

УДК 591.525: 576.895.421

СОСТАВ ПОПУЛЯЦИЙ КЛЕЩЕЙ РОДА *IXODES*, ПЕРЕНОСЧИКОВ БОЛЕЗНЕЙ ЧЕЛОВЕКА, КАК МАРКЕР СОСТОЯНИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЕЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

О.В. Юшкова¹, Е.В. Дубинина², А.Н. Алексеев²

¹ Северо-западный государственный заочный технический университет
Россия, 191186, Санкт-Петербург, Миллионная, 4

² Зоологический институт РАН
Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 1

Поступила в редакцию 06.02.07 г.

Состав популяций клещей рода *Ixodes*, переносчиков болезней человека, как маркер состояния внешней среды в результате ее загрязнения. – Юшкова О.В., Дубинина Е.В., Алексеев А.Н. – Проанализированы многолетние данные (1992 – 2006 гг.), характеризующие состояние популяции таежного клеща (*Ixodes persulcatus*) в изменяющихся условиях окружающей среды в окрестностях г. С.-Петербурга. Статистический анализ позволил выявить закономерности функционирования системы «клещ – патоген / патогены» и направленность изменений системы под влиянием растущего антропогенного пресса. Следствием загрязнения внешней среды является появление в популяциях клещей рода *Ixodes* морфологически отличающихся особей, толерантных к повышенному содержанию ионов кадмия. Распространение их во времени и пространстве, особенности поведения и увеличение их векторной способности в качестве переносчиков служат маркером степени загрязнения среды и эпидемиологической опасности территории.

Ключевые слова: загрязнение среды, антропогенный пресс, тяжелые металлы, *Ixodes*, переносчики болезней.

Population composition of *Ixodes* ticks (human disease vectors) as a marker of the environment status in polluted conditions. – Yushkova O.V., Dubinina H.V., Alekseyev A.N. – Multiyear data (1992 – 2006) to characterize the population composition of the taiga tick *Ixodes persulcatus* in the changing environmental conditions of the St. Petersburg City vicinity are analyzed. Regularities of the «tick – pathogen / pathogens» system functioning under increasing anthropogenic pressure were revealed by the use of statistical analysis. One of the main consequences of environmental pollution for tick populations is the appearance of some specimens tolerant to an enhanced cadmium content in their bodies. Dissemination of such specimens over time and space, peculiarities of their behavior, increasing in their vector capacity serve markers of environmental pollution and epidemiological territory dangerousness of the habitat of such ticks.

Key words: environment pollution, anthropogenic pressure, heavy metal ion, *Ixodes*, vector of disease.

ВВЕДЕНИЕ

Большая часть населения Российской Федерации (73.0%) проживает в городах, где выбросами и сбросами загрязняющих веществ промышленными предприятиями, жилищно-коммунальными хозяйствами и автотранспортом загрязнены практически все природные среды (Черногаева, Зеленов, 2005). Вокруг городов сформировались территории хронического загрязнения почв тяжелыми металлами

радиусом до 5 – 10 км, а в некоторых случаях и до 60 км. По данным исследований почвенного покрова г. С.-Петербурга и Ленинградской области на тяжелые металлы, было установлено, что если принять Ленинградскую область за фон, то загрязнение почвы в городе превысит фон в 4.6 – 4.9 раз, а в пригородах – в 2.4 раза (Охрана окружающей среды..., 2005). Одной из главных причин, обуславливающих факторы антропогенной нагрузки, являются автодороги. На территориях, расположенных вдоль автодорожного полотна, отмечается деградация экосистем в результате загрязнения атмосферного воздуха, воды и почвы, а также нарушения почв от рассеивания ландшафта автодорогами. Выбросы от автотранспорта составляют в среднем 70.0% от общего количества выбросов в окружающую среду, причем происходит постоянное увеличение численности автотранспорта в г. С.-Петербурге и в основном за счет устаревших и изношенных транспортных средств, расходующих больше топлива с неполным его сгоранием, что приводит к большему выбросу загрязняющих веществ. Так, к 1997 г. автотранспортный парк города вырос более чем в 2.7 раза. По данным Управления государственной автоинспекции, в 1997 г. на учете в г. С.-Петербурге состояло 999.837 единиц транспортных средств, из них 87.3% – в индивидуальном пользовании. В 2002 г. парк увеличился на 8.8% (Охрана окружающей среды..., 2005), причем существенную долю в загрязнение атмосферного воздуха города вносит транзитный автотранспорт, который не подлежит учету. Большое влияние на накопление тяжелых металлов и нефтепродуктов в почвах и растительном покрове оказывает направление и сила ветра, несущего загрязненный продуктами сгорания топлива автотранспорта воздух.

Оценка состояния природной среды страны сетью пунктов режимных наблюдений мониторинга загрязнения обычно включает следующие его основные виды: состояние загрязнения воздуха в городах и промышленных центрах; состояние загрязнения почв пестицидами и тяжелыми металлами; состояние загрязнения поверхностных вод суши и морей; трансграничный перенос веществ, загрязняющих атмосферу; загрязнение природной среды и состояние растительности; химический состав и кислотность атмосферных осадков и снежного покрова; загрязнение атмосферы; загрязнение природной среды и состояние растительности; химический состав и кислотность атмосферных осадков и снежного покрова; загрязнение атмосферы; радиоактивное загрязнение природной среды.

В государственную сеть мониторинга не включено наблюдение за биологическими объектами – маркерами состояния загрязнения, которые могут дать ответ на многие вопросы. В 2000 г. была начата разработка концепции «Здоровье среды» – понятия, подразумевающего в самом общем смысле состояние (качество) среды, необходимое для обеспечения здоровья человека и других видов живых существ (Захаров, 2000). Большое значение в ней уделено программе изучения и сохранения биологического разнообразия как способу познания (маркеру) экологической емкости среды и степени деградации природных ландшафтов (Захаров и др., 2000). Так, например, в различных районах промышленных экосистем Донбасса были изучены насекомые и клещи, прежде всего почвенные клещи – орибатида, что позволило выявить процессы, происходящие при рекультивации мест сброса промышленных отходов, которые приводят к частичному восстановлению экосистем

этих мест (Ярошенко, 1999). Использование мониторинга групп и даже отдельных видов животных и растений с целью изучения состояния экосистем биологи проводили и проводят многократно, но, к сожалению, эти работы чаще всего несли и несут лишь научный характер и не становятся достоянием широкой общественности, общественных деятелей и организаций, занимающихся именно этими проблемами. В основном все проводимые исследования связаны с изучением динамики загрязнения тяжелыми металлами методами биоиндикации водной среды; меньше сведений по исследованию динамики почвообразующих организмов (Кузнецова и др., 1994). Тем более, такие работы никак не затрагивают сферу деятельности эпидемиологов и работников ветеринарной службы. Практически не изучены, в частности, механизмы воздействия антропогенного пресса на биологию кровососущих членистоногих и функционирование их как переносчиков болезней человека и сельскохозяйственных животных.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В течение 1992 – 2006 гг. авторы проводили мониторинг состояния популяции кровососущих таежных клещей *Ixodes persulcatus* Schulze, 1930 в окрестностях г. С.-Петербурга на северном берегу Финского залива, в лесном массиве (платформа Морская – станция Лисий Нос). Цель работы – выявление влияния антропогенного загрязнения на состояние популяции этих клещей и их агрессивности в качестве переносчиков клещевых болезней человека (клещевого энцефалита, иксодовых клещевых боррелиозов и других). Мониторинг включал регистрацию годовой, сезонной и суточной динамики численности и состава популяции клещей-хозяев патогенов, параметры каждой особи (размеры, морфологию, активность), состав патогенов и других организмов, населяющих клещей, и параметры среды их обитания (Алексеев, Дубинина, 1997).

Сбор материала производили стандартной методикой: на «флаг» (белое вафельное полотенце) во влажный нестерильный медицинский бинт. В течение 2000 г. каждую декаду проводили суточные сборы (днем – каждый час с последующим часовым перерывом, ночью – с двухчасовыми перерывами). В сезоны активности клещей *I. persulcatus* (с третьей декады апреля по первую декаду июля включительно) за весь период исследования было собрано и изучено различными методами 6919 взрослых особей (min – 300 особей в один сезон активности этих переносчиков). Сборы сопровождались измерением температуры и относительной влажности среды на трех уровнях: воздуха на расстоянии 1 м над поверхностью земли, поверхности почвы и подстилки 1.0 – 1.5 см в глубину (Alekseev, Dubinina, 2000). Фенотипические исследования (наличия изменений в морфологии = аномалий наружного скелета) клещей проводили в лаборатории с использованием светового бинокулярного микроскопа (×28, МБС-10, ЛОМО, С.-Петербург, Россия) и микрофотографирования различных форм аномалий. На основе этих исследований разработана схема типирования встреченных аномалий экзоскелета (Alekseev, Dubinina, 1996).

Для изучения активности (как показателя агрессивности переносчика) клещей был разработан метод расчета индекса их двигательной активности (ИДА) (Алек-

сеев и др., 1996), измеряемой на специально сконструированном приборе «клещедроме» (Alekseev et al., 2000). ИДА рассчитывали на основании измерения пути движения клеща по наклонной плоскости, отгороженной от экспериментатора стеклянным экраном. Результаты движения фиксировали на прозрачной кальке фломастером. В расчет пути входило измерение числа поворотов, числа падений, доли пути над градиентом влажности и вверх, скорости движения.

Наличие клещевых патогенов исследовали различными специфическими для каждой группы патогенов методами: вирус клещевого энцефалита (КЭ) – по цитопатическому эффекту на культуре клеток СПЭВ и по присутствию антигена вируса КЭ, живых спирохет – методом темнопольной микроскопии, боррелий и других бактериальных возбудителей родов *Anaplasma*, *Ehrlichia* и простейших рода *Babesia* – генетическим методом полимеразной цепной реакцией (ПЦР) с видоспецифическими праймерами в лаборатории «Группы по изучению паразитарной системы в антропогенном ландшафте: клещи *Ixodes* – патогены различной природы» Зоологического института РАН (Alekseev et al., 2000).

Впервые методом сравнительной инверсионной вольтамперометрии было проведено определение наличия тяжелых металлов (свинца – *Pb*, кадмия – *Cd*, цинка – *Zn* и меди – *Cu*) в самих клещах (Dubinina et al., 2004). Было исследовано более 50 отдельных групп таежных клещей из различных регионов объемом 25 – 40 особей. Этим же методом были исследованы пробы почвы (10^3 см) на разном расстоянии от шоссе (50, 100, 150, 200, 300 м) в двух повторностях с интервалом в 3 года. Те же пробы почвы были исследованы и на содержание тяжелых углеводов (нефтепродуктов). Однако определение нефтепродуктов в клещах не представляется возможным, так как применяемая методика требует сравнительно больших объемов материала и не может быть использована для определения их в отдельных особях или небольших группах.

Проведены эксперименты с собранными в природе лесными клещами *Ixodes ricinus* (Linnaeus, 1758) по изучению динамики появления аномалий экзоскелета в онтогенезе клещей. Лесные клещи были выбраны в связи с тем, что полный цикл развития этого вида в лаборатории занимает 3 года, в то время как для таежного клеща *I. persulcatus* он составляет от 4 до 6 лет. Эксперимент проводили путем кормления клещей на лабораторных животных, что максимально ограничивает попадание тяжелых металлов в организм клещей. В процессе эксперимента в теле самок, отложивших яйца, яйцекладках, личинках, нимфах и взрослых клещах второго поколения определяли количественное содержание ионов тяжелых металлов, а у взрослых клещей определяли наличие аномалий экзоскелета.

Все собранные и расчетные данные по клещам и параметры среды были занесены в электронную базу данных, созданную на основании статистических программ SYSTAT (Wilkinson, 1996) и STATISTICA for Windows. Таким образом, в базу данных были включены все сведения о каждом собранном экземпляре клеща (например, пол, наличие аномалий экзоскелета, число и время сбора, место сбора – расстояние от шоссе, температура и влажность на трех указанных выше уровнях в месте обнаружения клещей, данные измерений треков движения на клещедrome по 7 параметрам и вычисленные ИДА и ряд других) (Юшкова и др., 2003).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение морфологии всех собранных клещей *I. persulcatus* выявило наличие особей с аномалиями экзоскелета (Alekseev, Dubinina, 1993, 1996), связанными с замещением кальция наружного скелета клещей на тяжелые металлы. Такие особи были встречены не только в Санкт-Петербургской популяции *I. persulcatus*, но и во всех изученных популяциях клещей рода *Ixodes* из многих других регионов России, Западной Европы и даже США. Было доказано, что наличие таких особей в популяциях клещей рода *Ixodes* носит глобальный характер (Alekseev et al., 2005). Таким образом, были получены неоспоримые доказательства наличия двух составляющих всех популяций клещей рода *Ixodes*: особей с аномалиями экзоскелета и особей без них, обозначаемых как нормальные.

Проведенное впервые нашей группой ранее (Jensen et al., 1999; Alekseev, Dubinina, 2002; Dubinina et al., 2004) и последующие исследования отдельных групп таежных клещей с и без аномалий экзоскелета методом сравнительной вольтамперометрии на наличие четырех тяжелых металлов позволило выявить четкую корреляцию ($p < 0.05$) между числом аномальных клещей и содержанием в них *Cd* – металла, не участвующего ни в каких обменных процессах в организмах. Установлены связи этой тенденции со степенью накопления ионов тяжелых металлов и в почве, и в самих клещах. Исследование почв показало значительное возрастание содержания в них ионов *Cd*, *Pb* и тяжелых углеводов. Так, за период исследования содержание *Cd* увеличилось на 50 – 70% и превышает ПДК для этих типов почв в 3 – 4 раза; содержание тяжелых углеводов превышает ПДК в 10 раз. Полученные нами результаты исследований почвы из Дании на загрязнение тяжелыми металлами в очагах боррелиоза выявили возможность влияния на появление аномалий у лесных клещей *I. ricinus* таких компонентов загрязнения среды, как тяжелые углеводороды и диоксиды. Параллельно с ростом загрязнения почвы отмечен неуклонный рост числа патологически измененных особей: в 1998 г. наблюдалась самая низкая численность аномальных клещей – 24.4%; с тех пор она неуклонно растет и в 2006 г. достигла 52.8%.

Таким образом, были получены данные о закономерной встречаемости морфологически измененных клещей в любых популяциях иксодовых клещей и зависимость числа таких клещей от степени давления антропогенного пресса. Воздействие антропогенного пресса, прежде всего таких его составляющих, как свинец и кадмий, препятствует нормальному скелетообразованию, понижает жизнеспособность и искажает поведенческие реакции всех животных организмов (от церкарий трематод до человека – Гуткин, 2002). Обнаруженная связь аномалий экзоскелета у кровососущих иксодовых клещей со степенью антропогенного пресса дает возможность использовать их как маркер степени загрязнения среды. Район проведения мониторинга Санкт-Петербургской популяции таежного клеща *I. persulcatus* располагается вдоль трассы С.-Петербург – Хельсинки (по Приморскому шоссе) с чрезвычайно активным движением транспорта. По нашим наблюдениям, в районе проведения мониторинга в летний сезон днем проходят 40 – 60 единиц автотранспорта за 1 мин.

Значительная часть клещей (в среднем около 30%) в северо-западном регионе заражена боррелиями, поэтому при статистическом анализе данных по степени

зараженности популяции клещевыми патогенами был использован именно этот показатель. Ранее было показано, что накопление ионов тяжелых металлов изменяет векторную способность аномальной части популяции (Алексеев, 1993, 1999; Алексеев, Дубинина, 1997; Alekseev, Dubinina, 2000, 2002 и др.), а также изменяет свойство самой популяции. Полученные данные подтвердили выдвинутую нами гипотезу о возникновении новой субпопуляции иксодовых клещей как новой паразитарной системы с новыми признаками (агрессивностью). Эти данные легли в основу построения математической модели поведения клещей как переносчиков болезней: зависимости векторной их способности от накопления фенотипических изменений (патологий) в популяции.

Статистическая обработка результатов исследований позволила получить данные о состоянии и функционировании изученной популяции *I. persulcatus*. Было показано наличие существенной разницы между особями с аномалиями экзоскелета и без них, обозначаемыми как нормальные. Наиболее значимые параметры состояния популяции и корреляции между этими параметрами представлены в таблице, анализ которой позволяет сделать следующие выводы:

1) выявлена зависимость между наличием аномалий экзоскелета и зараженностью боррелиями ($r = 0.23$);

2) выявлена корреляция между двигательной активностью клещей *I. persulcatus* и степенью загрязнения среды ионами тяжелых металлов на разном расстоянии от шоссе ($r = -0.13$): для клещей с аномалиями экзоскелета она выше и почти втрое превышает таковую для всей популяции ($r = -0.36$);

3) наблюдается зависимость активности клещей от пола ($r = 0.68$), наличия аномалий ($r = 0.54$) и периода сезона активности клещей ($r = -0.17$).

Коррелятивная матрица показателей состояния
санкт-петербургской популяции *Ixodes persulcatus*, сезон 1999 г. ($n = 1058$)

Переменная	S	P	BB ₁	MTH	ACT	DIST
S	1.00	0.10	-0.03	0.12	0.68	-0.02
P	0.10	1.00	0.23	-0.01	0.54	-0.36
BB ₁	-0.03	0.03	1.00	0.04	0.01	0.03
MTH	0.12	-0.01	0.04	1.00	-0.17	0.04
ACT	0.68	0.54	0.01	-0.67	1.00	-0.13
DIST	-0.02	-0.36	0.03	0.04	-0.13	1.00

Примечание. S – пол, P – наличие патологии, BB₁ – зараженность боррелиями, MTH – месяцы сбора, ACT – активность клещей, DIST – расстояние от автодорожного полотна.

Эти данные дают возможность предположить высокую значимость выбранных показателей для исследования функционирования паразитарной системы «клещ – патоген / патогены». Исследование активности взрослых клещей *I. persulcatus*, собранных на разном расстоянии от автодороги (рис. 1), показывает, что на расстоянии до 100 м от автодороги, т.е. в наиболее посещаемой приездими части леса, активность всей группы значительно больше, чем на более удаленном расстоянии. Причем чем больше расстояние от шоссе (200 – 300 м), тем меньше активность клещей. Важно отметить, что активность клещей в последующие годы (по мере накопления загрязнений) увеличивается. Исходя из данных корреляцион-

СОСТАВ ПОПУЛЯЦИЙ КЛЕЩЕЙ РОДА *IXODES*

ной матрицы, можно предположить, что это увеличение связано с усилением антропогенного пресса, а именно с накоплением тяжелых металлов и нефтепродуктов.

Рассматривая динамику активности клещей с точки зрения наличия двух составляющих популяции, можно заметить, что динамика увеличения активности по годам для нормальных и аномальных клещей в общем случае сохраняется (рис. 2). Обращает на себя внимание тот факт, что активность аномальных клещей выше всего именно у дороги, что позволяет сделать вывод о максимальной эпидемиологической опасности по клещевым инфекциям как раз в придорожных участках леса, наиболее посещаемых приезжими, отдыхающими и туристами.

Анализ многолетних данных по активности нормальных и аномальных клещей по периодам ежегодных сезонов активности дан на рис. 3. Видно, что у клещей с патологией активность почти в 1.5 раза выше. Во все годы исследования в течение сезона наибольшая активность клещей петербургской популяции *I. persulcatus* наблюдается в апреле – мае. В весенний период отмечается и наибольшая встречаемость клещей обеих групп. По мере старения клещей активность и численность их падает.

Анализ среднесезонных данных активности клещей *I. persulcatus* в период сезона выявил цикличность изменения активности по индексу ИДА с повторностью по месяцам каждые 2 – 3 г. (период изменений с 1995 по 2002 гг.). Кроме того, отмечена тенденция к увеличению общей активности по годам, причем ведущая роль в этой тенденции принадлежит клещам с аномалиями. Подробный анализ активности аномальных клещей показал, что ее

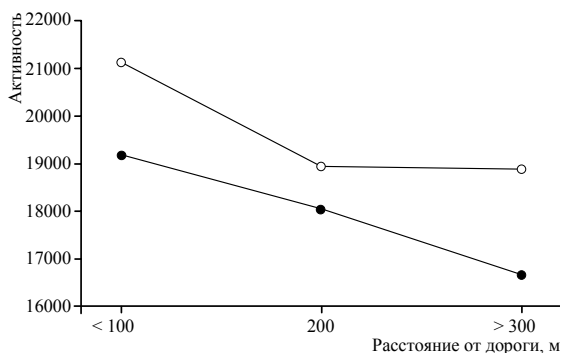


Рис. 1. Динамика активности взрослых клещей *Ixodes persulcatus* на разном расстоянии от автодороги: ● — 1999 г., ○ — 2000 г.

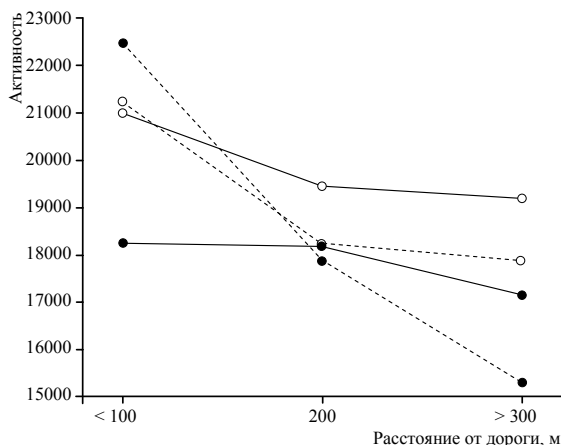


Рис. 2. Динамика активности нормальных (—) и аномальных (---) взрослых клещей *Ixodes persulcatus* на разном расстоянии от автодороги: ● — 1999 г., ○ — 2000 г.

изменения по сезону носят более монотонный характер, но с гораздо более выраженной тенденцией к увеличению за 7-летний период измерений.

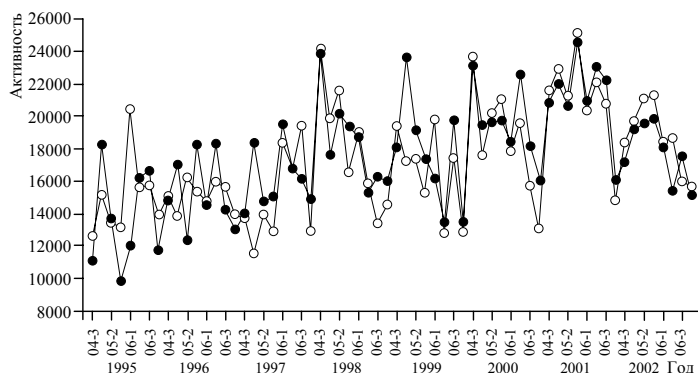


Рис. 3. Динамика активности нормальных (○) и аномальных (●) взрослых клещей *Ixodes persulcatus* по периодам сезонов 1995 – 2002 гг.

ных клещей и соотношения с ним поведения совокупности особей с аномалиями экзоскелета позволило выявить наличие положительных корреляций между этими двумя группами клещей ($r = 0.75$). Это не вызывает удивления. Проведенные эксперименты по изучению онтогенеза клещей *I. ricinus* в среде, наиболее защищенной от попадания тяжелых металлов, показал, что в потомстве аномальных родителей появляются и нормальные особи, а в потомстве нормальных родителей, содержащих существенно меньшее количество кадмия, также появляются, хотя и в меньшем проценте случаев, особи с аномалиями. Отличие между этими двумя группами определяется накоплением *Cd*, надпороговая его концентрация вызывает появление морфологических изменений экзоскелета, подпороговая может восприниматься как норма.

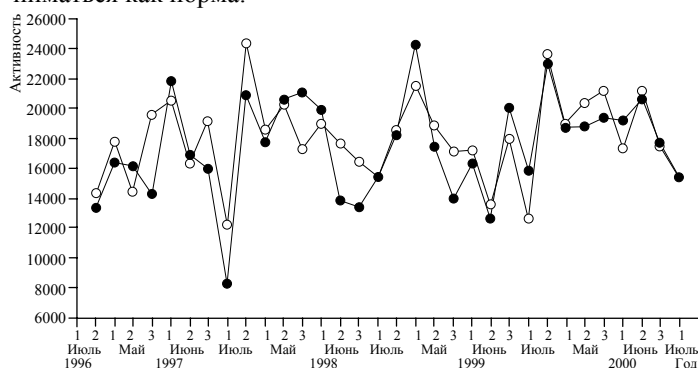


Рис. 4. Динамика активности зараженных боррелиями (●) и незараженных боррелиями (○) взрослых клещей *Ixodes persulcatus* по периодам сезонов 1997 – 2000 гг.

Отличия в поведении, зависящие от разного и растущего содержания в клещах ионов тяжелых металлов (прежде всего *Cd*), позволяет заключить, что мы имеем дело с существенно различающимися между собой частями популяции таежных клещей. Однако взятие в качестве эталона поведения нормальных

Данные активности клещей в зависимости от зараженности боррелиями, приведены на рис. 4. Среднепогодные данные активности аномальных клещей, зараженных боррелиями, выше, чем таковые у незараженных особей. Данный факт еще раз подтверждает большую эпиде-

СОСТАВ ПОПУЛЯЦИЙ КЛЕЩЕЙ РОДА *IXODES*

миологическую опасность этой части популяции, причем особенно в весеннее время. Так же, как и в случае с исследованиями активности двух составляющих популяцию клещей (с и без аномалий экзоскелета) (см. рис. 3), к концу сезона активность и зараженных, и незараженных клещей падает.

ВЫВОДЫ

1. Получены неоспоримые доказательства наличия двух составляющих всех популяций клещей рода *Ixodes*: особей с аномалиями экзоскелета и особей без них, обозначаемых как нормальные. Ранее было установлено, что появление аномалий у клещей рода *Ixodes*, связанное с накоплением ионов *Cd*, носит глобальный характер (Alekseev et al., 2005). Причем 2 составляющие популяции клещей рода *Ixodes* присутствуют на всех исследованных территориях во всех странах независимо от степени антропогенной нагрузки на них; загрязнение среды сказывается лишь на величине той или другой составляющей.

2. Следствием загрязнения внешней среды является появление толерантных к повышенному содержанию ионов *Cd* популяций клещей рода *Ixodes*, усиление их распространения во времени и пространстве, изменение их векторной способности, в частности способности передавать двойные и тройные инфекции (Алексеев, 1999).

3. Показано, что изменение активности клещей, и прежде всего аномальных, имеет тенденцию к увеличению за период семилетнего измерения и коррелирует с встречаемостью аномалий экзоскелета клещей, что, в свою очередь, связано с повышенным содержанием в клещах ионов тяжелых металлов (прежде всего *Cd*).

4. Выявлены причинно-следственные, важные для теории и для практической медицины, связи между силой давления антропогенного пресса и опасностью возникновения клещевых инфекций одновременно с усугубляющими их течение оппортунистическими инфекциями.

Причина I. Антропогенный пресс и накопление ионов *Cd*.

Следствие 1. Появление и рост численности в популяциях аномальных клещей *Ixodes*.

Следствие 2. Усиление векторной способности переносчиков и частот передачи смешанных инфекций аномальными особями.

Причина II. Присасывание и насыщение клеща невозможно без подавления иммунного ответа, а возникновение клещевой инфекции всегда сопровождается подавлением иммунной системы человека, особенно при боррелиозах.

Следствие 3. Присасывание зараженных аномальных клещей может усугубляться одновременной передачей возбудителей оппортунистических инфекций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев А.Н. Система клещ – возбудитель и ее эмерджентные свойства / Зоол. ин-т РАН. СПб., 1993. 204 с.

Алексеев А.Н. Микстинфекции в переносчиках (развитие идей Е.Н. Павловского об организме хозяина как «паразитокосмосе») // Проблемы природной очаговости: Материалы совещ. паразитол. о-ва при РАН / Зоол. ин-т РАН. СПб., 1999. С. 16 – 39.

Алексеев А.Н., Дубинина Е.В. Мониторинг состояния системы «клещ – микроорганизмы» в составе биоты под влиянием вариаций антропогенного пресса // Мониторинг биоразнообразия. М., 1997. С. 195 – 201.

Алексеев А.Н., Буренкова Л.А., Васильева И.С., Дубинина Е.В., Чунихин С.П. Функционирование очагов смешанных клещевых инфекций на территории России // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1996. № 4. С. 9 – 16.

Гуткин В.И. Влияние кадмия и его соединений на организм человека // Неразрушающий контроль и диагностика окружающей среды, материалов и промышленных изделий. СПб.: Изд-во Сев.-зап. техн. ун-та, 2002. Вып. 5. С. 3 – 9.

Захаров В.М. Здоровье среды: Концепция / Центр экологической политики России. М., 2000. 28 с.

Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Крысанов Е.Ю., Кряжева Н.Г., Пронин А.В., Чистякова Е.К. Здоровье среды: Практика оценки / Центр экологической политики России. М., 2000. 316 с.

Кузнецова Н.А., Иорданский С.Н., Потапов М.Б. Оценка антропогенной трансформации почвенного населения микроартропод в целях индикации состояния лесов г. Тольятти // Биоиндикация: теория, методы, приложения / Ин-т Волж. бассейна РАН. Тольятти, 1994. С. 147 – 175.

Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2004 году / Управление по охране окружающей среды г. С.-Петербурга. СПб., 2005. 512 с.

Черногаева Г.М., Зеленов А.С. Комплексная оценка загрязнения окружающей среды в субъектах и федеральных округах Российской Федерации // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 2005. Т. 20. С. 142 – 158.

Юшкова О.В., Алексеев А.Н., Дубинина Е.В. Опыт применения математического многомерного анализа для определения совместимости клещевых патогенов в организме переносчика // Отчетная научная сессия по итогам работ 2002 г.: Тез. докл. / Зоол. ин-т РАН. СПб., 2003. С. 39 – 40.

Ярошенко Н.Н. Почвенные зооценозы промышленных экосистем Донбасса. Донецк: Изд-во Донецк. гос. ун-та, 1999. 294 с.

Alekseev A.N., Dubinina H.V. Abnormalities in *Ixodes* ticks (Ixodoidea, Ixodinae) // *Acarina*. 1993. Vol. 1, № 1. P. 73 – 85.

Alekseev A.N., Dubinina H.V. Some aspects of mite (Opipiidae) and tick (Ixodidae) pathology as a result of anthropogenic pressure // *Acarology IX*. Vol. 1. Proc. / Eds. R. Mitchell, D.J. Horn, G.R. Needham, W.C. Welbourn. Columbus, Ohio, 1996. P. 117 – 120.

Alekseev A.N., Dubinina H.V. Abiotic parameters and diel and seasonal activity of *Borrelia*-infected and uninfected *Ixodes persulcatus* (Acarina, Ixodidae) // *J. Med. Entomol.* 2000. Vol. 37, № 1. P. 9 – 15.

Alekseev A.N., Dubinina H.V. Stability of parasitic systems under conditions of anthropogenic pressure // *Contributions Zool. Inst. RAS. Saint-Petersburg*, 2002. № 6. 43 p.

Alekseev A.N., Jensen P.M., Dubinina H.V., Smirnova L.A., Makrouchina N.A., Zharkov S.D. Peculiarities of behaviour of taiga (*Ixodes persulcatus*) and sheep (*Ixodes ricinus*) ticks (Acarina: Ixodidae) determined by different methods // *Folia Parasitol.* 2000. Vol. 47, № 2. P. 147 – 153.

Alekseev A.N., Dubinina H.V., Chirov P.A. Anthropogenic pressure, tick microbiocenosis, vector capacity, and immunity // VIII Intern. Potsdam Symp. on tick-borne diseases: Programme and Compendium of Abstracts / Ed. J. Süss. Jena: Friedrich-Schiller-University, 2005. P. 7.

Dubinina H.V., Alekseev A.N., Svetashova E.S. New *Ixodes* tick populations appearing as a result of, and tolerant to, cadmium contamination // *Acarina*. 2004. Vol. 12, № 2. P. 141 – 149.

Jensen P.M., Kaufmann U., Smirnova L. Diurnal activity *Ixodes ricinus* in Denmark: Aspects of physiological age and genotypic variation // *Hereditas*. 1999. Vol. 130. P. 325 – 330.

Wilkinson L. SYSTAT 6.0 for Windows. Chicago (IL): SPSS Inc., 1996.