

## УЯЗВИМОСТЬ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ОТНОШЕНИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПЕРЕНОСЧИКОВ ИКСОДОВЫХ КЛЕЩЕВЫХ БОРЕЛЛИОЗОВ И КЛЕЩЕВОГО ЭНЦЕФАЛИТА В УСЛОВИЯХ ПРЕДПОЛАГАЕМОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

В.В. Ясюкевич<sup>1),2)\*</sup>, И.О. Попов<sup>1)</sup>, С.Н. Туткина<sup>1)</sup>, Н.В. Ясюкевич

<sup>1)</sup> Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А.Израэля,  
Россия, 107258, г. Москва, ул. Глебовская, д. 20Б; \*v1959@yandex.ru

<sup>2)</sup> Институт географии РАН,  
Россия, 109017, г. Москва, Старомонетный пер., д. 29

**Реферат.** Изменение ареала *Ixodes persulcatus* в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP4.5 на протяжении XXI века будет выражаться сокращением в западной части за пределами России и расширением на севере ЕТР и севере и востоке АТР. Изменения в соответствии со сценарием экстремального антропогенного воздействия RCP8.5 будут принципиально теми же, но более выраженными. Изменение ареала *Ixodes ricinus* в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP4.5 характеризуется отсутствием тенденции к сокращению. Расширение ареала будет происходить в северном и восточном направлениях в основном на ЕТР. Возникнут климатические предпосылки для его укоренения на юге Западной Сибири, Дальнем Востоке и Камчатке. Изменения в соответствии со сценарием экстремального антропогенного воздействия RCP8.5 также будут более выражены.

Количество субъектов РФ, где предполагается расширение ареала, для *Ix. ricinus* существенно больше, чем для *Ix. persulcatus*. Но это не зависит от повышенной чувствительности первого вида к изменению климата, а связано с особенностями административного деления и площади субъектов на Европейской и Азиатской Частях России. Изменения ареала *Ix. ricinus* происходят в значительной мере на территории ЕТР. Ареал *Ix. persulcatus* будет расширяться преимущественно на территории АТР. Площади же Европейских субъектов РФ значительно меньше, чем Азиатских, вследствие чего равноценные изменения на ЕТР охватывают больше административных единиц, чем на АТР.

Воздействие предполагаемого изменения климата в периоды 2011-2030 гг. и 2034-2053 гг. для RCP4.5 или 2028-2047 гг. для RCP8.5 в соответствии с обоими сценариями на возможное распространение исследуемых объектов мало отличается. Это связано с тем, что основные климатические характеристики,

использовавшиеся для моделирования ареалов – среднемесячная температура января, сумма активных температур, годовая сумма осадков – в соответствии с рассматриваемыми сценариями за эти периоды практически одинаковы. Различия проявляются в период 2041-2060 гг. и достигают максимума в период 2080-2099 гг.

Предполагаемые климатические предпосылки к расширению ареала могут быть в существенно большей мере реализованы *Ix. persulcatus*, чем *Ix. ricinus*. Это связано с тем, что в первом случае происходит расширение сплошного ареала. Во втором происходит образование разорванного климатически обусловленного ареала. Заселение пригодных по климатическим параметрам, но значительно удаленных от основной части ареала территорий для организмов, не способных к активным миграциям, представляется маловероятным. Поэтому, заселения Приморья и Камчатки *Ix. ricinus* в ближайшем будущем не прогнозируется.

**Ключевые слова.** *Ixodes persulcatus*, *Ixodes ricinus*, изменение климата, ареал, клещевой энцефалит, иксодовые клещевые боррелиозы, Российская Федерация.

## THE VULNERABILITY OF SUBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION IN RELATION TO THE DISTRIBUTION OF THE MAIN VECTORS OF IXODES TICK-BORNE BORELLIOSIS AND TICK-BORNE ENCEPHALITIS IN THE EXPECTED CLIMATE CHANGE

V.V. Yasjukevich <sup>1),2)</sup>\*, I.O. Popov <sup>1)</sup>, S.N. Titkina <sup>1)</sup>, N.V. Yasjukevich

<sup>1)</sup>Institute of Global Climate and Ecology of Roshydromet and RAS, 20B, Glebovskaya str., 107258, Moscow, Russia; \*v1959@yandex.ru

<sup>2)</sup>Institute of Geography of RAS, 29, Staromonetny lane, 109017, Moscow, Russia

**Abstract.** The change of area *Ixodes persulcatus* in accordance with the scenario of moderate anthropogenic impact on the climate system of the Earth RCP4.5 into the XXI<sup>st</sup> century will be expressed by a reduction in the Western part outside of Russia and expansion in the North of European parts of Russia and the North and East the Asian parts of Russia. Changes in accordance with the scenario of anthropogenic impact extreme RCP8.5 are fundamentally the same, but more pronounced. The change of area *Ixodes ricinus* in accordance with the scenario of moderate anthropogenic impact on the climate system of the Earth RCP4.5 is characterized by the absence of the downward trend. Range expansion will occur in the Northern and Eastern directions mainly in the EPR. There climatic conditions for its establishment in the South of Western Siberia, the Far East and Kamchatka. Changes in accordance with the scenario of anthropogenic impact extreme RCP8.5 will also be more pronounced.

The number of subjects of the Russian Federation, which is expected to range expansion for *Ix. ricinus* significantly more than that of *Ix. persulcatus*. But it does not depend on sensitivity of the first species to climate change, and associated with the peculiarities of administrative division and square actors on the European and Asian parts of Russia. Changes in the area *Ix. ricinus* occur largely on site ETP. The Area *Ix. persulcatus* will expand primarily within the Asia Pacific region. The square the European subjects of the Russian Federation is much less than Asian, with the consequence that an equivalent change in the EPR leads to more administrative units than in the Asia Pacific region.

The impact of the anticipated climate changes in the periods 2011-2030 and 2034-2053 years for RCP4.5 or 2028-2047 for RCP8.5 under both scenarios for the possible spread of the studied objects is a little different. This is due to the fact that the main climatic characteristics used for the modeling of habitats, average January temperature, sum of active temperature, sum of annual precipitation under scenarios for these periods are almost identical. The differences are in the period 2041-2060 and peaked in the period 2080-2099.

Anticipated climate prerequisites for the expansion of the range can be much more actively implemented *Ix. persulcatus* than *Ix. ricinus*. This is because in the first case, there is a continuous extension of the range. In the second the formation of broken climate-driven range. The colonization of the suitable climatic parameters, but considerably removed from the main part of the habitat for organisms that are not capable of active migration, it seems unlikely. Therefore, settlement of the Primorye and Kamchatka *Ix. ricinus* in the near future is not expected.

**Keywords.** *Ixodes persulcatus*, *Ixodes ricinus*, climate change, range, tick-borne encephalitis, ixodes tick-borne borelliosis, Russian Federation.

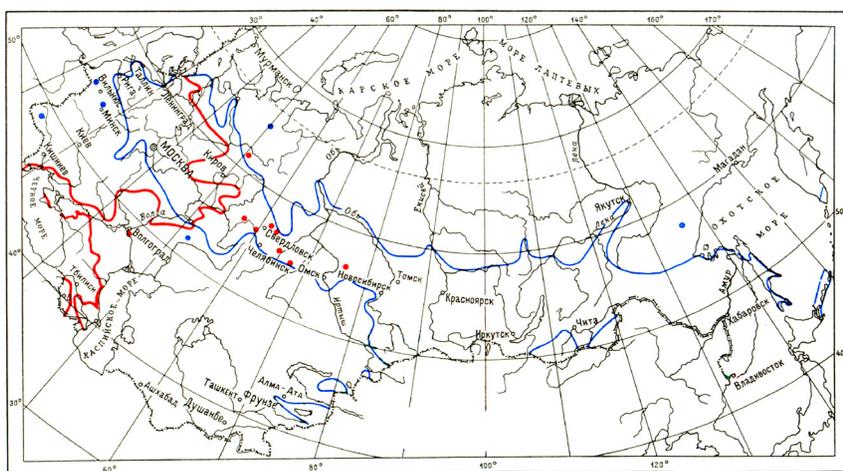
## Введение

Ранее мы неоднократно обращались к проблеме клещевого энцефалита и иксодовых клещевых бореллиозов и распространения их основных на территории России переносчиков – *Ixodes persulcatus* Schulze, 1930 (таежный клещ) и *Ixodes ricinus* Linnaeus, 1758 (европейский лесной клещ). Нами на основе анализа литературных данных были выбраны климатические предикторы (климатические факторы, определяющие формирование ареала) и произведено построение модельных ареалов в условиях наблюдаемого климата. Наилучшими оказались следующие комбинации предикторов. Для *I. ricinus* – сумма активных температур 1400°C, превышающих 10°C; среднемесячная изотерма января -14°C. Для *I. persulcatus* – сумма температур 1400°C, превышающих 10°C и среднемесячная изотерма января -4°C. Минимально необходимая годовая сумма осадков 400 мм. Таким образом, зона симпатрии этих видов переносчиков находится между среднемесячными изотермами января -4°C на западе и -14°C на востоке. Биоценологическим ограничивающим фактором является граница лесной и лесостепной зоны. Как оказалось, модельные ареалы, построенные исходя из этих предпосылок, удовлетворительно

---

сочетаются с эмпирическими данными (рис. 1, 2, 3) (Ясюкевич и др., 2009, 2013; Попов, 2016).

Далее нами были рассмотрены возможные изменения ареалов клещей, связанные с предполагаемыми изменениями климата на территории России в будущем (Попов и др., 2013). В этой работе анализ касался территории России в целом, не рассматривая подробно изменения в конкретных субъектах Федерации. Показано, что, как при наблюдаемых, так и предполагаемых изменениях климата, в отношении *I. persulcatus* будет происходить сокращение ареала в западной его части и расширение в северном и восточном направлениях, в основном на Азиатской территории России (АТР). Тенденции к сокращению ареала *I. ricinus* не выявлено. Ареал этого вида будет расширяться в северном и восточном направлениях, первоначально преимущественно на Европейской территории России (ЕТР). Создадутся также климатические предпосылки для укоренения его на Дальнем Востоке.

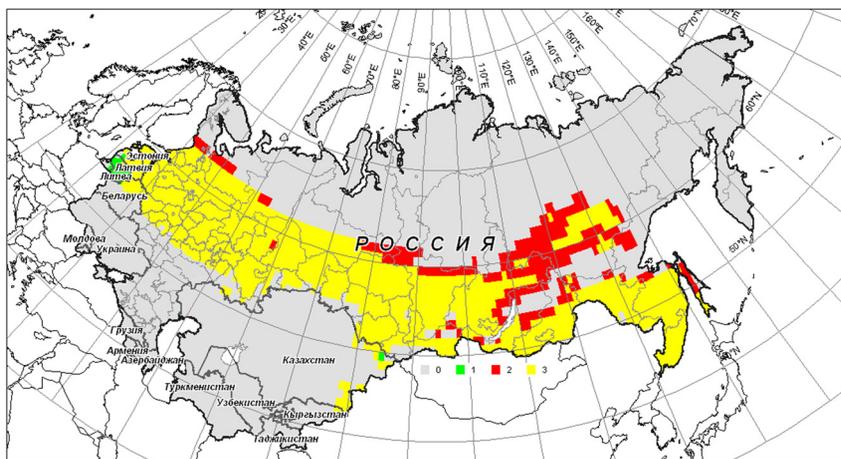


**Рисунок 1.** Ареалы иксодовых клещей *I. ricinus* и *I. persulcatus* на территории Российской Федерации и стран ближнего зарубежья (по: Таежный клещ..., 1985, с изменениями)  
Обозначения: красная линия – ареал *I. ricinus*, синяя линия – ареал *I. persulcatus*. Точками обозначены отдельные находки

Нами также были выполнены оценки уязвимости здоровья населения Российской Федерации в отношении некоторых инфекционных и трансмиссивных заболеваний в региональном аспекте для начала XXI века по фактическим данным (Ясюкевич и др., 2016). В этой работе в качестве критерия уязвимости выбрано превышение заболеваемости населения (показатель заболеваемости – количество заболевших в пересчете на 100 тыс. населения) по отношению к средней по Российской Федерации в 5 (округлено) и более раз.

Показано, что существенное и стабильное превышение среднего по РФ уровня заболеваемости клещевым энцефалитом за период 1992-2015 гг. зарегистрировано, в первую очередь, в Томской области, Красноярском крае, Республиках Алтай, Тыва, Хакасия, затем в Удмуртской Республике, Республике Бурятия, Тюменской области. В частности, в Томской области в 2000, 2007 и 2013 гг. показатель заболеваемости превысил средний по России уро-

вень в 10.02, 13.5 и 9.61 раза соответственно. В 2016 г. изменения региональной уязвимости не произошло. В целом по РФ заболеваемость несколько снизилась, с 1.6 в 2015 г. до 1.39 в 2016 г. В 2017 г. (по август включительно) в РФ было зарегистрировано 1612 случаев клещевого энцефалита (показатель заболеваемости 1.1).



**Рисунок 2.** Потенциальное климатообусловленное изменение ареала *I. persulcatus* на территории России, стран СНГ и Балтии за период 1981-2010 гг. по сравнению с периодом 1951-1980 гг.

Обозначения: 0 – переносчик отсутствует; 1 – сокращение ареала; 2 – расширение ареала; 3 – переносчик присутствовал как в 1951-1980 гг., так и в 1981-2010 гг. (Ясюкевич и др., 2013)



**Рисунок 3.** Потенциальное климатообусловленное изменение ареала *I. ricinus* на территории России, стран СНГ и Балтии за период 1981-2010 гг. по сравнению с периодом 1951-1980 гг.

Обозначения: как на рис. 2, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено (Ясюкевич и др., 2013)

Наиболее неблагоприятная эпидемиологическая обстановка в отношении иксодовых клещевых боррелиозов за период 1994-2015 гг. сложилась на территории Кировской, Томской, Костромской, Ярославской, Вологодской областей и Усть-Ордынского Бурятского Автономного Округа. Наибольшее

превышение среднего по России уровня заболеваемости отмечено на территории Усть-Ордынского Бурятского Автономного Округа в 2000 и 2007 гг. – в 15.4 и 11.3 раза соответственно. В 2016 г. изменения региональной уязвимости не произошло, в целом по РФ заболеваемость снизилась с 4.6 в 2015 г. до 4.17 в 2016 г. В 2017 г. (по август включительно) в РФ было зарегистрировано 4778 случаев иксодовых клещевых боррелиозов (показатель заболеваемости 3.26).

Этиология и динамика заболеваемости в отношении клещевого энцефалита и иксодовых клещевых боррелиозов подробно рассмотрена нами ранее (Ясюкевич и др., 2013, 2016).

Настоящая статья посвящена выявлению субъектов Российской Федерации, на территории которых предполагается изменение модельных климатических ареалов рассматриваемых переносчиков. Расширение ареала свидетельствует об увеличении уязвимости населения, проживающего на данной территории.

**Методические вопросы**, связанные с использованием климатической базы и моделированием ареалов, подробно рассмотрены в монографии С.М. Семенова (Семенов и др., 2006). Построение карт производилось с помощью программного пакета MapInfo Professional, Версия 9.5.1.

## Результаты и обсуждение

Оценка предполагаемых изменений ареалов на протяжении XXI века основывается на моделях, рассчитанных Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (ГГО) по параметрам будущего климата, полученным осреднением результатов вычислений по ансамблю из 31 МОЦАО (Моделей Общей Циркуляции Атмосферы и Океана), которые участвуют в проекте сравнения глобальных климатических моделей CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project – Phase 5) и использующих современные сценарии антропогенного возмущающего воздействия на климатическую систему Земли семейства RCP (Representative Concentration Pathways): сценарий умеренного воздействия RCP4.5 и сценарий экстремального воздействия RCP8.5, подробно представленные в разделе 3 Второго оценочного доклада (Второй оценочный доклад ..., 2014). Оценки получены для следующих временных периодов в сравнении с базовым периодом 1981-2000 гг. (s1):

- s2 – 2011-2030 гг.
- s3 – 2034-2053 гг. для RCP4.5 или 2028-2047 гг. для RCP8.5 (переход глобального интеграла через 2°C)
- s4 – 2041-2060 гг.
- s5 – 2080-2099 гг.

Вначале мы рассмотрим предполагаемые изменения в соответствии со сценарием RCP4.5, а затем RCP8.5. На картах цифрами обозначены коды субъектов РФ (табл. 1), территории которых стали более уязвимыми в отношении распространения переносчиков клещевого энцефалита и иксодовых клещевых боррелиозов – клещей *Ixodes persulcatus* и *Ixodes ricinus*. Иными словами, где происходит расширение их ареалов. Некоторые номера пропущены, так

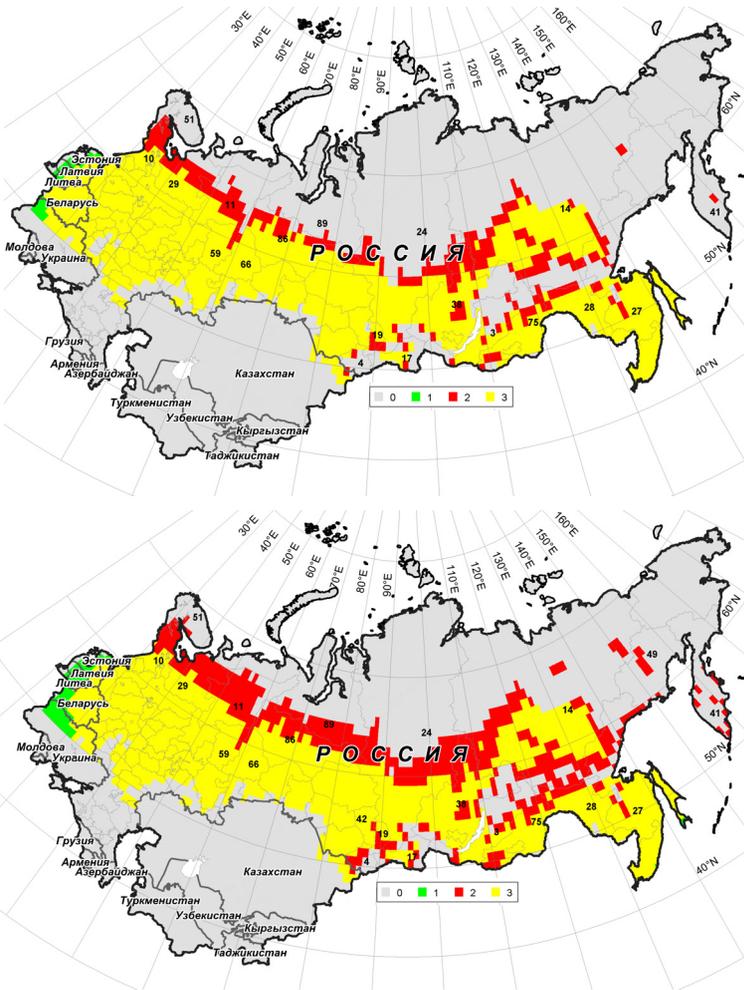
как административное деление РФ изменилось и ранее самостоятельные субъекты вошли в Забайкальский, Камчатский, Красноярский и Пермский края (подробности на сайте <http://www.hramy.ru/regions/regfull.htm>).

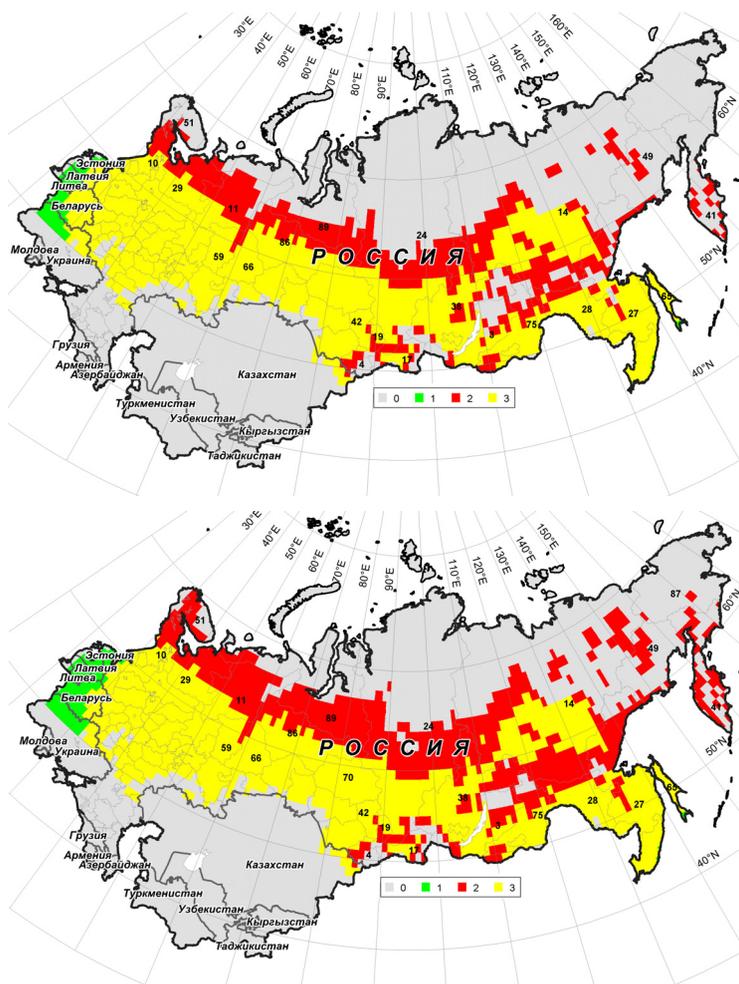
Таблица 1. Названия и коды субъектов РФ

Код субъекта РФ	Название	Код субъекта РФ	Название
1	2	3	4
1	Республика Адыгея	45	Курганская область
2	Республика Башкортостан	46	Курская область
3	Республика Бурятия	47	Ленинградская область
4	Республика Алтай	48	Липецкая область
5	Республика Дагестан	49	Магаданская область
6	Республика Ингушетия	50	Московская область
7	Кабардино-Балкарская Республика	51	Мурманская область
8	Республика Калмыкия	52	Нижегородская область
9	Карачаево-Черкесская Республика	53	Новгородская область
10	Республика Карелия	54	Новосибирская область
11	Республика Коми	55	Омская область
12	Республика Марий Эл	56	Оренбургская область
13	Республика Мордовия	57	Орловская область
14	Республика Саха (Якутия)	58	Пензенская область
15	Республика Северная Осетия-Алания	59	Пермский край
16	Республика Татарстан	60	Псковская область
17	Республика Тыва	61	Ростовская область
18	Удмуртская Республика	62	Рязанская область
19	Республика Хакасия	63	Самарская область
21	Чувашская республика	64	Саратовская область
22	Алтайский край	65	Сахалинская область
23	Краснодарский край	66	Свердловская область
24	Красноярский край	67	Смоленская область
25	Приморский край	68	Тамбовская область
26	Ставропольский край	69	Тверская область
27	Хабаровский край	70	Томская область
28	Амурская область	71	Тульская область
29	Архангельская область	72	Тюменская область
30	Астраханская область	73	Ульяновская область
31	Белгородская область	74	Челябинская область
32	Брянская область	75	Забайкальский край
33	Владимирская область	76	Ярославская область

1	2	3	4
34	Волгоградская область	77	г. Москва
35	Вологодская область	78	г. Санкт-Петербург
36	Воронежская область	79	Еврейская автономная область
37	Ивановская область	83	Ненецкий автономный округ
38	Иркутская область	86	Ханты-Мансийский автономный округ
39	Калининградская область	87	Чукотский автономный округ
40	Калужская область	89	Ямало-Ненецкий автономный округ
41	Камчатский край	91	г. Севастополь
42	Кемеровская область	92	Республика Крым
43	Кировская область	95	Чеченская Республика
44	Костромская область		

На рис. 4 представлено изменение ареала *Ix. persulcatus* в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP4.5.





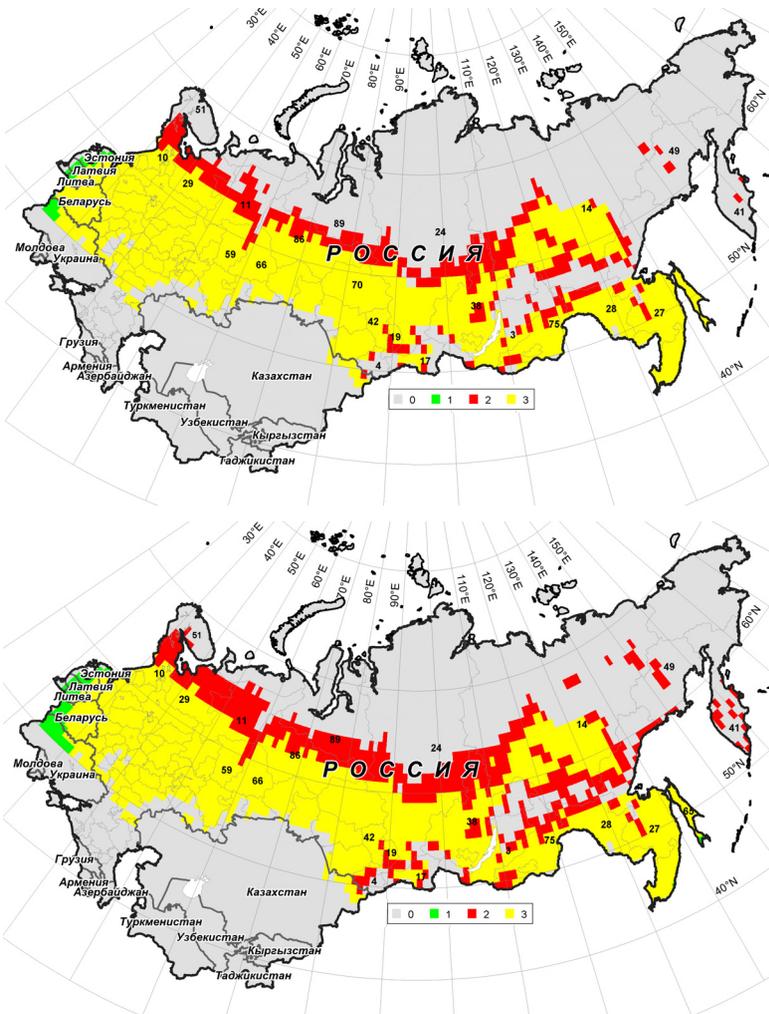
**Рисунок 4.** Изменение ареала *Ix. persulcatus* в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP4.5 а) для периода s2 (2011-2030 гг.), б) для периода s3 (2034-2053 гг. (переход глобального интеграла через 2°C)), в) для периода s4 (2041-2060 гг.), г) для периода s5 (2080-2099 гг.)  
Обозначения: как на рис. 2

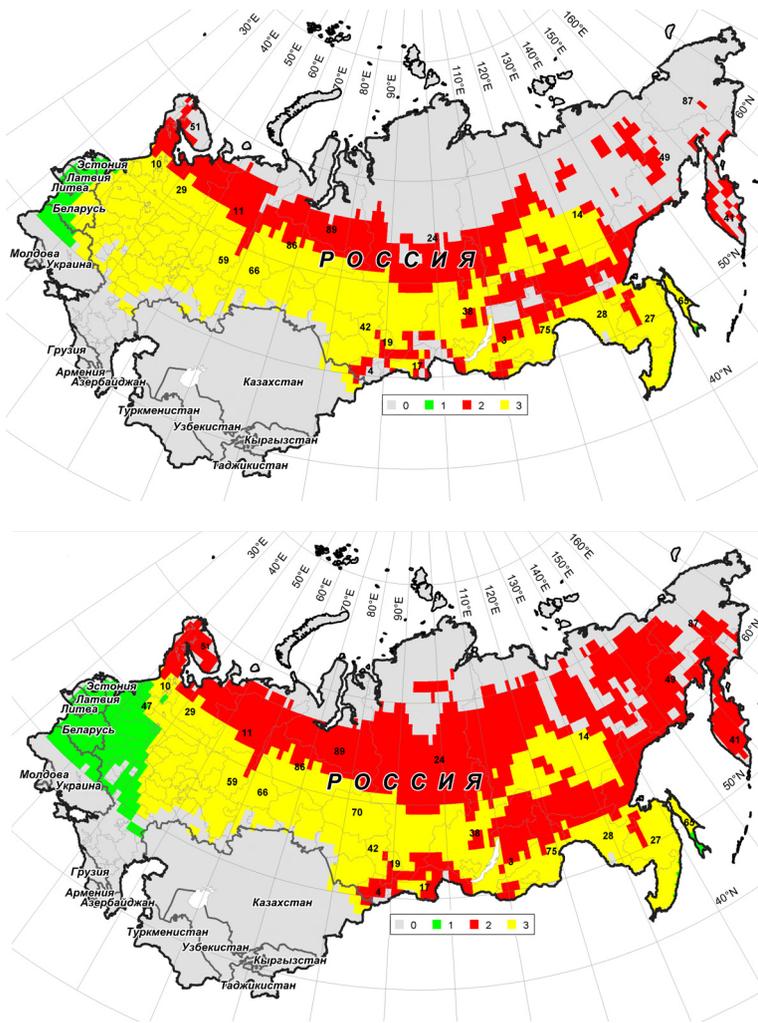
Как следует из рисунка, сокращение ареала предполагается в западной части за пределами территории России. Динамика предполагаемого расширения ареала *Ix. persulcatus* на протяжении XXI века по субъектам РФ отражена в табл. 2. Для того чтобы не загромождать текст однообразными перечислениями, в этой и следующих таблицах мы приводим только коды субъектов РФ, расшифровка которых дана в табл. 1.

На рис. 5 представлено изменение ареала *Ix. persulcatus* в соответствии со сценарием экстремального антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP8.5.

**Таблица 2.** Расширение ареала *Ix. persulcatus* на протяжении XXI века по территории субъектов РФ в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP4.5

Период RCP4.5	Количество субъектов РФ, где предполагается расширение ареала	Субъекты РФ, где предполагается наиболее значительное расширение ареала	
		ЕТР	АТР
s2	19	11, 29	14, 24
s3	21	11, 29, 51	14, 24, 89
s4	22	11, 29, 51	14, 24, 89
s5	24	11, 29, 51	14, 24, 89





**Рисунок 5.** Изменение ареала *Ix. persulcatus* в соответствии со сценарием экстремального антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP8.5  
 а) для периода s2 (2011-2030 гг.), б) для периода s3 (2028-2047 гг. (переход глобального интеграла через 2°C)), в) для периода s4 (2041-2060 гг.), г) для периода s5 (2080-2099 гг.)  
 Обозначения: как на рис. 2

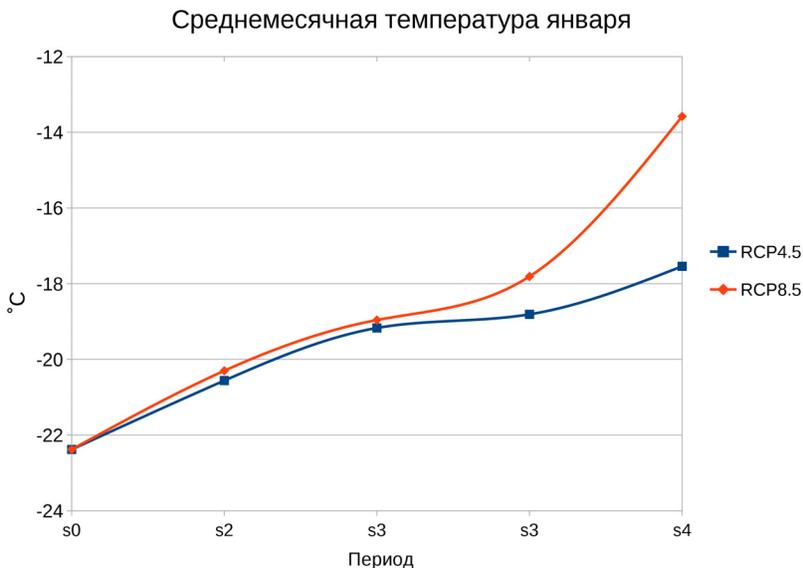
Как следует из рис. 5, в периоды s2, s3 и s4 сокращение ареала предположительно также будет происходить на территории государств, граничащих с Россией с запада. В период s5 сокращение будет происходить и на Европейской Территории России. Так, *Ix. persulcatus* исчезнет в Московской области и областях к западу и северо-западу от нее, а также в более южных от нее областях в пределах лесной зоны. Создадутся климатические предпосылки к существенному расширению *Ix. persulcatus* в Камчатском крае и появлению его в Магаданской области. Последнее имеет уже экспериментальное подтверждение. Этот вид обнаружен в г. Магадане и его окрестностях (Докучаев, 2015).

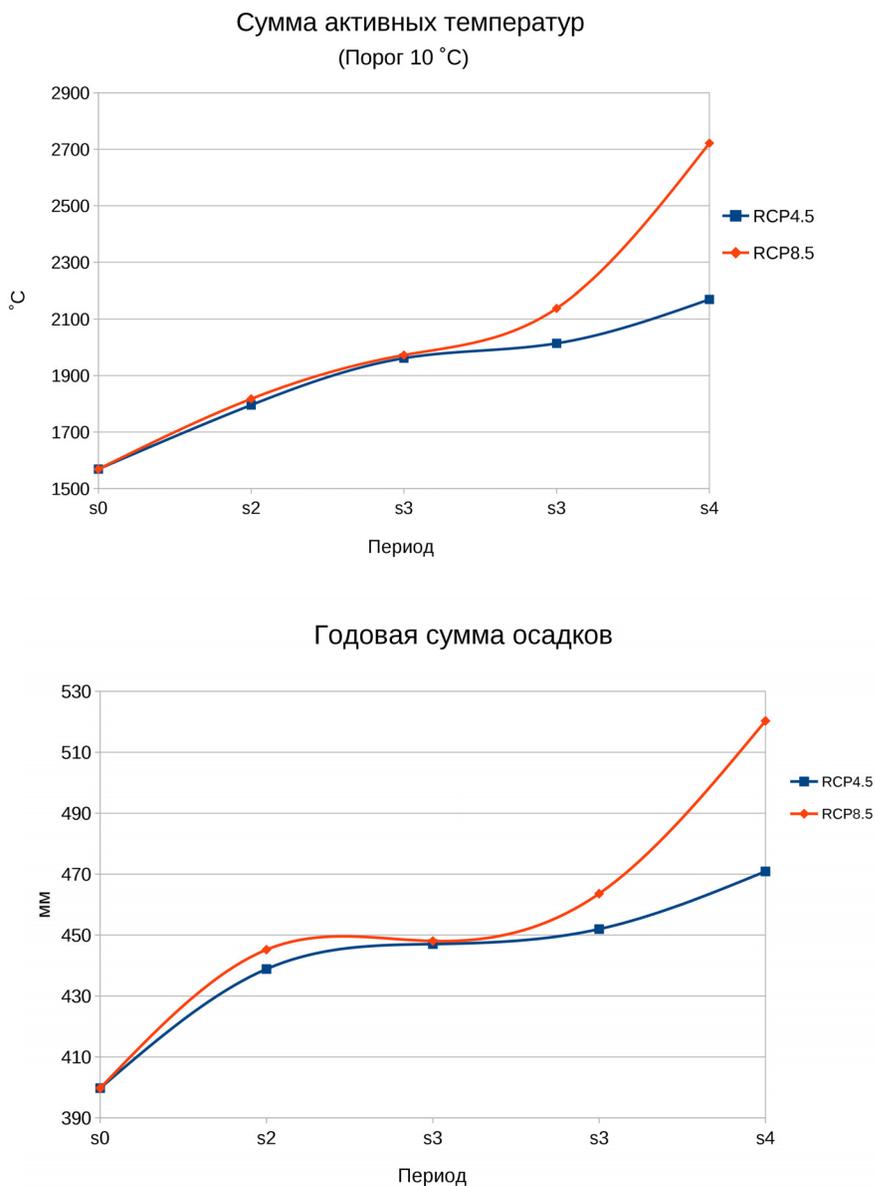
Динамика предполагаемого расширения ареала *Ix. persulcatus* на протяжении XXI века в соответствии со сценарием RCP8.5 отражена в табл. 3.

**Таблица 3.** Расширение ареала *Ix. persulcatus* на протяжении XXI века по территории субъектов РФ в соответствии со сценарием экстремального антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP8.5

Период RCP8.5	Количество субъектов РФ, где предполагается расширение ареала	Субъекты РФ, где предполагается наиболее значительное расширение ареала	
		ЕТР	АТР
s2	22	11, 29, 51	14, 24
s3	22	11, 29, 51	4, 14, 24, 89
s4	23	11, 29, 51	4, 14, 24, 41, 49, 89
s5	24	10, 11, 29, 51	4, 14, 17, 24, 41, 49, 87, 89

Визуально картосхемы за периоды s2 и s3, рассчитанные в соответствии со сценариями RCP4.5 и RCP8.5 (рис. 4а,б и рис. 5а,б), отличаются лишь мелкими деталями. Это связано с тем, что основные климатические характеристики, использовавшиеся нами для моделирования ареалов – среднемесячная температура января, сумма активных температур, годовая сумма осадков – в соответствии с рассматриваемыми сценариями за эти периоды практически одинаковы. Различия проявляются в период s4 и достигают максимума в период s5 (рис. 6.) Точки на оси абсцисс соответствуют центрам двадцатилетних периодов s1 - s5. Значения по оси ординат – двадцатилетнее скользящее среднее. Пространственное осреднение проводилось по территории России и стран ближнего зарубежья.





**Рисунок 6.** Ожидаемые изменения климатических параметров в течение XXI века, соответствующие изменениям среднемоделного климата для ансамбля из 31 модели общей циркуляции атмосферы и океана семейства СМIP5 на территории России и стран ближнего зарубежья при двух сценариях антропогенного воздействия на климатическую систему Земли – RCP4.5 и RCP8.5

*а) среднемесячная температура января, б) сумма активных температур, в) годовая сумма осадков (Попов, 2016)*

Аналогичным образом на рис. 7 представлено изменение ареала *Ix. ricinus* в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP4.5.





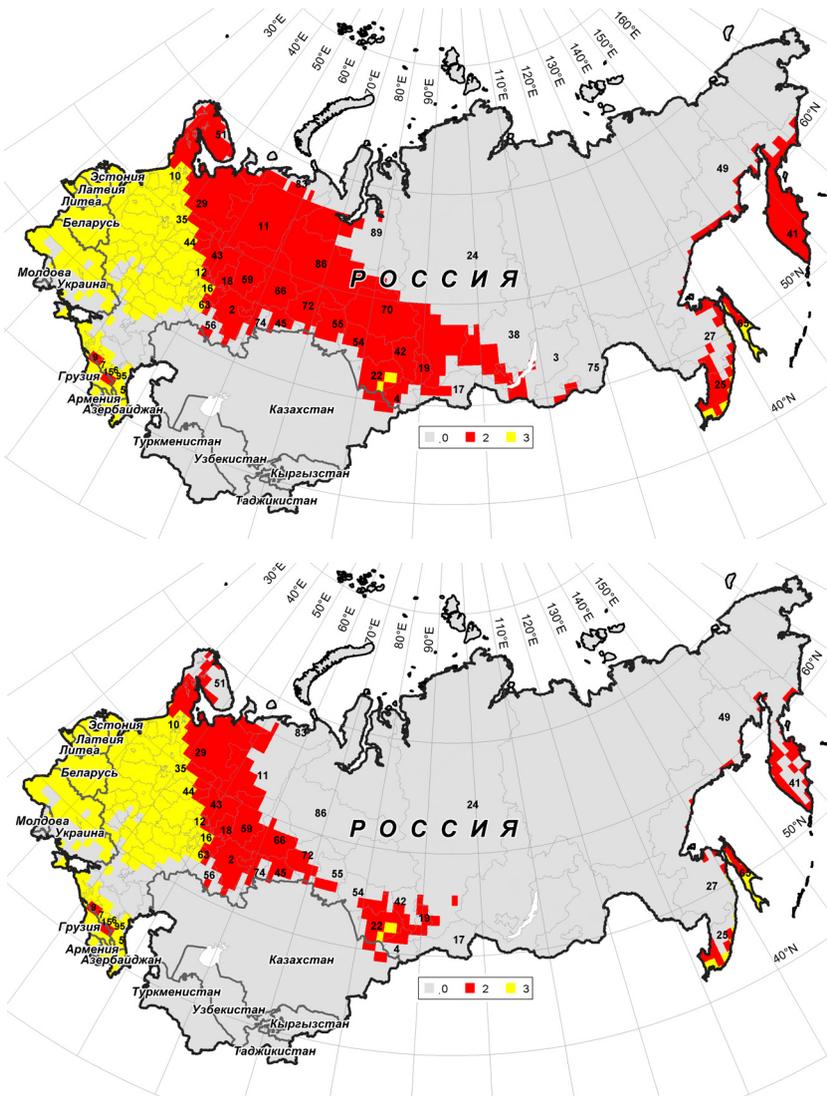
**Рисунок 7.** Изменение ареала *Ix. ricinus* в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP4.5 а) для периода s2 (2011-2030 гг.), б) для периода s3 (2034-2053 гг. (переход глобального интеграла через 2°C)), в) для периода s4 (2041-2060 гг.), г) для периода s5 (2080-2099 гг.) Обозначения: как на рис. 3

Как следует из рис. 7, тенденции к сокращению ареала *Ix. ricinus* не выявлено. Расширение ареала будет происходить в северном и восточном направлениях в основном на ЕТР. Возникнут климатические предпосылки для его укоренения на юге Западной Сибири, Дальнем Востоке и Камчатке. Динамика предполагаемого расширения ареала *Ix. ricinus* на протяжении XXI века в соответствии со сценарием RCP4.5 отражена в табл. 4.

**Таблица 4.** Расширение ареала *Ix. ricinus* на протяжении XXI века по территории субъектов РФ в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP4.5

Период RCP4.5	Количество субъектов РФ, где предполагается расширение ареала	Субъекты РФ, где предполагается наиболее значительное расширение ареала	
		ЕТР	АТР
s2	26	2, 10, 18, 29, 43, 51	22
s3	29	2, 10, 18, 29, 43, 51	19, 22, 41, 66
s4	34	2, 10, 18, 29, 43, 45, 51	19, 22, 41, 65, 66
s5	39	2, 10, 18, 29, 43, 45, 51	19, 22, 41, 55, 65, 66

На рис. 8 представлено изменение ареала *Ix. ricinus* в соответствии со сценарием экстремального антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP8.5. Как уже было показано на примере *Ix. persulcatus*, картосхемы, соответствующие периодам s2 и s3 для обоих сценариев практически не отличаются, поэтому на рис. 8 мы даем картосхемы только для периодов s4 и s5.



**Рисунок 8.** Изменение ареала *Ix. ricinus* в соответствии со сценарием экстремального антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP8.5  
 а) для периода s4 (2041-2060 гг.), б) для периода s5 (2080-2099 гг.)  
 Обозначения: как на рис. 3

Как следует из рис. 8, изменение ареала *Ix. ricinus* во второй половине XXI века в соответствии со сценарием RCP8.5 предполагается существенно большим, чем по сценарию RCP4.5. В период s5 сплошной ареал охватит не только ЕТР, но и южную часть Западной Сибири. Для заселения этим видом окажется климатически пригодной почти вся территория Камчатского края и большая часть Приморского края.

Динамика предполагаемого расширения ареала *Ix. ricinus* на протяжении XXI века в соответствии со сценарием RCP8.5 отражена в табл. 5.

**Таблица 5.** Расширение ареала *Ix. ricinus* на протяжении XXI века по территории субъектов РФ в соответствии со сценарием экстремального антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP8.5

Период RCP8.5	Количество субъектов РФ, где предполагается расширение ареала	Субъекты РФ, где предполагается наиболее значительное расширение ареала	
		ЕТР	АТР
s2	29	2, 10, 18, 29, 43, 51	22, 42
s3	29	2, 9, 10, 18, 29, 43, 51, 59	19, 22, 25, 41, 45, 66
s4	34	2, 9, 11, 10, 18, 29, 43, 51, 59	19, 22, 25, 41, 45, 65, 66, 72
s5	40	2, 9, 11, 10, 18, 29, 43, 51, 59	4, 19, 22, 25, 38, 41, 42, 45, 54, 55, 65, 66, 70, 72

Сравнивая табл. 2-5, легко видеть, что количество субъектов РФ, где предполагается расширение ареала, для *Ix. ricinus* существенно больше, чем для *Ix. persulcatus*. Но это не связано с повышенной чувствительностью первого вида к изменению климата. *Ix. ricinus* – исходно европейский вид и изменения ареала начались прежде всего на территории ЕТР. Ареал *Ix. persulcatus* будет расширяться преимущественно на территории АТР. Площади же Европейских субъектов РФ значительно меньше, чем Азиатских, вследствие чего равноценные по масштабам изменения на ЕТР охватывают больше административных единиц, чем на АТР.

Предполагаемые климатические предпосылки к расширению ареала могут быть в большей мере реализованы *Ix. persulcatus*, чем *Ix. ricinus*. Это связано с тем, что в первом случае происходит расширение сплошного ареала. Во втором происходит образование разорванного климатически обусловленного ареала. Клещи – малоподвижные животные, их расселение на большие расстояния возможно лишь путем форезии – переносе присосавшихся клещей способными к протяженным миграциям прокормителями. Видимо, этим объясняется находка *Ix. ricinus* в районе Новосибирска – крайняя восточная точка за пределами сплошного ареала (рис. 1). Тем не менее, по нашему мнению, заселения Приморья и Камчатки *Ix. ricinus* в ближайшем будущем не произойдет. Уместно привести пример, показывающий, что способные к активным миграциям организмы интенсивно заселяют заведомо пригодные по климатическим и экологическим параметрам территории. Так, продвижение колорадского жука и американской белой бабочки от западных границ СССР на восток шло со скоростью 50-170 км в год (Ясюкевич и др., 2007, 2014).

## Заключение

Изменение ареала *Ix. persulcatus* в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP4.5 на протяжении XXI века будет выражаться сокращением в западной части за пределами России и расширением на севере ЕТР и севере и востоке АТР. В

период 2011-2030 гг. (s2) расширение будет наблюдаться в 19 субъектах РФ, а в 2080-2099 гг. (s5) – 24. Изменения в соответствии со сценарием экстремального антропогенного воздействия RCP8.5 будут принципиально теми же, но более выраженными. В период 2011-2030 гг. (s2) расширение будет наблюдаться в 22 субъектах РФ, а в 2080-2099 гг. (s5) – 24. Наиболее существенное увеличение будет наблюдаться соответственно в 4 и 6 (RCP4.5) и 5 и 12 (RCP8.5) субъектах РФ.

Изменение ареала *Ix. ricinus* в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP4.5 характеризуется отсутствием тенденции к сокращению. Расширение ареала будет происходить в северном и восточном направлениях в основном на ЕТР. Возникнут климатические предпосылки для его укоренения на юге Западной Сибири, Дальнем Востоке и Камчатке. В период 2011-2030 гг. (s2) расширение будет наблюдаться в 26 субъектах РФ, а в 2080-2099 гг. (s5) – 39. Изменения в соответствии со сценарием экстремального антропогенного воздействия RCP8.5 также будут более выражены. В период 2011-2030 гг. (s2) расширение будет наблюдаться в 29 субъектах РФ, а в 2080-2099 гг. (s5) – 40. Наиболее существенное увеличение будет наблюдаться соответственно в 7 и 13 (RCP4.5) и 8 и 23 (RCP8.5) субъектах РФ.

Количество субъектов РФ, где предполагается расширение ареала, для *Ix. ricinus* существенно больше, чем для *Ix. persulcatus*. Но это не связано с повышенной чувствительностью первого вида к изменению климата. Изменения ареала *Ix. ricinus* происходят в значительной мере на территории ЕТР. Ареал *Ix. persulcatus* будет расширяться преимущественно на территории АТР. Площади же Европейских субъектов РФ значительно меньше, чем Азиатских, вследствие чего равноценные изменения на ЕТР охватывают больше административных единиц, чем на АТР.

Воздействие предполагаемого изменения климата в периоды 2011-2030 гг. (s2) и 2034-2053 гг. для RCP4.5 или 2028-2047 гг. для RCP8.5 (s3) в соответствии с обоими сценариями на возможное распространение исследуемых объектов мало отличается. Это связано с тем, что основные климатические характеристики, использовавшиеся для моделирования ареалов – средняя температура января, сумма активных температур, годовая сумма осадков – в соответствии с рассматриваемыми сценариями за эти периоды практически одинаковы. Различия проявляются в период 2041-2060 гг. (s4) и достигают максимума в период 2080-2099 гг. (s5).

Предполагаемые климатические предпосылки к расширению ареала могут быть в существенно большей мере реализованы *Ix. persulcatus*, чем *Ix. ricinus*. Это связано с тем, что в первом случае происходит расширение сплошного ареала. Во втором происходит образование разорванного климатически обусловленного ареала. Заселение пригодных по климатическим параметрам, но значительно удаленных от основной части ареала территорий для организмов, не способных к активным миграциям, представляется маловероятным. Поэтому заселения Приморья и Камчатки *Ix. ricinus* в ближайшем будущем не произойдет.

Публикация подготовлена в рамках выполнения:

1) Целевой научно-технической программы «Научно-исследовательские, опытно-конструкторские, технологические и другие работы Росгидромета для государственных нужд в области гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды» на 2017–2019 годы.

2) Темы 77 программы Фундаментальных Научных Исследований государственных академий наук на 2013-2020 гг.: «Физические и химические процессы в атмосфере, криосфере и на поверхности Земли, механизмы формирования и современные изменения климата, ландшафтов, оледенения и многолетнемерзлых грунтов в части 77.1: Решение фундаментальных проблем анализа и прогноза состояния климатической системы Земли». Регистрационный № 01201352499. Гос. задание № 0148-2014-0005.

### Список литературы

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2014. – М., Росгидромет, 1008 с.

Докучаев Н.Е. 2015. Обнаружение таежного клеща – *Ixodes persulcatus* Schulze, 1930 (Parasitiformes, Ixodidae) в Магаданской области. – Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН, № 1, с. 123-125.

Попов И.О. 2016. Климатически обусловленные изменения аутоэкологических ареалов иксодовых клещей *ixodes ricinus* и *ixodes persulcatus* на территории России и стран ближнего зарубежья. – Диссертация ... канд. биол. наук. – М., ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 112 с.

Попов И.О., Титкина С.Н., Семенов С.М., Ясюкевич В.В. 2013. Модельные оценки распространения переносчиков некоторых болезней человека в XXI веке в России и соседних странах. – Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 25, с. 395-427.

Семенов С.М., Ясюкевич В.В., Гельвер Е.С. 2006. Выявление климатогенных изменений. – М., Издательский центр «Метеорология и гидрология», 324 с.

Таежный клещ *Ixodes persulcatus* Schulze (*Acarina*, *Ixodidae*). Морфология, систематика, экология, медицинское значение. 1985. /Под ред. Н.А. Филипповой. – Л., Наука, 416 с.

Ясюкевич В.В., Попова Е.Н., Гельвер Е.С., Ривкин Л.Е.. 2007. Влияние климатических факторов на формирование ареала колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say). – Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 21, с. 348-379.

Ясюкевич В.В., Казакова Е.В., Попов И.О. 2009. Возможное влияние изменения климата на распространение клещей *Ixodes ricinus* и *Ixodes persulcatus* (Parasitiformes, Ixodidae) на территории России. – Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 22, с. 198-206.

---

Ясюкевич В.В., Титкина С.Н., Попов И.О., Давидович Е.А., Ясюкевич Н.В. 2013. Климатозависимые заболевания и членистоногие переносчики: возможное влияние наблюдаемого на территории России изменения климата. – Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 25, с. 314-359.

Ясюкевич В. В., Титкина С. Н., Попов И. О., Давидович Е. А., Ясюкевич Н. В. 2014-2015. Американская белая бабочка (*Hypphantria cunea Drury, Arctiidae, Lepidoptera*): некоторые особенности биологии и прогноз распространения в условиях меняющегося климата XXI века. – Прикладная энтомология, т. 5, № 2 (12), 2014/№ 1, 2015, с. 30-44.

Ясюкевич В. В., Рыбина Е. А., Ясюкевич Н. В., Рудкова А. А. 2016. Оценки уязвимости здоровья населения Российской Федерации в отношении некоторых инфекционных и трансмиссивных заболеваний в региональном аспекте для первой половины XXI века. – Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 27, № 1, с. 49-73.

## References

*Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii* [The second assessment report of Roshydromet on climate change and their effects on the territory of the Russian Federation]. 2014. Moscow, 1008 p.

Dokuchaev N.E. 2015. Obnaruzhenie taezhnogo kleshcha – *Ixodes persulcatus* Schulze, 1930 (Parasitiformes, Ixodidae) v Magadanskoj oblasti [Detection of the taiga tick – *Ixodes persulcatus* Schulze, 1930 (Parasitiformes, Ixodidae) in the Magadan region. Bulletin]. *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo centra DVO RAN – Bulletin of the North-East scientific center DVO RAN*, no. 1, pp. 123-125.

Popov I.O. 2016. *Klimaticheski obuslovlennye izmeneniya autekologicheskikh arealov iksodovyh kleshchej Ixodes ricinus i Ixodes persulcatus na territorii Rossii i stran blizhnego zarubezh'ya* [Climate-driven changes autecological habitat of the ixodid ticks *Ixodes ricinus* and *Ixodes persulcatus* on the territory of Russia and neighboring countries]. Candidate's thesis. Moscow, 112 p.

Popov I.O., Titkina S.N., Semenov S.M., Yasyukevich V.V. 2013. Model'nye ocenki rasprostraneniya perenoschikov nekotoryh boleznej cheloveka v XXI veke v Rossii i sosednih stranah [Model estimates of the distribution of vectors of some human diseases in the XXI century in Russia and neighboring countries]. *Problemy ehkologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ehkosistem – Problems of ecological monitoring and ecosystem modeling*, vol. 25, pp. 395-427.

Semenov S.M., Yasyukevich V.V., Gel'ver E.S. 2006. *Vyyavlenie klimatogennyh izmenenij* [Identification of climate-driven changes]. Moscow, 324 p.

*Taezhnyj kleshch Ixodes persulcatus Schulze (Acarina, Ixodidae). Morfologiya, sistematika, ehkologiya, medicinskoe znachenie* [Taiga tick *Ixodes persulcatus*

Schulze (Acarina, Ixodidae). Morphology, systematics, ecology, medical importance]. 1985. Leningrad, 416 p.

Yasyukevich V.V., Popova E.N., Gel'ver E.S., Rivkin L.E. 2007. Vliyanie klimaticheskikh faktorov na formirovanie areala koloradskogo zhuka (*Leptinotarsa decemlineata* Say) [The influence of climatic factors on the formation range of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say)]. *Problemy ehkologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ehkosistem – Problems of ecological monitoring and ecosystem modeling*, vol. 21, pp. 348-379.

Yasyukevich V.V., Kazakova E.V., Popov I.O. 2009. Vozmozhnoe vliyanie izmeneniya klimata na rasprostranenie kleshchej *Ixodes ricinus* i *Ixodes persulcatus* (Parasitiformes, Ixodidae) na territorii Rossii [The possible impact of climate change on the distribution of ticks *Ixodes ricinus* and *Ixodes persulcatus* (Parasitiformes, Ixodidae) in Russia]. *Problemy ehkologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ehkosistem – Problems of ecological monitoring and ecosystem modeling*, vol. 22, pp. 198-206.

Yasyukevich V.V., Titkina S.N., Popov I.O., Davidovich E.A., Yasyukevich N.V. 2013. Klimatozavisimye zabolevaniya i chlenistonogie perenoschiki: vozmozhnoe vliyanie nablyudaemogo na territorii Rossii izmeneniya klimata [Climatesensitive disease and arthropod vectors: the possible influence observed on the territory of Russia climate changes]. *Problemy ehkologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ehkosistem – Problems of ecological monitoring and ecosystem modeling*, vol. 25, pp. 314-359.

Yasyukevich V.V., Titkina S.N., Popov I.O., Davidovich E.A., Yasyukevich N.V. 2014-2015. Amerikanskaya belaya babochka (*Hyphantria cunea* Drury, Arctiidae, Lepidoptera): nekotorye osobennosti biologii i prognoz rasprostraneniya v usloviyah menyayushchegosya klimata XXI veka [The fall webworm (*Hyphantria cunea* Drury, Arctiidae, Lepidoptera): some peculiarities of biology and the forecast distribution in a changing climate of xxi century]. *Prikladnaya ehntomologiya – Applied entomology*, vol. 5, no. 2(12), 2014/no. 1, 2015, pp. 30-44.

Yasyukevich V.V., Rybina E.A., Yasyukevich N.V., Rudkova A.A. 2016. Ocenki uyazvimosti zdorov'ya naseleniya Rossijskoj Federacii v otnoshenii nekotorykh infekcionnykh i transmissivnykh zabolevanij v regional'nom aspekte dlya pervoj poloviny XXI veka [Vulnerability assessment of population health of the Russian Federation in respect of certain infectious and vector-borne diseases in the regional aspect for the first half of the XXI century]. *Problemy ehkologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ehkosistem – Problems of ecological monitoring and ecosystem modeling*, vol. 27, no. 1. pp. 49-73.

Статья поступила в редакцию: 17.01.2018 г.

После переработки: 05.07.2018