

### Глобальное потепление климата, изменение ареалов переносчиков, появление видов-вселенцев и переносимых ими возбудителей болезней

Светлой памяти профессора  
Андрея Николаевича Алексеева посвящается  
In loving memory of Prof. Andrey N. Alekseev

Дубинина Е. В., кандидат биологических наук, Зоологический институт РАН, 199034, Россия, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., дом 1, e-mail: anadev@yandex.ru

**Цель обзора – выявление влияния глобального потепления климата на расселение и натурализацию видов-вселенцев за пределами естественных ареалов; оценка возможной интродукции южных видов переносчиков и переносимых ими возбудителей; прогнозирование вероятности инвазий и возникновения новых очагов трансмиссивных инфекций в связи с наблюдаемыми климатическими изменениями; выявление роли перелетных птиц в возможном угасании старых и создании новых очагов болезней человека и домашних животных; воздействие изменения ареалов переносчиков и возбудителей на развитие эпизоотических процессов по пути миграций птиц; значение миграций населения в распространении инфекционных болезней.**

**Ключевые слова:** глобальное потепление климата, переносчики, иксодовые клещи, очаги природно-очаговых болезней, ареалы.

**Введение.** Любое изменение климата имеют прежде всего экологический аспект, оказывая сильнейшее влияние на все живые организмы, включая человека. Вследствие глобального потепления в начале XXI века паразитологи столкнулись с возникающими эпидемиологическими проблемами, связанными с изменениями ареалов переносчиков, интродукцией новых видов хозяев-прокормителей и приносимых ими переносчиков со своим набором микроорганизмов. Практически все болезни человека – зоонозные инфекции, а рост риска заболевания людей в современном быстро изменяющемся мире обусловлен в немалой степени урбанизацией и техногенным загрязнением среды.

Независимо от того, является ли глобальное потепление результатом деятельности человечества, способствующей усилению парникового эффекта, или это – закономерное, периодическое изменение климата в планетарном масштабе, наблюдаемое явление – процесс, который имеет место быть и свидетелями которого мы являемся. Использование современных возможностей исследования климатических изменений биоты с помощью спутников Земли позволяет определять температуру земной поверхности и влагообеспеченность растительных сообществ, наиболее благоприятных для процвета-

ния как всего живого на земле, так, в частности, и переносчиков природно-очаговых инфекций. Параметры спутниковой климатогеографии позволяют сопоставлять накопленные экологическими данными об ареалах и численности кровососущих членистоногих-переносчиков в различных ландшафтах и прогнозировать тенденции изменения или расширения территорий их распространения и степень опасности передаваемых ими микроорганизмов [19, 27, 46].

Колебания в распространении кровососов-переносчиков и возбудителей болезней определяют следующие факторы:

- 1) климат, температура и влажность среды, доминирующие растительные сообщества, зависящие как от смены климатических условий, так и от антропогенного воздействия;
- 2) устранение условий, лимитирующих развитие переносчиков болезней на данной территории;
- 3) изменение ареалов и видового состава (или доминирования) основных прокормителей кровососов – переносчиков болезней;
- 4) интродукция животных вместе с переносчиками и возбудителями на прежде свободные от них территории;
- 5) удлинение периода активности переносчиков (прежде всего кровососущих комаров и иксо-

довых клещей) в течение сезона, проникновение и укоренение их популяций в городах;

б) занос перелетными птицами новых (или ранее не определявшихся) возбудителей болезней на территориях, ставших благоприятными для осуществления жизненных циклов переносчиков-вселенцев;

7) расширение контактов населения с природой и завоз патогенных микроорганизмов в результате миграций людей-паразитоносителей в регионы, не свободные от переносчиков.

Все эти положения легли в основу дальнейшего изложения.

**Материалы и методы.** Обзор включает собственные материалы авторов и данные литературы. Исследования проводили на северо-западе европейской части (Дания, Финляндия, Карелия, Ленинградская и Калининградская области). Клещей собирали в природе с растительности на флаг. При изучении очага клещевых инфекций на территории национального парка Куршская коса (Калининградская область, Россия) в период весеннего и осеннего пролетов птиц во время кольцевания их обследовали на наличие кровососущих клещей. Для исследования наличия и состава микроорганизмов снятых с птиц клещей фиксировали 70%-м этиловым спиртом; для специального исследования с нескольких наиболее массовых видов птиц клещей собирали живыми. Молекулярно-генетические методы были использованы для анализа микроорганизмов в клещах (ПЦР, секвенирование, RLB, Real-Time PCR). Для видовой идентификации снятых с птиц клещей использовали праймеры для всех известных в настоящее время видов иксодид (ПЦР с праймерами T1B и T2A, позволяющими амплифицировать родоспецифический ПЦР-продукт, состоящий из 360 пар нуклеотидов в гене 12S rDNA – [33]).

**Результаты и обсуждение.** Анализируя многолетние климатические данные, полученные со спутников (температуру и влажность среды, доминирующие растительные сообщества, условия, лимитирующие развитие переносчиков болезней), был сделан ряд предположений об изменениях биоты во времени. Согласно этим данным, профессора из Оксфордского университета Rogers and Randolph [47] предположили возможный сценарий развития природно-очаговых инфекций в Западной и Восточной Европе к 2020 г.

Клещевые инфекции в современных условиях выходят на первый план по их значимости для здоровья человека.

**Продвижение очагов клещевых инфекций в северо-восточном направлении.** Прежде всего, было обращено внимание на изменение аре-

ала клещей рода *Ixodes*, переносчиков **клещевого энцефалита** (КЭ), одного из самых серьезных заболеваний людей в евроазиатском регионе [26, 37]. Иксодиды приобретают все большее значение как опасные переносчики не только КЭ, но многих тяжелых заболеваний людей, как например клещевые боррелиозы, эрлихиозы, риккетсиозы и многие другие [5, 15]. На территории России и сопредельных стран они имеют особое значение в силу того, что ареалы двух основных видов-переносчиков таежного *Ixodes persulcatus* Schulze и лесного *Ixodes ricinus* (L.) клещей простираются на всей территории страны до побережья Тихого океана [28].

Подтверждение этому положению – многочисленные данные экологов и паразитологов о продвижении заболевания КЭ в высокие широты. Так, в 1999 г. на о. Борнхольм (Дания) были обнаружены клещи *I. ricinus*, зараженные вирусом КЭ, ранее там не диагностированным [5, 32]. Этот остров расположен в юго-западной части Балтийского моря, в 169 км к востоку от Копенгагена и в 35 км к юго-востоку от территории Швеции (55° с. ш., 15° в. д.). Согласно устному сообщению Р. М. Jensen (Королевский университет ветеринарии и сельского хозяйства, Копенгаген, Дания), в 2009 г. практически на всей территории Дании отмечена зараженность иксодовых клещей этим вирусом.

В Финляндии на архипелаге Коккола (300 км к югу от Северного Полярного круга) был выявлен очаг КЭ с вирусом среднесибирского типа и его переносчиком – таежным клещом *I. persulcatus* [30,38].

Имеются свидетельства о резком увеличении численности клещей рода *Ixodes* в 2016 г. в Швеции. Проф. Jan Englund (Стокгольмский университет, Швеция) обратил внимание на то, что в прежние годы в 350 км к северу от Стокгольма (61°50' с. ш., 17° в. д.) клещей вообще не наблюдали. По данным охотников (устное сообщение), от клещей очень страдают ежи и зайцы: в некоторых областях на юге Швеции численность зайцев резко сократилась, почти сошла на нет. «На одном еже, – пишет шведский натуралист Сольвейг Хагфорш на своей странице в интернете, – находят до 1000 клещей». Ежи прокармливают все фазы развития иксодес от личинок до имаго, их многочисленность на этих зверьках не удивляет [28]. Однако такое обилие клещей на одной особи отражает значительно возросшую их численность в регионе. Автор приведенного сообщения связывает этот факт с сокращением до минимума численности в последние годы жужелиц (естественных врагов клещей). Она считает это результатом

«современных методов ведения сельского хозяйства, приводящих к изменению микроклимата и нарушению структуры верхнего слоя почвы», что также отражает эффект общего потепления климата Скандинавии.

Анализ спутниковых данных над территорией Архангельской области (Россия) подсказал эпидемиологам, что следует сопоставить динамику климата с ростом активности иксодид и увеличением числа лиц, страдающих от нападения клещей [27]. В результате роста среднегодовых температур от  $-1$  в 1986 г. до  $+3^{\circ}\text{C}$  в 2008 г., число лиц, отметивших присасывание клещей, составляло 60 человек на 100 000 населения в 1990 г. и 460 – в 2008 г.

Многолетние исследования состава популяций клещей рода *Ixodes* и их зараженность клещевыми патогенами на северо-западе России выявили значительные изменения, произошедшие за последние десять лет. Лесной клещ *I. ricinus* до недавнего времени занимал большую часть территорию Республики Карелия (самая северная находка этого вида –  $63^{\circ}10'$  с. ш.); он был единственным переносчиком вируса КЭ западного типа [7, 13]. В настоящее время наблюдают сдвиг более теплолюбивой растительности на северо-восток вследствие увеличения среднегодовых температур на 4 градуса [12]. Изменения в температуре поверхности земли в Карелии сопровождаются смещением северной границы ареала таежного клеща *I. persulcatus* также на северо-восток, ростом его численности и активности [7]. Было показано, что факторами, обеспечивающими успешное развитие личинок в яйцекладке и завершение жизненного цикла таежных клещей на северной границе ареала, являются среднелетняя температура  $20^{\circ}\text{C}$  и относительная влажность не менее 87% [28]. В 2013 г. на территории Карелии была отмечена самая северная точка обнаружения *I. persulcatus* –  $63^{\circ}24'$  с. ш.,  $31^{\circ}$  в. д. – в приграничных районах Карелии и Финляндии. Предполагают, что западная граница ареала таежного клеща и заражение его КЭ может достичь побережья Ботнического залива [38].

По данным Филипповой [28], северная граница ареала таежного клеща в европейской части России проходила: на территории Карелии по 63-й параллели, лишь местами заходила выше, далее спускалась до 62-й, а в Коми АССР – до 61-й параллели. В настоящее время наблюдают продвижение ареалов многих переносчиков и возбудителей паразитарных заболеваний в высокие широты. Широкая экологическая валентность таежного клеща как вида и изменение климатической обстановки способствует значитель-

ному расширению его ареала [5]. По сравнению с уровнем 60-х годов прошлого века современная среднегодовая температура выросла на  $1,2^{\circ}\text{C}$  [12]. На севере ареала *I. persulcatus* в Ленинградской области среднегодовая температура не опускается ниже  $5,1^{\circ}\text{C}$ , что выражается в наблюдаемых 2 пиках активности имаго [17]. Фактором, определяющим такое поведение клещей, является не столько среднегодовая температура, сколько зимние ее показатели. В результате второго осеннего пика напивавшиеся нимфы успевают завершить метаморфоз в текущем году.

**Генотипическая неоднородность популяции** сопровождается смещением ареала таежного клеща в западном направлении и проявляется в особенностях распространения клещевых патогенов, прежде всего, как было показано, **возбудителей боррелиозов** [16, 23]. С течением лет, как и в течение сезона, происходит не только колебание уровня зараженности клещей боррелиями, но и изменение их видового состава, а также генотипическое его разнообразие в популяциях клещей на разных территориях [15, 16]. Выявленные различия, по всей вероятности, обуславливают гетерогенность популяций самих переносчиков. Была неоднократно показана генетическая неоднородность аллопатрических популяций видов рода *Ixodes* на северо-западе России: популяции *I. ricinus* на Куршской косе Калининградской области и популяции *I. persulcatus* в Ленинградской области [5].

Неоднородность проявляется также в доминировании различных видов возбудителей в популяции клещей в разные периоды сезона. Один из показателей – расчет средней скорости движения (т. е. частоты напользания на человека) особей, не зараженных и зараженных различными видами патогенов. Использование оригинальной методики с помощью прибора «клещедром» (автор А. Н. Алексеев [5]) и вычисления индекса двигательной активности клещей (ИДА) позволило выявить характер зараженности хозяина-переносчика на способность быть им [1]. Исследование таежных клещей из окрестностей Санкт-Петербурга, собранных в июне месяце, показало, что большую активность проявляют особи, зараженные возбудителями нейроинфекций. Так, ИДА клещей, зараженных и вирусом КЭ и возбудителем нейроборрелиоза *Borrelia garinii*, равен  $27,5$  см/мин. Данные показатели для особей со смешанной инфекцией *Borrelia afzelii* и *B. garinii* соответствуют  $24,6$  см/мин., зараженных только *B. garinii* –  $22,3$ , зараженных исключительно *B. afzelii* –  $22,0$ , а незараженных клещей –  $20,3$ . Полученные результаты свидетельствуют об особой опасности для Рос-

сии возбудителя нейроборрелиоза *B. garinii*, так как сочетание его с возбудителем другой нейроринфекции – вирусом КЭ – существенно утяжеляет течение этого заболевания. Особенно это важно в городах, где данная форма боррелиоза встречается чаще и активизируется при более высокой городской температуре внешней среды [20]. Кроме того, эти очаги активно поддерживают перелетные птицы.

**Смена хозяев и инвазия нового генотипа возбудителя** могут происходить и независимо от изменений климата и растительных сообществ и быть чисто «рукотворными». Например, восстановление очага КЭ в Крыму было осуществлено исключительно руками человека [2]. До конца 70-х гг. заболеваемость КЭ в Крыму не отмечали, а численность переносчиков вируса – клещей *I. ricinus* – восстанавливалась медленно в связи со значительным истреблением во время Второй мировой войны прокормителей – крупных копытных; популяция кабанов была полностью уничтожена. Для восстановления поголовья в Крым весной 1957 г. были завезены 34 диких кабана из Приморского края Дальнего Востока, высокоэндемичного по КЭ [2, 3]. В отсутствие ветеринарного контроля и карантина вместе с привезенными животными были доставлены и присосавшиеся к ним, несомненно, зараженные вирусом самки *I. persulcatus*. Таежные клещи не могли прижиться в теплом климате Крыма; однако кабаны, попав в лес, сразу стали прокормителями перезимовавших и обильных в это время года в горном Крыму местных клещей *I. ricinus*. При совместном питании и тех и других местный вид клещей получил из крови животных дальневосточный вирус КЭ штамм Софьин [36]. Таким образом, состоялась инвазия вируса КЭ на практически свободную от него территорию, в которой, однако, продолжал существовать чувствительный к этому возбудителю переносчик – *I. ricinus*.

Уже в 1978 г. у лесных птиц-индикаторов стали выделять антитела к вирусу КЭ в 2 раза чаще, чем у птиц из населенных пунктов ( $11,3 \pm 2,1$  и  $6,9 \pm 1,6\%$  соответственно), а в июле 1980 г. был отмечен первый заболевший – житель лесной части Крыма. В его крови были обнаружены в высоком титре антитела КЭ высоковирулентного дальневосточного штамма Софьин [10]. Этот тип вируса относится к первому генотипу в отличие от второго западноевропейского (менее вирулентного), некогда циркулировавшего в клещах горного Крыма.

В сложившейся новой системе повторился феномен, описанный В. Н. Беклемишевым (1970) как «анофелизм без малярии» [6]. В Крыму имело

место то же самое: имелся переносчик клещей рода *Ixodes* – *I. ricinus*; ранее существовавшие на территории полуострова патогенные штаммы КЭ исчезли в связи с давней антропогенной трансформацией среды и иным типом современного хозяйствования [9]. Завезенный с Дальнего Востока в 1957 г. вирус КЭ (подходящий для чувствительных иксодовых клещей) привел к восстановлению ранее исчезнувшего очага КЭ с ныне включенным в него высоковирулентным дальневосточным штаммом Софьин. Так был снова создан очаг КЭ в Крыму, демонстрирующий пути формирования паразитарных систем с новым набором возбудителей клещевых инфекций и сменой эпидемиологически важных доминант.

Многолетние исследования английских ученых по изучению влияния изменения климата на состояние переносчиков касаются как Европы (предмет особого внимания), так и других районов Палеарктики [46]. Глобальное потепление сдвигает географическую границу возможного развития переносчика КЭ, и возрастает число находок *I. persulcatus* в зонах неустойчивого для иксодид развития. На востоке России, например в Республике Саха (Якутия), много севернее ареала «разрешенного» для этого вида теплового барьера [50] он был неоднократно отмечен. Данные Центра диагностики и профилактики клещевых инфекций ФГБУ за 2007–2016 гг. (Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека СО РАМН, г. Иркутск, Россия) показывают ежегодные случаи нападения таежных клещей на людей в Якутии [11]. В 2014 г. в Нерюнгринском районе Якутии отмечено заболевание местной жительницы клещевым боррелиозом. [Диагноз был подтвержден в Центре молекулярной диагностики ЦНИИ эпидемиологии в Москве.] Пока нельзя говорить о существовании устойчивой популяции таежных клещей на данной территории, однако наблюдаемое значительное потепление может сделать Якутию эндемичным районом по клещевым инфекциям (личное сообщение проф. Г. А. Данчиновой).

**Сходные процессы влияния глобального потепления климата имеют место и в западном полушарии.** В США основной переносчик клещевых инфекций – местный эндемик черноногой клещ *Ixodes scapularis* Say (главный носитель возбудителя боррелиоза). Носителем и источником патогенных микроорганизмов является грызун – белоногий хомячок *Peromyscus leucopus* Rafinesque. Взрослые клещи, питаясь на белохвостых (виргинских) оленях *Odocoileus virginianus* Zimmermann, передавая им клещевые инфекции, создают мощный природный очаг, прежде всего

очаг бабезиоза. Значительное потепление, рост числа дней с температурой выше нуля привели к экспансии *I. scapularis* в северные широты: штаты Нью-Джерси, Висконсин [42] и другие, а также на юг Канады [43]. В штате Нью-Джерси анализ 610 взрослых клещей показал, что 8,2% заражены *Babesia microti* 45,2% – *Borrelia burgdorferi* [48]. Более того, в клещах с белохвостых оленей, воспроизводство которых на юго-востоке провинции Квебек (Канада) проводили в течение 2007–2008 г., были обнаружены, кроме *Borrelia burgdorferi sensu lato* (возбудителей болезни Лайма), и другие клещевые зоонозные инфекции: человеческий гранулоцитарный анаплазмоз (возбудитель *Anaplasma phagocytophilum*) и бабезиоз (возбудитель *Babesia microti*) [35].

История становления опасного для человека очага бабезиоза в Северной Америке очень поучительна и связана с деятельностью человека (как и восстановление очага КЭ в Крыму, упомянутое ранее). В XVII в. острова Нантакет и Мартас-Винъярд (штат Массачусетс, США) играли ведущую роль в китобойном промысле. К концу XIX столетия почти все леса на островах были сведены, а белохвостые олени истреблены на питание. С появлением новых видов топлива, керосина и нефти взамен китовому жиру, произошло нарастание лесов, а привезенные с материка белохвостые олени существенно изменили экологическое и эпидемиологическое состояние на островах. Существовавший там ранее аборигенный вид клеща *Ixodes muris* Bishopp et Smith, носитель бабезий *Bab. microti* (= *Theileria microti*) на всех фазах развития, питался только на грызунах – белохвостом хомячке *Peromyscus leucopus* – и практически не контактировал с человеком. Таким образом, очаг бабезиоза циркулировал только среди грызунов, которые не страдали от этого возбудителя. Вместе с привезенными оленями был также интродуцирован с материка американский эндемик клещ *I. scapularis*, нимфы которого нападают и могут питаться на людях. Совместное питание обоих видов *Ixodes* привело к тому, что *Bab. microti*, ранее циркулировавшая только среди местных грызунов, стала доминирующим видом клещевой природной инфекции на островах, а впоследствии и на всей материке *Ixodes scapularis* полностью вытеснил с местных грызунов *I. muris* и стал доказанным переносчиком бабезиоза. Первичные случаи заболевания людей были зафиксированы в 1969–1973 гг. Так состоялось формирование в стране мощного очага бабезиоза – олени *Odocoileus virginianus* – клещи *Ixodes scapularis* – грызуны *Peromyscus leucopus* и дальнейшее его продвижение на север вслед за про-

движением тепловых границ в высокие широты, где условия способствовали развитию личинок в яйцекладках клещей.

**В разное возбудителей инфекций по земному шару важную роль играют перелетные птицы, даже значительно большую, чем миграция населения.** Птицы, будучи резервуарами возбудителей болезней самой различной природы (вирусной, бактериальной, грибковой, протозойной), могут не страдать от этих микроорганизмов [18, 21 и целый ряд других]. Мигрирующие птицы транспортируют эктопаразитов – переносчиков возбудителей многих арбовирусов, поражающих животных и человека. В этом отношении особое значение для России имеют иксодовые клещи, ареал которых занимает почти всю территорию страны, а глобальное потепление сдвигает границы их распространения на север.

Ранее уже было отмечено, что в Финляндии на архипелаге Коккола (300 км к югу от Северного Полярного круга) был выявлен очаг КЭ с вирусом среднесибирского типа и с переносчиком – таежным клещом *I. persulcatus* [30]. Птицы с присосавшимися к ним личинками и нимфами *I. persulcatus* совершают перелет с Дальнего Востока до Скандинавии за трое суток [22, 34] – время, достаточное для полного насыщения неполовозрелых фаз дальневосточных иксодовых клещей.

Занос на север, практически к самому Северному полярному кругу, на Фарерские острова (61°26'–62°25' с. ш.) возбудителя клещевого боррелиоза *Borrelia garinii* описан в работе норвежских ученых Jaenson and Jensen [39]. По мнению авторов, нимфы *I. ricinus*, зараженные боррелиями, были принесены на острова обыкновенным зябликом *Fringilla coelebs* L., по-видимому, из Англии. Возбудитель был воспринят местным видом птицы – атлантическим тупиком *Fratercula arctica* (L.), на котором паразитирует другой иксодовый клещ *Ixodes uriae* White, нападающий также на людей. Таким образом, появление новой инфекции произошло со сменой и позвоночного хозяина (другого вида птицы), и переносчика – (другого вида иксодового клеща), получившего возбудителя при совместном питании с принесенным зараженным *I. ricinus* [36].

Проблема клещевых инфекций становится все более актуальной в связи с интенсивным заносом паразитирующих на птицах кровососущих членистоногих, ареалы которых претерпевают изменения в связи с потеплением, и возникающими благоприятными условиями выживания возбудителей на свободных территориях. Изменения, связанные прежде всего с повышением именно зимних температур, обеспечивают условия для сохра-

нения и развития многих патогенных для человека микроорганизмов. Результаты многолетних исследований авторов по изучению очага клещевых инфекций на территории национального парка Куршская коса Калининградской области [5, 34] демонстрируют те процессы, которые происходят на косе в фауне клещей-переносчиков и возбудителей инфекций под влиянием климатических изменений. Начиная с 1996 г. клещей собирали с растительности на флаг в период весеннего и осеннего пиков активности лесного клеща *I. ricinus* – единственного носителя клещевых инфекций в этом регионе. Сбор проводили в районе поселков Лесное (самом узком месте на косе), Рыбачий и полевом стационаре биологической станции «Фрингилла» – местом установки ловушек для кольцевания птиц. Данные сборы позволили составить представление об очаге клещевых инфекций на территории косы, картину доминирующих возбудителей, патогенных для человека, и провести наблюдения за их динамикой во времени.

Позднее к исследованиям возбудителей в голодных клещах из природы прибавили и исследования их в клещах, снятых с птиц во время их миграции через косу (2000–2001 и 2008–2010 гг.) [4]. Птицы несут и прокармливают исключительно нимф и личинок иксодовых клещей. Сборы клещей с воробьиных птиц-наземников (питающихся на земле) в период весенних и осенних пролетов проводил сотрудник биостанции А. П. Шаповал [34]. Определение видовой принадлежности снятых с птиц клещей и клещевых патогенов в них проводили молекулярно-генетическими методами, упомянутыми в главе «Материал и методики». Проведенные исследования позволили проследить происходившие в регионе изменения как в фауне клещей, приносимых птицами, так и клещевых патогенов в них.

В клещах с обследованных видов дроздов рода *Turdus* был обнаружен вирус КЭ и во время весеннего пролета, и осеннего их возвращения с севера из Скандинавии. До недавнего времени вирус выделяли из самих птиц или из клещей, собранных с растительности [51]. Находки его в клещах *I. ricinus*, снятых с птиц, подчеркивают значительную роль птиц в сохранении и поддержании прочных очагов КЭ, что проявилось в данных роста заражения вирусом КЭ голодных, собранных с растительности клещей: с 0,7% в 1998 г. до 11,5% в 2005 г. [40].

Однако зараженность клещей боррелиями демонстрирует иную картину. На Куршской косе в клещах встречаются все патогенные для человека виды боррелии: *Borrelia afzelii* – возбудитель атро-

фирующего акродерматита, *Borrelia garinii* – возбудитель нейроборрелиоза, *Borrelia burgdorferi sensu stricto* – возбудитель собственно болезни Лайма. Последний, по нашим данным, на территории северо-запада России не встречается самостоятельно, только совместно с другими клещевыми патогенами. Кроме того, *Borrelia lusitaniae* (впервые была обнаружена в Португалии) и *Borrelia valaisiana* были также выделены не только из *I. ricinus* на Куршской косе, но и из *I. persulcatus* в Ленинградской области [31, 36]. На косе весной 1998 г. 369 имаго *I. ricinus*, собранные с растительности, в 3% случаев были заражены всеми тремя видами возбудителей рода *Borrelia*, тогда как в сентябре 570 клещей в 18,8% случаев были носителями только одного вида – *B. garinii*. Такие же данные были получены в 2000 г. в клещах, снятых с птиц: два вида *Borrelia burgdorferi sensu lato* были выделены в 23 случаях с птиц, летящих весной на север, и только один вид – *B. garinii* – был встречен во всех клещах, собранных с птиц осенью. Подобные результаты были получены и Ольсен с соавторами [44] при исследовании птиц на миграционных маршрутах в Скандинавии на островах Готланд (Швеция) и Христиансо (Дания). Можно предположить, что клещевые возбудители в птицах, возвращающихся с севера, имеют иное, скандинавское происхождение, как по числу случаев заражения (3% к 18,8%), так и в связи с тем, что вид *B. garinii* характерен в основном для более теплого городского климата [20].

Проводимые на Куршской косе многолетние исследования позволили выявить флуктуацию состава клещевых патогенов во времени. Снижение зараженности боррелиями имаго клещей, собранных с растительности, наблюдали еще в 1998 г. Число зараженных боррелиями неполовозрелых клещей, снятых с птиц весной, составляло 92,98% в 2000 г. и 40,6% в 2008 г. Были выявлены также и новые для данного региона патогенные микроорганизмы, принесенные птицами: простейшие *Babesia venatorum* и риккетсии рода *Rickettsia*. Работы последних лет (2008–2010 гг.) позволяют констатировать не только снижение зараженности боррелиями клещей, собранных с птиц, но и возросшую встречаемость и распространение в клещах других внутриклеточных бактерий – риккетсий, приносимых с юга России, до недавнего времени не встречавшихся так далеко на севере. В 2008 г. были обнаружены *Rickettsia helvetica* и *Rickettsia monacensis*; весной 2009 г. из клещей, снятых со скворца *Sturnus vulgaris* L., выделен экзотический для северо-запада России вид – *Rickettsia japonica*. Более того, весной 2009 г. собранные с птиц два новых для фауны косы вида

клещей [*Hyalomma marginatum marginatum* Koch и *Ixodes (Trichotoxoides) frontalis* (Panzer)] были заражены *Rickettsia aeschlimannii* [49].

Инвазия новых видов клещевых патогенов связана, по-видимому, не только с зараженностью клещей *I. ricinus* при питании их на перелетных птицах-наземниках, но и с заносом птицами новых видов кровососущих иксодид, не свойственных таким высоким широтам, как Куршская коса (55°09' с. ш. 20°51' в. д.). Именно смягчение климата способствовало продвижению ареалов южных кровососущих клещей на север. Обнаружение *H. m. marginatum* и *I. frontalis* на Куршской косе в 2008 г. не должно удивлять, поскольку ранее в 2005 г. эти виды уже были обнаружены также на территории Финляндии [41].

Средиземноморский вид *H. m. marginatum* (единственный вид этого рода в Европе) встречается на территории современной России в Ростовской области, Ставропольском крае, в Предкавказье, Поволжье и ряде других южных регионов бывшего СССР [29]. Таким образом, северная граница ареала *H. m. marginatum* простирается не далее 45° с. ш. [14]. Вид был собран с черного дрозда *Turdus merula* L. По данным кольцевания большинство дроздов, летящих через Куршскую косу, зимуют в юго-западной Европе. Взрослые клещи питаются на диких копытных животных и на скоте; в 5% случаев их встречают присосавшимися к людям. *Hyalomma m. marginatum* относится к экологически пластичному виду; особенности развития делают этот вид опасным из-за возможной акклиматизации зараженных клещей при заносе его птицами и возможного формирования новых очагов клещевых инфекций.

Все фазы развития обнаруженного *I. frontalis* питаются и разносятся исключительно птицами; в России его находили в Предкавказье и Ставропольском крае. Согласно Колонину [14], границы ареала *I. frontalis*, по-видимому, в связи со смягчением климата, «сдвигаются на северо-запад и северо-восток и расширяются в долготном направлении». Клещи этого вида были найдены в колониях ласточек-береговушек в глубине Англии, наряду с другими видами клещей рода *Ixodes* [45]. Также на одном из островов (маяк Lagskar) Архипелагового моря (юго-запад Финляндии 59°50' с. ш. 19°55' в. д.) *I. frontalis* был снят с убитого лесного конька *Anthus trivialis* (L.) [41]. Авторы находки пишут о случайном его заносе с пролетными птицами, зимовавшими в Африке.

Питание и развитие личинок и нимф двухозяинного клеща *H. marginatum* проходит на птицах, кормящихся на земле, зайцах и ежах, может продолжаться до 12–26 дней. Такой длительный

срок насыщения присосавшихся неполовозрелых фаз на пролетных птицах позволяет осуществлять перенос клещей на сотни и даже тысячи километров. Пик активности взрослых клещей приходится на наиболее жаркую часть сезона, но на животных они могут встречаться практически на протяжении всего сезона своей активности.

Взрослые клещи *H. marginatum marginatum* – основные переносчики вируса геморрагической лихорадки Крым-Конго (ККГЛ) [24]; личинки и нимфы прокармливаются преимущественно на врановых птицах семейства *Corvidae*, основных резервуарах этого вируса [25]. Бутенко и Ларичев [8] отмечали, что вирус ККГЛ и заболеваемость данным типом лихорадки продвигаются в связи с потеплением климата на север со скоростью 10–60 км в год. Высокая биологическая пластичность этого вида, а также одновременная встреча и этого вида, и *I. frontalis* на тех же птицах во время весеннего пролета над территорией косы требуют особого внимания. В периоды вспышки ККГЛ в Ставропольском крае оба этих вида клещей находили главным образом во влажных лесах, иногда в колониях грачей, известных как резервуары данного вируса [25]. Личинки *I. frontalis*, питаясь на грачах совместно с линяющими на птице клещами *H. m. marginatum*, могут получить от них возбудителей, а нимфы *I. frontalis*, сменив птицу-прокормителя, могут оказаться донором патогена ККГЛ для доминирующего на Куршской косе вида *I. ricinus* при их совместном питании [36]. Такой путь обмена не исключен, а круг птиц, прокормителей *I. frontalis*, очень широк, включая дроздов *Turdus merula*, с которых на косе были сняты как личинки и нимфы *I. frontalis*, так и личинка *H. m. marginatum*.

В связи с глобальным потеплением возможность акклиматизации обнаруженных пластичных видов *H. m. marginatum* и *I. frontalis* (ареал которого заметно расширяется) нельзя исключить, как и возможное превращение случайного заноса этих переносчиков в состоявшуюся инвазию. Вероятность такого сценария, однако, не велика: данные кольцевания черных дроздов указывают на то, что в большинстве случаев они летят с юго-запада Европы.

**Заключение.** Судя по приведенным данным, сдвиг границ ареалов КЭ и боррелиозов к северу обусловлен изменениями структуры растительных покровов и увеличением сухости у южных границ ареалов переносчиков. Также границы разрешенного развития переносчика КЭ в горных районах сдвигаются вверх, и его очаги встречаются на большей высоте. Наблюдается наступление более теплолюбивого *I. ricinus* с преобладанием у него

видов боррелий, либо расширение симпатричных территорий, а также оттеснение *I. persulcatus*, более опасного переносчика клещевых инфекций, на северо-восток. Рост температур увеличивает время активности клещей и нападения зараженных особей на человека. Однако сдвиг ареала на северо-восток, в слабо населенные районы России, и продвижение в том же направлении лесного клеща *I. ricinus* – носителя менее опасных патогенов (прежде всего штаммов КЭ) можно считать некоторым положительным фактором в ситуации по клещевым инфекциям [3, 5].

Пример наблюдаемой динамики фауны клещевых патогенов, приносимых птицами на Куршскую косу, и выявленного изменения их состава требует внимательного отношения эпидемиологов к возможному формированию в регионах новых очагов и смене эпидемических доминант как результату возможной инвазии новых переносчиков болезней человека и вместе с ними – новых возбудителей.

Таким образом, фундаментальные исследования паразитарных систем, в частности системы «перелетные птицы – транспортируемые ими клещи-переносчики – патогенные микроорганизмы», имеют не только чисто теоретическое, но и важное прикладное значение, благодаря обнаружению новых возбудителей болезней в регионах и раннему прогнозированию возможности появления новых очагов особо опасных инфекций.

Одну из своих работ Андрей Николаевич [3] заключил так: «Ни комарам, ни мошкам, ни москитам, ни тем более клещам не грозит попадание в Красную книгу ни при каких обстоятельствах. Следовательно, исследования, посвященные кровососущим членистоногим – переносчикам возбудителей болезней человека и животных, продолжают оставаться чрезвычайно актуальными. Это – единственный путь к ограничению вредного (с точки зрения Homo sapiens) их воздействия».

#### Список использованной литературы References

- 1. Алексеев А. Н.** Состав «паразитокосмоса» беспозвоночного хозяина и его значение для передачи возбудителей трансмиссивных инфекций. Паразитологический сборник. 1989; 36. 5-20. [Alekseev A. N. Composition of invertebrate host «parasitocosmos» and its importance for transmission of transmissible infections agents. Parasitologicheskii Sbornik. 1989; 36. 5-20] [in Russian].
- 2. Алексеев А. Н.** Система клещ-возбудитель и ее эмерджентные свойства. СПб: ЗИН РАН, 1993. 204 с. [Alekseev, A. N. Tick-tick-borne pathogen

system and its emergent qualities. St. Petersburg: Zoological Institute RAS. 204 pp]. [in Russian].

- 3. Алексеев А. Н.** Кровососущие членистоногие в паразитарной системе. Механизмы защиты и агрессии переносчиков возбудителей болезней. СПб. 2008. 56 с. [Alekseev A. N. Krovososuscie chlenistonogie v parazitarnoy sisteme. Mekhanizmy zascity i agressii perenoschikov vozbuditeley bolezney. St. Petersburg. 2008. 56 pp] [in Russian].

- 4. Алексеев А. Н., Дубинина Е. В., Ефремова Г. А. и другие.** Распространение клещевых инфекций как функция системы «клещи-перелетные птицы-возбудители болезней». Современные проблемы инфекционной патологии человека. Сборник научных трудов. Вып. 2. Минск: «ФУАинформ». 2009. 31–36. [Alekseev A. N., Dubinina H. V., Efremova G. A. et al. Rasprostranenie klescevykh infektsiy kak funktsiya sistemy «klesci–pereletnye ptitsy–vozbuditeli bolezney». Sovremennye problemy infektsionnoy patologii cheloveka. Sbornik nauchnykh trudov. T. 2. Minsk: «FY Ainform». 2009. 31-36] [in Russian].

- 5. Алексеев А. Н., Дубинина Е. В., Юшкова О. В.** Функционирование паразитарной системы «клещ-возбудитель» в условиях антропогенного пресса. Санкт-Петербург. 2008. 147 с. [Alekseev A. N., Dubinina H. V., Jushkova O. V. Functioning of the «tick–pathogens» parasitic system under the influence of increasing anthropogenic pressing. St. Petersburg. 2008. 147 p.] [in Russian].

- 6. Беклемишев В. Н.** Биоценологические основы сравнительной паразитологии. М.: Наука. 1970. 502 с. [Beklemishev V. N. Biotsenoticheskie osnovy sravnitel'noy parasitologii. Moskva: Nauka. 1970. 5002 p.] [in Russian].

- 7. Беспятова Л. А., Бугмырин С. В.** Распространение и численность *Ixodes persulcatus* и *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) на территории Карелии. Международная конференция «Фундаментальные и прикладные аспекты изучения паразитических членистоногих в XXI веке» памяти члена-корреспондента РАН Ю.С. Балашова. Россия, С.-Петербург, 21–25 октября 2013 г. СПб: Галаника. 2013. С. 34–35. [Bespyatova L. A., Bugmyrin S. V.. Distribution and population density of *Ixodes persulcatus* and *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) na territorii Karelii. Mezhdunarodnaya konferentsiya «Fundamental'nye i prikladnye aspect izucheniya paraziticheskikh chlenistonogikh v XXI veke» pamyati chlena-korrespondenta RAN Ya.S. Balashova. Rossiya, St. Petersburg, 21–25 oktyabrya 2013. Materialy konferentsii. St. Petersburg: Galanika. 2013. 34-35] [in Russian, English summary].

- 8. Бутенко А. М., Ларичев В. Ф.** Влияние климата на активность и распространение оча-



гов Крымской геморрагической лихорадки (КГЛ) в северной части ареала вируса КГЛ. Изменение климата и здоровье населения России в XXI веке. М.: АдамантЪ. 2004. 134–138. [Butenko A. M., Larichev V. F. Vliyanie klimata na aktivnost' i rasprostranenie ochagov Crimea hemorrhagic fever (CHF) v severnoy chasti areala virusa CHF. Izmenenie klimata i zdorov'e naseleniya Rossii v XXI veke. Moskva: Adamant. 2004. 134–138, 255] [in Russian].

**9. Воронцова Т. А.** Зональная динамика эпидемического проявления природных очагов болезней человека. Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. М. 1990. 40 с. [Vorontsova T. A. Zonal'naya dinamika epidemicheskogo proyavleniya prirodnykh ochagov bolezney cheloveka. Avtoreferat dissertatsii ... d-tora medetinskikh nauk. Moskva. 1990. 40 p.] [in Russian].

**10. Вотяков В. И., Злобин В. И., Мишаева Н. П.** Клещевые энцефалиты Евразии: вопросы экологии, молекулярной эпидемиологии, нозологии, эволюции. Новосибирск: Наука. 2002. 438 с. [Votyakov V. I., Zlobin V. I., Mishayeva N. P. Tick-borne encephalitis of Eurasia: voprosy ecology, molecular epidemiology, nosology, evolution. Novosibirsk: Nauka. 2002. 438 p.] [in Russian].

**11. Данчинова Г. А., Ляпунов А. В., Хаснатинов М. А. и др.** Эколого-географическая характеристика обрацаемости людей, пострадавших от укусов клещей в Иркутской области и за ее пределами. Сибирский медицинский журнал. 2012; 4. 64–67. [Danchinova G. A., Lyapunov A. V., Khasnatinov M. A. et al. Ekologo-geograficheskaya kharakteristika obrascaemosti lyudey, postradavshikh ot ukusov klescey v Irkutskoy oblasti i za ee predelami. Sibirskiy meditsinskiy zhurnal. 2012; 4. 64–67] [in Russian].

**12. Даценко Н. М., Монин А. С., Берестов А. А. и др.** О колебаниях глобального климата за последние 150 лет. Доклады АН. 2004. Т. 399; 2. 253–256. [Datsenko N. M., Monin A. S., Berestov A. A. et al. O kolebaniyakh global'nogo klimata za poslednie 150 let // Doklady Aca [in Russian].

**13. Карганова Г. Г.** Клещи как фактор микроэволюции вируса клещевого энцефалита. Материалы IV Всероссийского Съезда Паразитологического общества при Российской академии наук «Паразитология в XXI веке – проблемы, методы, решения». Т. 2. СПб. 2008. 23–27. [Karganova G. G. Tick as a factor of microevolution of tick-borne encephalitis virus. Materialy IV Vserossiyskogo S'ezda Parazitologicheskogo obschestva pri Rossiyskoy akademii nauk «Parazitologiya v XXI veke – problemy, metody, resheniya». Т. 2. St. Petersburg. 2008. 23–27] [in Russian].

**14. Колонин Г. В.** Мировое распространение иксодовых клещей. М. 2009. www.kolonin.org [Kolonin G. V. Mirovye rasprostranenie ixodovykh klescey. Moskva. 2009].

**15. Коренберг Э. И.** Эволюция инфекционных болезней в России в XX веке. М.: Медицина, 2006. 376–386. [Korenberg E. I. Evolyutsiya infekzionnykh bolezney v XX veke. Moskva: Meditsina. 2006. 376–386] [in Russian].

**16. Коренберг Э. И., Горелова Н. Б., Ковалевский Ю. В.** Основные черты природной очаговости иксодовых клещевых боррелиозов в России. Паразитология. 2002; 36 (3). 177–191. [Korenberg E. I., Gorelova N. B., Kovalevskii Yu V. Main features of natural focality of ixodid tick-borne borrelioses in Russia. Parazitologiya. 2002; 36 (3). 177–191] [in Russian].

**17. Лобзин Ю. В., Козлов С. С.** Изменение климата как один из факторов, определяющих расширение спектра паразитарных болезней в России. Окружающая среда и здоровье человека. Вестник Российской военно-медицинской академии. 2008; 3. Приложение 2. Часть 1. 23–24. [Lobzin Yu. V., Kozlov S. S. Izmenenie klimata kak odin iz faktorov, opredelyayuscikh rasshirenie spectra parazitarnykh bolezney v Rossii. Okruzhayusaya sreda i zdorov'e cheloveka. Vestnik voenno-meditsinskoy akademii. 2008; 3. Prilozhenie 2. Chast' 1. 23–24] [in Russian].

**18. Львов Д. К., Ильичев В. Д.** Миграции птиц и перенос возбудителей инфекций. М.: Наука, 1979. 270 с. [L'vov D. K., Il'ichev V. D. Migratsii ptits i perenos vozбудiteley infekzii. Moskva: Nauka. 1979. 270 p.] [in Russian].

**19. Медведев С. Г., Тронин А. А., Айбулатов С. В.** Информационная система по распространению иксодовых клещей и кровососущих насекомых. Материалы IV Всероссийского Съезда Паразитологического общества при Российской академии наук «Паразитология в XXI веке – проблемы, методы, решения». Т. 2. СПб. 2008. 188–192. [Medvedev S. G., Tronin A. A., Aibulatov S. V. The information analytical system on the distribution of ticks and blood-sucking insects. Materialy IV Vserossiyskogo S'ezda Parazitologicheskogo obschestva pri Rossiyskoy akademii nauk «Parazitologiya v XXI veke – problemy, metody, resheniya». Т. 2. St. Petersburg. 2008. 188–192] [in Russian].

**20. Мовилэ А.** Генетическое разнообразие иксодовых клещей *Ixodes ricinus* (L.) и трансмиссивных микроорганизмов в очагах Республики Молдова. Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Кишинэу. 2008. 25 с. [Movila A. Geneticheskoe raznoobrazie ixodovykh klescey *Ixodes ricinus* (L.) i transmissivnykh

mikroorganizmov v ochagakh Respubliki Moldova. Avtoreferat dissertatsii ... doktora biologicheskikh nauk. Kishineu. 2008. 25 p.] [in Russian].

**21. Павловский Е. Н., Токаревич К. Н.** Птицы и инфекционная патология человека. Ленинградское отделение: Медицина. 1966. 227 с. [Pavlovskiy E. N., Tokarevich K. N. Ptitsy i infektsionnaya patologiya cheloveka. Leningradskoe otделение: Meditsina. 1966. 227 p.] [in Russian].

**22. Паевский В. А.** Демография птиц. Л.: Наука. 1985. 285 с. [Paevskiy V. A. Demografiya ptits. Leningrad: Nauka. 1985. 285 p.] [in Russian].

**23. Семенов А. В., Алексеев А. Н., Дубинина Е. В. и др.** Выявление генотипической неоднородности популяции *Ixodes persulcatus* Schulze (Acari: Ixodidae) Северо-запада России и особенности распределения клещевых патогенов – возбудителей болезни Лайма и эрлихиозов в различных генотипах). Медицинская паразитология. Москва. 2001; 3. 11–15. [Semenov A. V., Alekseev A. N., Dubinina H. V. et al. Detection of genotypical heterogeneity of *Ixodes persulcatus* Schulze (Acari: Ixodidae) population in the north-west region of Russia and specific features of the distribution of tick-borne pathogens and Ehrlichia infections in different genotypes. Meditsinskaya parazitologiya. Moscow. 2001; 3. 11–15 [in Russian].

**24. Смирнова С. Е.** Крымская-Конго геморрагическая лихорадка. М.: АТиСО. 2007. 304 с. [Smirnova S. E. Krymshaya-Kongo gemoragicheskaya likhoradka. Moskva: ATISO. 2007. 304 p.] [in Russian].

25. Тохов Ю.М. Фаунистический комплекс Ixodidae Ставропольского края. Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Москва. 2009. 46 с. [Tokhov YuM. Faunisticheskie komplekсы Ixodidae Stavropol'skogo kraya. Avtoreferat dissertatsii... doktora biologicheskikh nauk. Moskva. 2009. 46 p.] [in Russian].

**26. Тронин А. А.** Инфекции, передающиеся иксодовыми клещами, в Северо-западном федеральном округе России. Аналитический обзор. СПб.: Феникс. 2008. 120 с. [Tronin A. A. Infekzii, peredayusciesya ixodovymi kleshchami, v Severo-zapadnom federal'nom okruge Rossii. Analiticheskiy obzor. St. Petersburg: Feniks. 2008. 120 p.] [in Russian].

**27. Тронин А., Токаревич Н., Бузинов Р.** Изменение климата и число пострадавших от нападения клещей в Архангельской области. Влияние глобальных климатических изменений на здоровье населения российской Арктики. Москва: Представительство ООН в Российской Федерации. 2008. 28 с. [Tronin A., Tokarevich N., Buzinov R. Izmenenie klimata i chislo postradavshikh

ot napadeniya klescey v Arkhangel'skoy oblasti. Vliyanie global'nykh klimaticheskikh izmeneniy na zdorov'e naseleniya rossiyskoy Arktiki. Moskva: Predstavitel'stvo OON v Rossiyskoy Federatsii. 2008. 28 p.] [in Russian].

**28. Филиппова Н. А.** Таежный клещ *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae). Л.: Наука. 1985. 416 с. [Filippova N. A. Tazhnyy klesh *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae). Leningrad: Nauka. 1985. 416 p.] [in Russian].

**29. Филиппова Н. А.** Иксодовые клещи подсем. Amblyomminae. (Фауна России и сопредельных стран). СПб: Наука. 1997; IV (5). 436 с. [Filippova NA. Ixodovye klesci podsem. Amblyomminae. (Fauna Rossii i sopredel'nykh stran). St. Petersburg: Nauka. 1997; IV (5). 436 p.] [in Russian].

**30. Alekseev A. N., Dubinina H. V., Jääskeläinen A. E., Vapalahti O., Vaheri A.** First report on tick-borne pathogens and exoskeleton anomalies in *Ixodes persulcatus* Schulze ticks (Acari: Ixodidae) collected in Kokkola coastal region, Finland. Int. J. Acarol. 2007; 33 (3). 253–258.

**31. Alekseev A. N., Dubinina H. V., Semenov A. V., Bolshakov C. V.** Evidence of ehrlichiosis agents found in ticks (Acari: Ixodidae) collected from migratory birds. J. Med. Entomol. 2001; 38 (4). 471–474.

32. Alekseev AN, Jensen PM, Dubinina HV et al. Peculiarities of behaviour of taiga (*Ixodes persulcatus*) and sheep (*Ixodes ricinus*) ticks (Acarina: Ixodidae) determined by different methods. Folia parasitol. 2000; 47 (2). 147–153.

**33. Beati L, Keirans J. E.** Analysis of the systematic relationships among ticks of the genera *Rhipicephalus* and *Boophilus* (Acari: Ixodidae) based on mitochondrial 12S ribosomal DNA gene sequences and morphological characters. J. Parasitol. 2001; 87 (1). 32–48.

**34. Bolshakov C. V., Shapoval A. P., Leoke D. Yu., Zelenova N. P.** Results of bird trapping and ringing by the Biological Station "Rybachy" on the Courish Spit in 2013. Avian Ecology and Behaviour. 2014; 25. 27–60.

**35. Bouchard C., Leighton P. A., Beauchamp G. et al.** Harvested white-tailed deer as sentinel hosts for early establishing *Ixodes scapularis* populations and risk from vector-borne zoonoses in southeastern Canada. J. Med. Entomol. 2013; 50 (2). 384–393.

**36. Dubinina H. V., Alekseev A. N.** The role of migratory passerine birds in pathogen exchange between cofeeding *Ixodes ricinus* ticks (Acarina, Ixodidae). Acarina. 2003; 11 (1) 99–104.

**37. Hay S. I., Tatem A. J., Graham A. J., Goetz S. J., Rogers D. J.** Global environmental data for mapping infectious disease distribution. Advances in Parasitology. 2006; 62. 37–77.

**38. Jääskeläinen A. E., Sironen T., Murueva G. B. et al.** Tick-borne encephalitis virus in ticks in Finland, Russian Karelia, and Buryatia. *Journal of General Virology*. 2010; 91. 2706–2712.

**39. Jaenson T. J. T., Jensen J. K.** Records of ticks (Acari, Ixodidae) from the Faroe Islands. *Norw. J. Entomol.* 2007; 54. 11–15.

**40. Kozlovskaya L. I., Alekseev A. N., Dubinina H. V. et al.** The risk of infections transmitted by *Ixodes ricinus* on the territories under heavy anthropogenic pressure. XI Intern Jena Symposium on tick-borne diseases in Weimar (IJSTD-XI 2009). 2009. 98E ([http://www.tbd-symposium.com/Pages\\_public](http://www.tbd-symposium.com/Pages_public))

**41. Laakkonen J., Terhivuo J., Huhtamo E. et al.** First report of *Ixodes frontalis* (Acari: Ixodidae) in Finland, an example of foreign tick species transported by a migratory bird. *Memoranda Soc. Fauna Flora Fennica*. 2009; 85. 16–19.

**42. Lee Xia, Hardy K., Johnson D. H., Paskewitz S. M.** Hunter-Killed deer surveillance to assess changes in the prevalence and distribution of *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) in Wisconsin. *J. Med. Entomol.* 2013; 50 (3). 632–639.

**43. Ogden N. H., Maarouf A., Barker I. K. et al.** Climate change and the potential for range expansion of the Lyme disease vector *Ixodes scapularis* in Canada // *Intern. J. Parasitol.* 2006; 36 (1). 63–70.

**44. Olsén B., Jaenson T. G. T., Bergström S.** Prevalence of *Borrelia burgdorferi sensu lato* – infected ticks on migrating birds // *App. Environ. Microbiol.* 1995; 61. 3082–3087.

**45. Pietzsch M. E., Mitchell R., Jameson L. J. et al.** Preliminary evaluation of exotic tick species and exotic pathogens imported on migratory birds into the British Isles. *Vet. Parasitol.* 2008; 155. 328–332.

**46. Randolph S. E., Rogers D. J.** Tick-borne disease systems: mapping geographic and phylogenetic space. *Advances in Parasitology*. 2006; 62. 263–291.

**47. Rogers D. J., Randolph S. E.** Climate change and vector-borne diseases // *Advances in Parasitology*. 2006; 62. 345–381.

**48. Schulze T. L., Jordan R. A., Healy S. P., Roegner V. E.** Detection of *Babesia microti* and *Borrelia burgdorferi* in host-seeking *Ixodes scapularis* (Acari, Ixodidae) in Monmouth county, New Jersey. *J. Med. Entomol.* 2013; 50 (2). 379–383.

**49. Shpynov S., Rudakov N., Tohkov Y. et al.** Detection of *Rickettsia aeschlimannii* in *Hyalomma marginatum* ticks in Western Russia. *Clin Microbiol Infect.* 2009; 15 (2). 315–316.

**50. Uspensky I., Garruto R. M., Goldfarb L.** The taiga tick *Ixodes persulcatus* (Acari, Ixodidae) in the

Sakha Republic (Yakutia) of Russia: distributional and reproductive ranges. *J. Med. Entomol.* 2003; 40 (1). 119–122.

**51. Waldenström J., Lundkvist A., Falk K. I. et al.** Migrating birds and tick-borne encephalitis. *Emerg. Infect. Dis.* 2007; 13. 1215–1218.

#### Global climate warming, changing distribution of vectors, expansion of invading species and pathogens associated with them

*H. Dubinina, Candidate of Science, Leading Research Associate of Zoological Institute Russian Academy of Sciences, St.-Petersburg; e-mail: anadev@yandex.ru*

The review aims to: identify the effect of global climate warming on the expansion of invading species and their naturalization outside natural distribution areas; assess possible expansion of southern vector species and pathogens associated with them; forecast the probability of the emergence of new transmissible infections' foci due to climate changes; reveal the role of migratory birds in the possible extinction of old and the emergence of new foci of human infections and infections of domestic animals; assess the effect of changing distribution of vectors and pathogens on the development of epizootic processes along the migratory routes of birds; assess the importance of human migrations for the distribution of transmissible diseases.

Key words: global climate warming, introduction, tick-borne pathogens, *Ixodes* tick, viruses, natural infection foci, area