

Ж.-Ф. Маньяваль, С.С. Находкин, Н.А. Барашков,
А.Б. Гурьева, П.С. Дьячковская, Д.А. Николаева,
В.И. Тимофеев, О.А. Мельничук, Э. Крюбези,
С.А. Федорова, А.Н. Алексеев

СЕРОЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗООНОЗНЫХ ИНФЕКЦИЙ В ЯКУТИИ

DOI 10.25789/YMJ.2021.75.03

УДК 619:616

В статье анализируются результаты трех исследований по сероэпидемиологии различных зоонозов, проведенных с 2007 по 2018 г. в арктической (Верхоянский район) и субарктической зонах Республики Саха (Якутия) (в Вилуйском районе и затем в Центральной Якутии). Первым открытием было выявление иммуноферментных маркеров боррелиоза (болезни Лайма), как в Вилуйском, так и в Верхоянском районах. Затем в Верхоянском районе был обнаружен значимый уровень серологических маркеров Ку-лихорадки. Серопревалентность токсокароза и трихинеллеза была достаточно низкой во всех трех исследованных районах. Эпидемиологический статус эхинококкозов, как альвеолярных, так и кистозных, должен быть выяснен в ходе дальнейших исследований по этиологии этих зоонозов, достаточно высокие показатели серопозитивности требуют в дальнейшем проведения дополнительных клинико-эпидемиологических исследований этих паразитарных инфекций в Якутии.

Ключевые слова: зоонозы, боррелиоз, токсокароз, трихинеллез, эхинококкоз, Ку-лихорадка, сероэпидемиология, Якутия.

The article analyzes the outcomes of three field surveys concerning the seroepidemiology of various zoonoses in the Sakha Republic (Yakutia). These studies were carried out from 2007 to 2018 in Arctic (Verkhoyansk area) and subarctic (Vilyuysk area then Central Yakutia) regions. The first major finding was the presence of Lyme borreliosis in both Vilyuysk and Verkhoyansk areas. Then an elevated incidence rate of Q fever was revealed in the Verkhoyansk area. The seroprevalence of toxocarosis and food-borne trichinellosis was remarkably low in the three surveyed places. Finally, the epidemiological status of echinococcoses, alveolar and cystic must be clarified in the course of further research on the etiology of these zoonoses, rather high seropositivity rates require further clinical and epidemiological studies of these parasitic infections in Yakutia.

Keywords: zoonoses, borreliosis, toxocarosis, trichinosis, echinococcosis, Q fever, seroepidemiology, Yakutia.

Введение. «Единое здоровье» (One Health) - это международная инициатива, направленная на «укрепление здоровья и благополучия людей за счет предотвращения рисков и смягчения последствий кризисных ситуаций, возникающих при взаимодействии людей, животных и окружающей среды». Согласно инициативе

One Health [1], современная концепция «Единого здоровья» включает взаимодействие между людьми, животными, растениями, паразитами, микробами и химическими загрязнителями в наземных, водных и морских экосистемах [2]. Разнообразие и многогранность экологических и культурных факторов должны быть учтены в таком подходе. Контакт с домашними животными, а также с дикой природой [3-4], считается серьезным источником болезней [5], а зоонозы представляют растущую угрозу для здоровья человека [6]. Поэтому результаты любого исследования зоонозов следует анализировать в соответствии с принципами «Единого здоровья» [7].

Растущая повсеместно потребность в ресурсах ведет к усилению антропогенного воздействия на окружающую среду, что вызывает изменения, которые особенно заметны в арктических и субарктических регионах. Это воздействие может быть локальным, например, последствия лесозаготовок, добычи полезных ископаемых, нефти и газа, или глобальным - под влиянием изменения климата. «Учитывая, что потепление в Арктике происходит примерно в два раза быстрее, чем в других местах планеты, и существует вероятность, что летом в Арктике не будет льда, что сейчас представляется неизбежным, ученые

опасаются, что начнется распространение зоонозов, угрожающее коренным народам и дикой природе региона» [8].

Республика Саха (Якутия) в Восточной Сибири является субъектом Российской Федерации. Площадь республики составляет 3 083 523 км², из которых примерно 1/3 расположена выше 60° с. ш., поэтому она относится к субарктическим или арктическим регионам. В 2004 г. с целью изучения населения Восточной Сибири была создана исследовательская группа «Саха-Французская археологическая экспедиция в Восточной Сибири», объединяющая ученых Университета Тулузы им. Поля Сабатье (Франция), Французского национального центра научных исследований (Париж) и Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова (Якутск, Россия). Впоследствии область исследований была расширена и охватила разнообразие современного населения Якутии и экологию человека. В частности, большой интерес представляли исследования по зоонозам у якутов, поскольку образ жизни якутов по-прежнему предполагает тесное взаимодействие между людьми и животными [9,10]. Более того, учитывая географическое положение Якутии, изменение климата может повлиять на пространственно-временное распре-

МАНЬЯВАЛЬ Жан-Франсуа – проф. Университета Тулузы им. П. Сабатье (Франция), jean-francois.magnaval@univ-tlse3.fr; **НАХОДКИН Сергей Сергеевич** – н.с. ИЕН СВФУ им. М.К. Аммосова; **БАРАШКОВ Николай Алексеевич** – к.б.н., зав. лаб. ЯНЦ КМП; в.н.с. ИЕН СВФУ; **ГУРЬЕВА Алла Борисовна** – д.м.н., доцент МИ СВФУ; **ДЬЯЧКОВСКАЯ Парасковья Семеновна** – к.м.н., МИ СВФУ; **НИКОЛАЕВА Дария Александровна** – PhD, ассоциирован. исследователь, Научный центр культурной истории современных обществ (CHCSC), Институт Культурных и Международных Исследований (IECI); **ТИМОФЕЕВ Владимир Иннокентьевич** – врач-невропатолог ЦРБ Вилуйского района, Президиум Общественного экологического комитета «Вилуй»; **МЕЛЬНИЧУК Ольга Алексеевна** – д.фил.н., директор ИЗФИР СВФУ; **КРЮБЕЗИ Эрик** – руковод. лаб. AMIS UMR5288, Университет Тулузы им. П.Сабатье; **ФЕДОРОВА Сардана Аркадьевна** – д.б.н., гл.н.с., зав. НИЛ ИЕН СВФУ; с.н.с. ЯНЦ КМП; **АЛЕКСЕЕВ Анатолий Николаевич** – д.ист.н., проф., науч. руковод. ИГИПМНС СО РАН.

деление инфекционных агентов зоонозов, а также их хозяев и переносчиков (если они есть) [11].

Материалы и методы исследования. Нами были проведены три исследования по эпидемиологии зоонозов в субарктической и арктической зонах Якутии: в 2007 [12], в 2012 [13] и в 2018 гг. [14]. Первое исследование было проведено в 2007 г. в г.Вилуйске, который расположен на северо-западе Республики Саха (63°45' с. ш., 121°27' в. д.; высота над уровнем моря – 105 м; население – 10 529 чел.). Второе – на севере республики в Верхоянском районе: в селах Суордах (66°40' с. ш., 131°46'16" в. д.; высота над уровнем моря – 216 м; население – 325 чел.) и Томтор (67°12'17" с. ш., 132°8'10" в.д.; высота над уровнем моря – 177 м; население – 282 чел.). Третье было проведено в 2018 г. в трех населенных пунктах Центральной Якутии: с. Маралай Чурапчинского района (61°59' с.ш. 131°55' в.д., население - 837 жителей), с. Павловск Мегино-Кангаласского (61°52' с.ш., 129°53' в.д., население - 2091 чел.) и в пос. Борогонцы Усть-Алданского районов (62° 40' с.ш., 131°08' в.д., население - 5222 жителя).

Учитывая технические ограничения, связанные с отдаленностью исследуемых районов, все исследования основывались только на серологии, т.е. на обнаружении в сыворотке крови антител против различных бактериальных, паразитарных или вирусных агентов зоонозов (таблица). При отборе добровольцев был проведен клинический осмотр, включающий следующие исследования: сбор анамнеза и выявление индивидуальных факторов риска изменения здоровья, аускультация, перкуссия, пальпация, измерения артериального давления. Кроме того, проведено анкетирование доброволь-

цев, которым были заданы вопросы о демографических, профессиональных и экологических характеристиках, а также о пищевых привычках. Для серологического анализа были взяты образцы крови 90 практически здоровых взрослых добровольцев в Вилуйске, 77 – в Суордах и Томторе и 90 – в Центральной Якутии. Для обследований в Вилуйске и Верхоянске иммунодиагностика бактериальных и паразитарных заболеваний была выполнена в отделении паразитологии и микологии клиники Университета Тулузы, а вирусных заболеваний – в Национальном центре по арбовирусам во французском Марселе. Что касается исследования в Центральной Якутии, серодиагностика трех обследованных гельминтозов была проведена в Научно-исследовательской лаборатории молекулярной биологии Института естественных наук Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова в Якутске. Серологический анализ проводился твердофазным иммуноферментным методом (ТИФА) с использованием стандартных наборов фирмы «DRG diagnostics» (Germany) на многофункциональном планшетном анализаторе Victor X5 («PerkinElmer»). Лабораторные процедуры были подробно описаны в соответствующих статьях [12-14].

Результаты и обсуждение. Показатели серопревалентности обследованных зоонозов приведены в таблице. Мы не обнаружили какой-либо значимой взаимосвязи между записанными личными или экологическими характеристиками и частотой (Ку-лихорадка) или распространенностью (другие заболевания) исследуемых зоонозов. Также не было выявлено существенных различий (согласно χ^2 или точному критерию Фишера) в

распределении положительных результатов между обследованными районами.

Серопревалентность частично (токсоплазмоз) или полностью (альвеолярный (АЭ) или кистозный (КЭ) эхинококкоз, цистицеркоз, токсокароз) почвенных зоонозов (сапрозоонозов) оказалась заметно низкой в Якутии (таблица). Это наблюдение было особенно неожиданным для КЭ (1,9%) и токсокароза (1,9%), учитывая высокую степень инфицированности *Echinococcus sp.* или *Toxocara canis* у якутских собак [15]. На очень низкий уровень передачи исследованных сапрозоонозов, несомненно, положительно повлияло сильное давление, оказываемое сибирской средой.

Климатические условия в обследованных районах представляют собой очень низкие температуры (ниже -55°C) в зимний период, примерно 320 морозных дней в году и среднегодовую температуру от -10°C в Вилуйске до -15°C в Верхоянском районе. В таком суровом климате яйца гельминтов или ооцисты *Toxoplasma gondii* быстро погибают. Однако к эхинококкозам это объяснение применимо только частично, поскольку яйца *Echinococcus sp.*, которые распространяются во влажной почве, очень устойчивы к температурам до -30°C [16]. Другая причина может заключаться в генетическом разнообразии *Echinococcus sp.* в России. Недавнее исследование показало, что преобладающим видом в Якутии, где в животноводстве в основном разводят крупный рогатый скот или лошадей, является *E. canadensis*, генотипы G6, G8 и G10 [17]. В промежуточном хозяине человеке этот вид вызывает преимущественно легочные кисты [18], которые менее детектируются серологически, чем поражение печени.

Серопревалентность различных зоонозов в Якутии

Инфекционный агент	Заболевание	Вилуйск, 2007 N=90		Верхоянский р-н, 2012 N=77		Центральная Якутия, 2018 N=90	
		%	95% ДИ	%	95% ДИ	%	95% ДИ
Бактерии <i>Borrelia burgdorferi</i> s.l, <i>Coxiella burnetii</i>	Боррелиоз (болезнь Лайма) Ку-лихорадка	3,3 нт	0,7 – 9,4	10,4 2,6	1,4 – 12,8 0,3 – 9,1	нт нт	
Паразиты <i>E. granulosus</i> <i>E. multilocularis</i> <i>Taenia solium</i> <i>Toxocara spp</i> <i>Toxoplasma gondii</i> <i>Trichinella spp</i>	Кистозный эхинококкоз Альвеолярный эхинококкоз Цистицеркоз Токсокароз Токсоплазмоз Трихинеллез	0 0 нт 4,4 8,8 4,4	0,0 – 4,0 0,0 – 4,0 1,2 – 11,0 3,9 – 16,8 1,2 – 11,0	0 1,3 0 0 5,2 0	0,0 – 4,8 0,0 – 7,0 0,0 – 4,8 0,0 – 4,8 1,4 – 12,8 0,0 – 4,8	4,4 нт нт 1,1 нт 2,2	1,2 – 11,0 0,0 – 6,0 0,3 – 7,8
Вирусы	Клещевой энцефалит	3,3	0,7 – 9,4	0	0,0 – 4,8	нт	

Примечание. % – серопревалентность, ДИ – доверительный интервал, нт – не тестирован.

Интересно, что аналогичные низкие показатели заболеваемости или серопревалентности сапрозоонозов были обнаружены в арктической или субарктической зоне Канады. Например, только 108 случаев кистозного эхинококкоза было зарегистрировано в период с 2001 по 2005 г. для всей страны [19]. Что касается токсокароза, то его серопревалентность колеблется от 0 до 10% в популяциях индейцев Кри в субарктическом районе залива Джеймс [20].

В Якутии серопревалентность трихинеллеза оказалась очень низкой (2,3%) независимо от района обследования (2,3%). Пищевой путь через употребление мяса от различных домашних или диких плотоядных, или всеядных млекопитающих является основным путем заражения этим зоонозным гельминтозом. Инфицирование людей часто происходит при употреблении мяса бурого медведя (*Ursus arctos collaris*) или белого медведя (*Ursus maritimus*), на долю которых приходилось 60,2% случаев вспышек, зарегистрированных в период между 1998 и 2002 гг. [21]. Потребление свинины было вторым основным фактором риска, за которым следовало мясо барсука (*Meles leucurus sibiricus*). В трех вышеупомянутых опросах данные анкет о пищевых привычках добровольцев показали, что мясо свинины или медведя всегда использовалось хорошо приготовленным, что, безусловно, значительно снижает риск заражения. Более того, в сельских районах Якутии люди неделями хранят дичь или мясо домашних животных вне дома в кладовых, которые не менее 8 мес. в году подвергаются воздействию низких температур. В Восточной Сибири преобладающим видом трихинелл является *T. nativa* [22]. Внутри мышц личинки *T. nativa* легко выживают при температурах от 0 до 20°C, но при более низких температурах время выживания быстро сокращается [23]. Поэтому традиционная привычка хранения мяса в холоде могла обеспечить естественную дезинфекцию.

Может ли продолжающееся глобальное потепление уменьшить этот дезинфицирующий эффект сурового сибирского климата – большой вопрос. На севере Канады инуиты стали страдать от эпидемий *Clostridium botulinum*, так как летние температуры поднялись выше чем на 4°C, что делает их традиционные методы ферментации или копчения для сохранения мяса или рыбы менее эффективными [17]. Хотя в период с 1955 по 2000 г.

среднегодовая температура в Якутии повысилась на 1,1°C [3], вероятность снижения эффективности традиционной глубокой заморозки вне жилища представляется низкой, по крайней мере в ближайшем будущем.

Результаты серологических исследований клещевых зоонозов оказались более неожиданными. Было обнаружено, что маркеры боррелиоза (болезни Лайма) присутствуют в Вилюйске (3,3%) и, что более удивительно, в Верхоянском районе (10,4%). Антитела к вирусному агенту клещевого энцефалита были обнаружены в рамках вилюйских обследований, но не были обнаружены в верхоянском исследовании. Присутствие маркеров боррелиоза в этих районах привлекло наше внимание, поскольку Северо-Восточная и Арктическая Сибирь считались свободными от этого зооноза [26]. Тем не менее предыдущее исследование, которое проводилось в сельской местности вокруг Вилюйска в 2006 г., показало, что уровень серопозитивности составляет 19,5% [27].

Эти результаты могут указывать на наличие клещей в субарктической и арктической зонах Якутии. Эти переносчики, вероятно, принадлежат к морозостойким видам *Ixodes persulcatus*. Поскольку в международной литературе не было информации об эпидемиологии клещевых зоонозов в Якутии, сделать окончательные выводы по нашим исследованиям пока невозможно.

Исследования по эпидемиологии Ку-лихорадки были проведены только в Верхоянском районе. Предпосылкой стала давняя традиция разведения скота у якутов, даже в субарктической зоне. Ку-лихорадка – это бактериальный зооноз, передача которого происходит либо непосредственно от человека к человеку воздушным путем, либо косвенно в результате контакта с молоком, мочой, калом, вагинальной слизью или спермой инфицированных животных [28]. Неудивительно, что в Верхоянском районе мы обнаружили значимый уровень заболеваемости этим бактериальным зоонозом (2,6%). Хотя ретроспективный анализ был невозможен, учитывая отсутствие какой-либо информации об истории заболеваемости инфекцией *Coxiella burnetii* в Якутии [29], вероятнее всего, Ку-лихорадка в этом районе не является новым зоонозом, скорее всего, его передача происходит регулярно.

Заключение. Что касается борре-

лиоза, не представляется возможным сделать окончательный вывод, что наличие зоонозов, передающихся клещами, в субарктической и особенно арктической зонах Якутии – это «недавно возникшее явление» или, скорее, «недавно выявленное», из-за отсутствия предыдущих исследований в этих районах. Если первая гипотеза будет в будущем подтверждена, то объяснение распространения клещей-переносчиков за пределы их нынешнего, более южного, ареала глобальным изменением климата останется верным. В любом случае, наряду с Ку-лихорадкой боррелиоз может представлять серьезную угрозу здоровью людей, живущих в субарктической или арктической зонах Якутии.

Среди исследованных зоонозов токсокароз, по-видимому, не представляет серьезной угрозы для здоровья населения в Республике Саха. Для альвеолярного или кистозного эхинококкоза результаты наших работ должны быть подтверждены исследованиями, сочетающими серологический анализ и ультразвуковую эхографию человека – промежуточного хозяина [30]. Соответствующие компоненты АЭ или КЭ должны быть выявлены путем проверки с помощью компьютерной томографии каждого субъекта, обнаружившего положительный результат с помощью ультразвуковой эхографии, и с помощью вестерн-блоттинга для подтверждения положительных результатов ELISA [31]. Эти исследования в дальнейшем также должны будут проводиться одновременно и на собаках – окончательных хозяевах. Поиск ДНК *E. granulosus* в кале может дать важную информацию для оценки путей передачи. Кроме того, должны быть проведены исследования ДНК-генотипа на этом фекальном материале, чтобы прояснить роль *E. canadensis*.

Из-за многообразия источников, путей и факторов передачи возбудителей, профилактические мероприятия зоонозных инфекций заключаются в реализации общего комплекса ветеринарно-санитарных и санитарно-гигиенических мероприятий в населенных пунктах, на животноводческих объектах и предприятиях по переработке продуктов животного происхождения, а также в проведении санитарно-просветительской работы среди населения.

Работа выполнена при финансовой поддержке ГЗ МОН № FSRG-2020-0016, гранта РФФИ-Арктика №18-05-60035/20.

Литература

1. One Health Global Network, 2012-2015. (Accessed March 12, 2019, at <http://www.onehealthglobal.net/introduction/>)
2. Dudley J.P., Hoberg E.P., Jenkins E.J., Parkinson A.J. Climate change in the North American Arctic: a One Health perspective. *Ecohealth*, 2015, Vol. 12, No 4, pp.713-725.
3. Joint WHO/ FAO Expert Committee on Zoonoses 1959. Technical report series n°169. Geneva: WHO, 1959.
4. Karesh W.B., Dobson A., Lloyd-Smith J.O., Lubroth J., Dixon M.A., Bennett M., Aldrich S., Harrington T., Formenty P., Loh E.H., Machalaba C.C., Thomas M.J., Heymann D.L. Ecology of zoonoses: natural and unnatural histories, *Lancet*, 2012, Vol. 380, No 9857, pp. 1936-1945.
5. van Doorn H.R. Emerging infectious diseases. *Medicine (Abingdon)* 2014, Vol. 42, No 1, pp. 60-66.
6. Learner M. Emerging zoonotic and vector-borne diseases pose challenges for the 21st century, *Journal of the South Carolina Medical Association*, 2013, Vol. 109, No 2, pp. 45-47.
7. Rabinowitz P.M., Kock R., Kachani M., Kunkel R., Thomas J., Gilbert J., Wallace R., Blackmore C., Wong D., Karesh W., Natterson B., Dugas R., Rubin C., Stone Mountain One Health Proof of Concept Working Group. Toward proof of concept of a one health approach to disease prediction and control, *Emerging Infectious Diseases*, 2013, Vol. 19, No 12, doi: 10.3201/eid1912.13026.
8. Dolgin E. Climate change: As the ice melts. *Nature*, 2017, Vol. 543, No 7647, pp. S54-S55.
9. Takakura H. An institutionalized human-animal relationship and the aftermath: the reproductive process of horse-bands and husbandry in Northern Yakutia, Siberia, *Human Ecology*, 2002. Vol. 30, No 1, pp. 1-19.
10. Crate, S.A. At home in Siberia In: Crate S.A., ed. *Cows, kin, and globalization. An ethnography of sustainability*. Lanham, MD, USA: Rowman & Littlefield. 2006: 1-42.
11. Naicker P.R. The impact of climate change and other factors on zoonotic diseases, *Archives of Clinical Microbiology*, 2011, Vol. 2, No 2, p.4, doi: 10.3823/226.
12. Magnaval J.F., Tolou H., Gibert M., Inno-kentiev V., Laborde M., Melnichuk O., Grandadam M., Crubézy E., Alekseev A. Seroepidemiology of nine zoonoses in Viljujsk, Republic of Sakha (Northeastern Siberia, Russian Federation), *Vector Borne and Zoonotic Diseases*, 2011, Vol. 11, No 2, pp. 157-160.
13. Magnaval J.F., Leparco-Goffart I., Gibert M., Gurieva A., Outreville J., Dyachkovskaya P., Fabre R., Fedorova S., Nikolaeva D., Dubois D., Melnichuk O., Daviaud-Fabre P., Marty M., Alekseev A., Crubezy E. A serological survey about zoonoses in the Verkhoyansk area, Northeastern Siberia (Sakha Republic, Russian Federation), *Vector Borne and Zoonotic Diseases*, 2016, Vol. 16, No 2, pp. 103-109.
14. Nakhodkin S.S., Pshennikova V.G., Dyachkovskaya P.S., Barashkov N.A., Nikanorova A.A., Teryutin F.M., Melnichuk O.A., Crubézy E., Fedorova S.A., Magnaval J-F. A serological survey of echinococcosis, toxocarosis and trichinellosis among rural inhabitants of Central Yakutia (Sakha Republic, Russian Federation), *International Journal of Circumpolar Health*, 2019. 78(1):1603550. doi:10.1080/22423982.2019.1603550.
15. Moskvina T.V., Ermolenko A.V. Helminth infections in domestic dogs from Russia, *Veterinary World*, 2016, Vol. 9, No 11, pp. 1248-1258.
16. Colli C.W., Williams J.F. Influence of temperature on the infectivity of eggs of *Echinococcus granulosus* in laboratory rodents. *Journal of Parasitology*, 1972, Vol 58 No 3, pp. 422-426.
17. Konyaev S.V., Yanagida T., Nakao M., Ingovatova G.M., Shoykhet Y.N., Bondarev A.Y., Odnokurtsev V.A., Loskutova K.S., Lukmanova G.I., Dokuchaev N.E., Spiridonov S., Alshinecky M.V., Sivkova T.N., Andreyanov O.N., Abramov S.A., Krivopalov A.V., Karpenko S.V., Lopatina N.V., Dupal T.A., Sako Y. Ito A. Genetic diversity of *Echinococcus* spp. in Russia, *Parasitology*, 2013, Vol.140, No 13, pp. 1637-1647.
18. Oksanen A., Lavikainen A. *Echinococcus canadensis* transmission in the North, *Veterinary Parasitology*, 2015, Vol. 213, No 3-4, pp. 82-186.
19. Jenkins E.J., Castrodale L.J., de Rosemond S.J., Dixon B.R., Elmore S.A., Gesy K.M., Hoberg E.P., Polley L., Schurer J.M., Simard M., Thompson R.C. Tradition and transition: parasitic zoonoses of people and animals in Alaska, northern Canada, and Greenland. *Advances in Parasitology*, 2013, Vol. 82, pp. 33-204.
20. Sampasa-Kanyinga H., Lévesque B., Anassour-Laouan-Sidi E., Côté S., Serhir B., Ward B.J., Libman M.D., Drebot M.A., Makowski K., Dimitrova K., Ndao M., Dewailly E. Zoonotic infections in communities of the James Bay Cree territory: an overview of seroprevalence, *Canadian Journal of Infectious Diseases & Medical Microbiology*, 2013, Vol. 24, No 2, pp. 79-84.
21. Ozeretskovskaya N.N., Mikhailova L.G., Sabgaida T.P., Dovgalev A.S. New trends and clinical patterns of human trichinellosis in Russia at the beginning of the XXI century, *Veterinary Parasitology*, 2005, Vol. 132, No 1-2, pp. 167-171.
22. Pozio E., Hoberg E., La Rosa G., Zarlenga D.S. Molecular taxonomy, phylogeny and biogeography of nematodes belonging to the *Trichinella* genus, *Infection Genetics and Evolution*, 2009, Vol. 9, No 4, pp. 606-616.
23. Pozio E. Adaptation of *Trichinella* spp. for survival in cold climates, *Food and Waterborne Parasitology*, 2016, Vol. 4, pp. 4-12.
24. Parkinson A.J., Evengård B. Climate change, its impact on human health in the Arctic and the public health response to threats of emerging infectious diseases, *Global Health Action*, 2009, Vol.2, doi:10.3402/gha.v2i0.2075.
25. Revich B., Chashchin V., Kharkova T., Bogoyavlesky D., Kvasha Y., Bogoyavlesky D., Tronin A., Tokarevich N., Buzinov R., Kershen-golts B., Chernyavskiy V., Nikiforov O., Repin V. Climate change impact on public health in the Russian Arctic. Moscow: United Nations in the Russian Federation, 2008 (Accessed March 10, 2019, at www.unrussia.ru/sites/default/files/doc/Arctic-eng.pdf)
26. Malkhazova S.M., Mironova V.A., Kotova T.V., Shartova N.V., Orlov D.S. Natural-focal diseases: mapping experience in Russia, *International Journal of Health Geographics*, 2014, Vol. 13, p. 21, doi: 10.1186/1476-072X-13-21.
27. Storch A., Vladimirtsev V.A., Tuman H., Wellinghausen N., Haas A., Krivoshapkin V.G., Ludolph A.C. Viljuisk encephalomyelitis in Northeastern Siberia is not caused by *Borrelia burgdorferi* infection, *Neurological Sciences*, 2008, Vol. 29, No 1, pp.11-14.
28. Eldin C. Mélenotte C. Mediannikov O. Ghigo E. Million M. Edouard S. Mege J.L. Maurin M. Raoult D. From Q fever to Coxiella burnetii infection: a paradigm change. *Clinical Microbiology Reviews*, 2017, Vol. 30, No 1, pp. 115-190.
29. Tokarevich N.K., Freilykhma O.A., Titova N.M., Zheltakova I.R., Ribakova N.A., Vorobeychikov E.V. Anthropogenic effects on changing Q fever epidemiology in Russia, *Annals of the New York Academy of Science*, 2006, Vol. 1078, No 1, pp. 120-123.
30. Brunetti E., Kern P., Vuitton D.A., Writing Panel for the WHO-IWGE. Expert consensus for the diagnosis and treatment of cystic and alveolar echinococcosis in humans, *Acta Tropica*, 2010, Vol.114, No 1, pp. 1-16.
31. Liance M., Janin V., Bresson-Hadni S., Vuitton D.A., Houin R., Piarroux R. Immunodiagnosis of *Echinococcus* infections: confirmatory testing and species differentiation by a new commercial western blot, *Journal of Clinical Microbiology*, 2000, Vol. 38, pp. 3718-3721.