doi.org/10.1111/mve.12217>
 23. Kohara J., Takeuchi M., Hirano Y., Sakurai Y., Takahashi T. Vector control efficacy of fly nets on preventing bovine leukemia virus transmission. *J. Vet. Med. Sci.* 2018; 80: 1524-1527. <https://doi.org/10.1292/jvms.18-0199>
 24. Kuczewski A., Orsel K., Barkema H. W., Mason S., Erskine R., van der Meer F. Invited review: Bovine leukemia virus – Transmission, control, and eradication. *Journal of Dairy Science.* 2021; 104 (6): 6358-6375. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18925>
 25. Limon G., Gamawa A. A., Ahmed A. I., Lyons N. A., Beard P. M. Epidemiological Characteristics and Economic Impact of Lumpy Skin Disease, Sheepox and Goatpox Among Subsistence Farmers in Northeast Nigeria. *Front. Vet. Sci.* 2020; 7: 8. doi: 10.3389/fvets.2020.00008
 26. Makhahlela N. B., Liebenberg D., van Hamburg H., Taioe M. O., Thankgod O., Ramatla T., Thekisoe O. M. M. Detection of pathogens of veterinary importance harboured by *Stomoxys calcitrans* in South African feedlots. *Scientific African.* 2022; 15: e01112. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01112>
 27. Mat B., Arikan M. S., Akin A. C., Çevrimli M. B., Yonar H., Tekindal M. A. Determination of production losses related to lumpy skin disease among cattle in Turkey and analysis using SEIR epidemic model. *BMC Vet. Res.* 2021; 17: 300. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-02983-x>
 28. Mellor P. S., Kitching R. P., Wilkinson P. J. Mechanical transmission of capripox virus and African swine fever virus by *Stomoxys calcitrans*. *Research in Veterinary Science.* 1987; 43: 109–112. [https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(18\)30753-7](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(18)30753-7)
 29. Nakada S., Fujimoto Y., Kohara J., Adachi Y., Makita K. Estimation of economic loss by carcass weight reduction of Japanese dairy cows due to infection with bovine leukemia virus. *Preventive Veterinary Medicine.* 2022; 198: 105528. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105528>
 30. Nekoei S., Hafshejani T. T., Doosti A., Khamesi-pour F. Molecular detection of Bovine leukemia virus in peripheral blood of Iranian cattle, camel and sheep. *Pol. J. Vet. Sci.* 2015; 18: 703–707.
 31. Ochiai C., Katagiri Y., Kobayashi S., Naitoh I., Yoneyama S., Tomita K., Dongze L., Hikono H., Murakami K. Development of a microchip electrophoresis-based, high-throughput PCR-RFLP method to type Tax 233 variants of bovine leukemia virus in Japan. *Arch. Virol.* 2020; 165: 2961–2966. <https://doi.org/10.1007/s00705-020-04842-w>
 32. Olesen A. S., Hansen M. F., Rasmussen T. B., Belsham G. J., Bødker R., Bøtner A. Survival and localization of African swine fever virus in stable flies (*Stomoxys calcitrans*) after feeding on viremic blood using a membrane feeder. *Veterinary Microbiology.* 2018; 222: 25-29. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2018.06.010>
 33. Ooshiro M., Konnai S., Katagiri Y., Afuso M., Arakaki N., Tsuha O., Murata S., Ohashi K. Horizontal transmission of bovine leukemia virus from lymphocytotic cattle, and beneficial effects of insect vector control. *Vet. Rec.* 2013; 173 (21): 527. doi: 10.1136/vr.101833.

34. *Panei C. J., Larsen A. E., Fuentealba N. A., Metz G. E., Echeverría M. G., Galosi C. M., Valera A. R.* Study of horn flies as vectors of bovine leukemia virus. *Open Vet. J.* 2019; 9 (1): 33-37. doi: 10.4314/ovj.v9i1.6.
35. *Saegerman C., Bertagnoli S., Meyer G., Ganière J. P., Caufour P., De Clercq K., Jacquiet P., Fournié G., Hautefeuille C., Etoire F., Casal J.* Risk of introduction of lumpy skin disease in France by the import of vectors in animal trucks. *PLOS ONE.* 2018; 13 (6): e0198506. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198506>
36. *Selim A., Marawan M. A., Ali A. F., Manaa E., AbouelGhaut H. A.* Seroprevalence of bovine leukemia virus in cattle, buffalo, and camel in Egypt. *Trop. Anim. Health Prod.* 2020; 52: 1207-1210.
37. *Sohier C., Haegeman A., Mostin L., De Leeuw I., Campe W. V., De Vleeschauwer A., Tuppurainen E., van den Berg T., De Regge N., De Clercq K.* Experimental evidence of mechanical lumpy skin disease virus transmission by *Stomoxys calcitrans* biting flies and *Haematopota* spp. horseflies. *Scientific reports.* 2019; 9 (1): 20076. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56605-6>
38. *Sprygin A., Pestova Y., Wallace D. B., Tuppurainen E., Kononov A. V.* Transmission of lumpy skin disease virus: A short review. *Virus Res.* 2019; 269: 197637. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2019.05.015>
39. *Turčinavičienė J., Petrašiūnas A., Bernotienė R., Masiulis M., Jonušaitis V.* The contribution of insects to African swine fever virus dispersal: data from domestic pig farms in Lithuania. *Med. Vet. Entomol.* 2021; 35 (3): 484-489. doi: 10.1111/mve.12499.
40. *Tzeng H. Y., Wu H. H., Ting L. J., Chang N. T., Chou Y. C., Tu W. C.* Monitoring Taiwanese bovine arboviruses and non-arboviruses using a vector-based approach. *Med. Vet. Entomol.* 2019; 33 (2): 195-202. doi: 10.1111/mve.12345.
41. *You S., Liu T., Zhang M., Zhao X., Dong Y., Wu B., Wang Y., Li J., Wei X., Shi B.* African swine fever outbreaks in China led to gross domestic product and economic losses. *Nat. Food.* 2021; 2: 802-808. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00362-1>

Статья поступила в редакцию 12.06.2022; принята к публикации 18.10.2022

Об авторах:

Крутько Ксения Сергеевна, ВНИИВЭА – фил. ТюмНЦ СО РАН (625041, г. Тюмень, ул. Институтская, 2), г. Тюмень, Россия, ORCID ID: 0000-0003-3607-3706, kks201364@gmail.com

Кинарейкина Анна Григорьевна, ВНИИВЭА – фил. ТюмНЦ СО РАН (625041, г. Тюмень, ул. Институтская, 2), г. Тюмень, Россия, ORCID ID: 0000-0002-3194-873X, kinareickina@yandex.ru

Серкова Маргарита Игоревна, ВНИИВЭА – фил. ТюмНЦ СО РАН (625041, г. Тюмень, ул. Институтская, 2), г. Тюмень, Россия, ORCID ID: 0000-0002-0373-7046, rita.serkowa@yandex.ru

Силиванова Елена Анатольевна, ВНИИВЭА – фил. ТюмНЦ СО РАН (625041, г. Тюмень, ул. Институтская, 2), г. Тюмень, Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0003-0872-8509, 11eas@vniivea.ru

Фёдорова Ольга Александровна, ВНИИВЭА – фил. ТюмНЦ СО РАН (625041, г. Тюмень, ул. Институтская, 2), г. Тюмень, Россия, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-0589-2373, fedorova-olia@mail.ru

Вклад соавторов:

Крутько Ксения Сергеевна – пробоподготовка и проведение ПЦР-анализа, анализ литературы, подготовка рукописи.

Кинарейкина Анна Григорьевна – сбор материала, пробоподготовка для ПЦР-анализа.

Серкова Маргарита Игоревна – сбор материала, определение видовой принадлежности насекомых.

Силиванова Елена Анатольевна – сбор материала, анализ литературы, подготовка рукописи и оформление статьи.

Фёдорова Ольга Александровна – сбор материала, определение видовой принадлежности насекомых, подготовка рукописи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

- Aronova E. V., Salnikov N. I., Tsibanov S. G., Lunitsin A. V., Saryglar L. K., Yanjieva D. V., Murueva G. B. A study in the Republic Buryatia midges of genus *Culicoides* as potential vectors of agents transmissible animal diseases. *Veterinariya = Veterinary Medicine*. 2015; 7: 8-11 (In Russ.).
- Burova O. A., Blokhin A. A., Zakharova O. I., Liskova E. A., Yashin I. V., Gladkova N. A. Vectors of vector-borne viral diseases of animals. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2018; 5 (66): 4-17. (In Russ.)
- Vlasov M. E., Sereda A. D., Balyshev V. M. African swine virus maintenance in stable flies (*Stomoxys calcitrans*) and blowflies (*Calliphoridae*). *Veterinariya = Veterinary Medicine*. 2019; 8: 22-25. (In Russ.) doi: 10.30896/0042-4846.2019.22.8.22-25
- Domatskiy V. N., Fedorova O. A., Siben A. N. Epizootological and epidemiological place of sanguivorous dipterans in a climate of the Arctic (Review). *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2018; 12 (4): 73-76. (In Russ.) doi: 10.31016/1998-8435-2018-12-4-73-76
- Donnik I. M., Gulyukin M. I., Busol V. A., Kovalenko L. V., Kovalenko A. M. Bovine leukemia virus infection – diagnostics, eradication, and anthrozoönotic potential (Background) (Review). *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2021; 56 (2): 230-244. (In Russ.)
- Zaberezhny A. D., Aliper T. I., Grebennikova T. V., Verkhovskiy O. A., Sanchez-Vizcaino J. M., Mur Lina, Nepoklonov E. A., Lvov D. K. African swine fever in Russian Federation. *Voprosy virusologii = Problems of Virology*. 2012; 57 (5): 4-10. (In Russ.)
- Mishchenko V. A., Petrova O. N., Karaulov A. K., Mishchenko A. V. Bovine leukemia problem. Vladimir: FGBU «VNIIZZh», 2018; 38. (In Russ.)
- Sprygin A. V., Fedorova O. A., Babin Yu. Yu., Kononov A. V., Karaulov A. K. Blood-sucking midges from the genus *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) act as filed vectors of human and animal diseases. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2015; 50 (2): 183-197. (In Russ.)
- Fedorova O. A., Novozenova V. S. Epizootic situation on transmissible animal diseases in the Tyumen region (2000-2020) Database registration certificate 2021620990, 05/18/2021. Application No. 2021620845 dated 04/27/2021. (In Russ.)
- Chichkin A. N., Padilo L. P., Saltykov Yu. V., Podshibyakin D. V., Dresviannikova S. G., Dzhaulidi G. A., Feodorova V. A. The study of insects of the order Diptera for the presence of the genetic material of the lumpy skin disease virus by a polymerase chain reaction. *Veterinariya = Veterinary Medicine*. 2020; 7: 24-31 (In Russ.)
- Baldacchino F., Desquesnes M., Mihok S., Foil L. D., Duvallet G., Jittapalpong S. Tabanids: Neglected subjects of research, but important vectors of disease agents! *Infection, Genetics and Evolution*. 2014; 28: 596-615. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2014.03.029>
- Barez P. Y., de Brogniez A., Carpentier A., Gazon H., Gillet N., Gutiérrez G., Hamaidia M., Jacques J. R., Perike S., Neelature Sriramareddy S., Renotte N., Staumont B., Reichert M., Trono K., Willems L. Recent Advances in BLV Research. *Viruses*. 2015; 7 (11): 6080–6088. <https://doi.org/10.3390/v7112929>
- Buxton B. A., Hinkle N. C., Schultz R. D. Role of insects in the transmission of bovine leukosis virus: potential for transmission by stable flies, horn flies, and tabanids. *Amer. J. Vet. Res.* 1985; 46: 123–126.
- Corredor-Figueroa A. P., Olaya-Galán N. N., Velandia-Álvarez S., Muñoz M., Salas-Cárdenas S. P., Ibáñez-Pinilla M., Patarroyo M. A., Gutiérrez M. F. Co-Circulation of Bovine Leukemia Virus Haplotypes among Humans, Animals, and Food Products: New Insights of Its Zoonotic Potential. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021; 18 (9): 4883. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094883>
- Dogan F., Bilge Dagalp S., Dik B., Farzani T. A., Alkan F. Detection of genotype 1 bovine leukemia virus from a *C. schultzei* pool: Do *Culicoides* spp. have a role on the transmission of bovine leukemia virus? *Infect. Genet. Evol.* 2020; 85: 104469. doi: 10.1016/j.meegid.2020.104469
- Fila M., Woźniakowski G. African Swine Fever Virus - The Possible Role of Flies and Other Insects in Virus Transmission. *J. Vet. Res.* 2020; 64 (1): 1-7. doi: 10.2478/jvetres-2020-0001
- Foil L. D., Seger C. L., French D. D., Issel C. J., McManus J. M., Ohrberg C. L., Ramsey R. T. Mechanical Transmission of Bovine Leukemia Virus by Horse Flies (Diptera: Tabanidae). *Journal of Medical Entomology*. 1988; 25 (5): 374–376. <https://doi.org/10.1093/jmedent/25.5.374>
- Herm R., Kirik H., Vilem A., Zani L., Forth J. H., Müller A., Michelitsch A., Wernike K., Werner D., Tummeleht L., Kampen H., Viltrop A. No evidence for African swine fever virus DNA in haematophagous arthropods collected at wild boar baiting sites in Estonia. *Transbound Emerg Dis.* 2021; 68 (5): 2696-2702. <https://doi.org/10.1111/tbed.14013>
- Inagaki H., Konnai S., Kaburagi H., Murota H., Takabatake N., Watari K., Okagawa T., Maekawa N.,

- Murata S., Ohashi K. Vector transmission of bovine leukemia virus during summer season in Northern Hokkaido. *Japan. J. Vet. Res.* 2019; 67 (3): 235-239.
20. Inagaki Y., Kobayashi T., Suda Y., Kusama K., Imakawa K. Genetic variation in Japanese Holstein cattle for EBL development. *BMC Vet. Res.* 2020; 16: 407. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02625-8>
21. Issimov A., Kutumbetov L., Orynbayev M. B., Khairullin B., Myrzakhetmetova B., Sultankulova K., White P. J. Mechanical Transmission of Lumpy Skin Disease Virus by Stomoxys Spp (Stomoxys Calsitrans, Stomoxys Sitiens, Stomoxys Indica), Diptera: Muscidae. *Animals.* 2020; 10 (3): 477. <https://doi.org/10.3390/ani10030477>
22. Kahana-Sutin E., Klement E., Lensky I., Gottlieb Y. High relative abundance of the stable fly Stomoxys calcitrans is associated with lumpy skin disease outbreaks in Israeli dairy farms. *Medical and Veterinary Entomology.* 2017; 31 (2): 150-160. <https://doi.org/10.1111/mve.12217>
23. Kohara J., Takeuchi M., Hirano Y., Sakurai Y., Takahashi T. Vector control efficacy of fly nets on preventing bovine leukemia virus transmission. *J. Vet. Med. Sci.* 2018; 80: 1524-1527. <https://doi.org/10.1292/jvms.18-0199>
24. Kuczewski A., Orsel K., Barkema H. W., Mason S., Erskine R., van der Meer F. Invited review: Bovine leukemia virus – Transmission, control, and eradication. *Journal of Dairy Science.* 2021; 104 (6): 6358-6375. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18925>
25. Limon G., Gamawa A. A., Ahmed A. I., Lyons N. A., Beard P. M. Epidemiological Characteristics and Economic Impact of Lumpy Skin Disease, Sheepox and Goatpox Among Subsistence Farmers in Northeast Nigeria. *Front. Vet. Sci.* 2020; 7: 8. doi: 10.3389/fvets.2020.00008
26. Makhahlela N. B., Liebenberg D., van Hamburg H., Taiwe M. O., Thankgod O., Ramatla T., Thekiso O. M. M. Detection of pathogens of veterinary importance harboured by Stomoxys calcitrans in South African feedlots. *Scientific African.* 2022; 15: e01112. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01112>
27. Mat B., Arikan M. S., Akin A. C., Çevrimli M. B., Yonar H., Tekindal M. A. Determination of production losses related to lumpy skin disease among cattle in Turkey and analysis using SEIR epidemic model. *BMC Vet. Res.* 2021; 17: 300. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-02983-x>
28. Mellor P. S., Kitching R. P., Wilkinson P. J. Mechanical transmission of capripox virus and African swine fever virus by Stomoxys calcitrans. *Research in Veterinary Science.* 1987; 43: 109-112. [https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(18\)30753-7](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(18)30753-7)
29. Nakada S., Fujimoto Y., Kohara J., Adachi Y., Makita K. Estimation of economic loss by carcass weight reduction of Japanese dairy cows due to infection with bovine leukemia virus. *Preventive Veterinary Medicine.* 2022; 198: 105528. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105528>
30. Nekoei S., Hafshejani T. T., Doosti A., Khamesipour F. Molecular detection of Bovine leukemia virus in peripheral blood of Iranian cattle, camel and sheep. *Pol. J. Vet. Sci.* 2015; 18: 703-707.
31. Ochiai C., Katagiri Y., Kobayashi S., Naitoh I., Yoneyama S., Tomita K., Dongze L., Hikono H., Murakami K. Development of a microchip electrophoresis-based, high-throughput PCR-RFLP method to type Tax 233 variants of bovine leukemia virus in Japan. *Arch. Virol.* 2020; 165: 2961-2966. <https://doi.org/10.1007/s00705-020-04842-w>
32. Olesen A. S., Hansen M. F., Rasmussen T. B., Belsham G. J., Bødker R., Bøtner A. Survival and localization of African swine fever virus in stable flies (Stomoxys calcitrans) after feeding on viremic blood using a membrane feeder. *Veterinary Microbiology.* 2018; 222: 25-29. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2018.06.010>
33. Ooshiro M., Konnai S., Katagiri Y., Afuso M., Arakaki N., Tsuha O., Murata S., Ohashi K. Horizontal transmission of bovine leukemia virus from lymphocytotic cattle, and beneficial effects of insect vector control. *Vet. Rec.* 2013; 173 (21): 527. doi: 10.1136/vr.101833.
34. Panei C. J., Larsen A. E., Fuentealba N. A., Metz G. E., Echeverría M. G., Galosi C. M., Valera A. R. Study of horn flies as vectors of bovine leukemia virus. *Open Vet. J.* 2019; 9 (1): 33-37. doi: 10.4314/ovj.v9i1.6.
35. Saegerman C., Bertagnoli S., Meyer G., Ganière J. P., Caufour P., De Clercq K., Jacquiet P., Fournié G., Hautefeuille C., Eto F., Casal J. Risk of introduction of lumpy skin disease in France by the import of vectors in animal trucks. *PLOS ONE.* 2018; 13 (6): e0198506. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198506>
36. Selim A., Marawan M. A., Ali A. F., Manaa E., AbouelGhaut H. A. Seroprevalence of bovine leukemia virus in cattle, buffalo, and camel in Egypt. *Trop. Anim. Health Prod.* 2020; 52: 1207-1210.
37. Sohier C., Haegeman A., Mostin L., De Leeuw I., Campe W. V., De Vleeschauwer A., Tuppurainen E., van den Berg T., De Regge N., De Clercq K. Experimental evidence of mechanical lumpy skin disease virus transmission by Stomoxys calcitrans biting flies and Haematopota spp. horseflies. *Scientific reports.* 2019; 9 (1): 20076. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56605-6>

38. Sprygin A., Pestova Y., Wallace D. B., Tuppurainen E., Kononov A. V. Transmission of lumpy skin disease virus: A short review. *Virus Res.* 2019; 269: 197637. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2019.05.015>
39. Turčinavičienė J., Petrašiūnas A., Bernotienė R., Masiulis M., Jonušaitis V. The contribution of insects to African swine fever virus dispersal: data from domestic pig farms in Lithuania. *Med. Vet. Entomol.* 2021; 35 (3): 484-489. doi: 10.1111/mve.12499.
40. Tzeng H. Y., Wu H. H., Ting L. J., Chang N. T., Chou Y. C., Tu W. C. Monitoring Taiwanese bovine arboviruses and non-arboviruses using a vector-based approach. *Med. Vet. Entomol.* 2019; 33 (2): 195-202. doi: 10.1111/mve.12345.
41. You S., Liu T., Zhang M., Zhao X., Dong Y., Wu B., Wang Y., Li J., Wei X., Shi B. African swine fever outbreaks in China led to gross domestic product and economic losses. *Nat. Food.* 2021; 2. 802–808. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00362-1>

The article was submitted 12.06.2022; accepted for publication 18.10.2022

About the authors:

Krutko Ksenya S., All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology – Branch of Federal State Institution Federal Research Centre Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (2 Institutuskaya Str., 625041, Tyumen), Tyumen, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0003-3607-3706, kks201364@gmail.com

Kinareikina Anna G., All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology – Branch of Federal State Institution Federal Research Centre Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (2 Institutuskaya Str., 625041, Tyumen), Tyumen, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0002-3194-873X, kinareickina@yandex.ru

Serkova Margarita I., All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology – Branch of Federal State Institution Federal Research Centre Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (2 Institutuskaya Str., 625041, Tyumen), Tyumen, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0002-0373-7046, rita.serkowa@yandex.ru

Silivanova Elena A., All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology – Branch of Federal State Institution Federal Research Centre Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (2 Institutuskaya Str., 625041, Tyumen), Tyumen, Russian Federation, Cand. Sc. Biol., ORCID ID: 0000-0003-0872-8509, 11eas@vniivea.ru

Fedorova Olga A., All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology – Branch of Federal State Institution Federal Research Centre Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (2 Institutuskaya Str., 625041, Tyumen), Tyumen, Russian Federation, Cand. Sc. Biol., ORCID ID: 0000-0002-0589-2373, fiodorova-olia@mail.ru

Contribution of co-authors:

Krutko Ksenya S. – sample preparation and PCR analysis, literature analysis, manuscript preparation.

Kinareikina Anna G. – collection of material, sample preparation for PCR analysis.

Serkova Margarita I. – collection of material, determination of the species of insects.

Silivanova Elena A. – collection of material, analysis of literature, preparation of the manuscript and design of the article.

Fedorova Olga A. – collection of material, identification of insect species, preparation of the manuscript.

All authors have read and approved the final manuscript.