

Дистанционные методы при исследованиях иксодовых клещей – переносчиков природноочаговых инфекций

А.А. Тронин¹, Н.К. Токаревич², Л.П. Антыкова³, Т.Е. Теплякова¹, С.Г. Крицук¹

¹*Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН*

197110, Санкт-Петербург, ул. Корпусная, 18

E-mail: tronin@at1895.spb.edu

²*ФГУН НИИЭМ имени Пастера Роспотребнадзора, Санкт-Петербург*

³*ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербурге», Санкт-Петербург*

Большую угрозу для населения Российской Федерации представляют очаги опаснейших трансмиссивных инфекций, возбудители которых передаются человеку при нападении на него кровососущих насекомых и клещей. В таёжной зоне клещи и насекомые служат резервуарами и переносчиками возбудителей клещевого энцефалита, боррелиоза и других опасных инфекций. Особую актуальность эта проблема приобретает в виду изменений в видовом составе, численности и распространении клещей и насекомых, обусловленных изменениями естественных биотопов, формирование антропогенных ландшафтов. Устойчивая тенденция к потеплению климата в Северной Евразии существенно изменили условия существования членистоногих-переносчиков, их распространения и участия в передаче патогенов. Условия обитания членистоногих, и клещей в частности, определяются главным образом температурой окружающей среды, влажностью и наличием растительности. Все эти параметры в настоящее время измеряются с помощью космических средств. В настоящее время дистанционные методы исследований широко применяются для построения карт растительности. Спутники Terra/Aqua предоставляют информацию о температуре и влажности поверхности, объёме биомассы, которая могут быть использована при мониторинге численности вредных насекомых и их миграции. Проведены комплексные наземные и спутниковые исследования. Показаны первые результаты применения дистанционных методов при исследовании иксодовых клещей на примере Курортного района Санкт-Петербурга.

Введение

Большую угрозу для населения Российской Федерации представляют очаги опаснейших трансмиссивных инфекций, возбудители которых передаются человеку при нападении на него кровососущих насекомых и клещей. В таёжной зоне клещи и насекомые служат резервуарами и переносчиками возбудителей клещевого энцефалита, боррелиоза, туляремии, ку-лихорадки и других опасных инфекций.

Особую актуальность эта проблема приобретает в виду изменений в видовом составе, численности и распространении клещей, обусловленных изменениями естественных биотопов, формирование антропогенных ландшафтов. Устойчивая тенденция к потеплению климата в Северной Евразии существенно изменили условия существования членистоногих-переносчиков, их распространения и участия в передаче патогенов. В связи с климатическими изменениями не исключена возможность заноса членистоногими новых заболеваний на территорию России. Эффект глобального потепления может приводить не только к увеличению численности клещей, но и изменениям сроков их активности. Начиная с 60^х годов прошлого века, наблюдается резкое изменение климата в бореальной зоне. Так среднегодовая температура в Санкт-Петербурге увеличилась за этот период на 1°С, при этом последние 9 лет этот показатель не опускался ниже 5.15 °С.

Условия обитания членистоногих, и клещей в частности, определяются главным образом температурой окружающей среды, влажностью и наличием растительности. Все эти параметры в настоящее время измеряются с помощью космических средств. В настоящее время дистанционные методы исследований широко применяются для построения карт растительности. Спутники Terra/Aqua предоставляют информацию о температуре и влажности поверхности, объёме биомас-

сы, которая могут быть использована при мониторинге численности вредных насекомых и их миграции. Некоторые фундаментальные проблемы, такие как определение влагозапаса, влажности поверхности под пологом леса, до сих пор не решены дистанционными методами.

В качестве полигона для исследований был выбран Курортный район Санкт-Петербурга, для которого имеется репрезентативная статистика по численности клещей и числу пострадавших от нападений, а также набор необходимых метеоданных. Курортный район является пригородным районом Санкт-Петербурга. На территории района находятся города Сестрорецк и Зеленогорск. Курортный район расположен в северо-западной части Санкт-Петербурга, вдоль побережья Финского залива полосой средней ширины 6 – 8 км и длиной 45 км. Площадь территории района составляет 28,2 тыс. га. Земли лесного фонда составляют 68% площади района, леса хвойные и смешанные.

Угрозу для человека в бореальной зоне России представляют два вида клещей: таёжный клещ *Ixodes persulcatus* и лесной клещ *Ixodes ricinus*. На человека нападают только взрослые особи. Весенняя, самая опасная вспышка численности клещей связана с нападениями таёжного клеща, поэтому далее будет рассматриваться только этот вид. В целом для России таёжный клещ представляет наибольшую угрозу.

Определение периодов различной активности таёжного клеща на исследованной территории и влияние на них метеорологических факторов имеет большое практическое значение, так как позволяет оптимизировать систему профилактических мероприятий, направленных на снижение заболеваемости инфекционными болезнями, возбудители которых передаются этими кровососущими членистоногими.

Особенности экологии таёжного клеща

Стадия активности таёжного клеща характеризуется развитием у голодных особей всех фаз комплекса поведенческих реакций, необходимых для обнаружения хозяина и нападения на него. Продолжительность периода активности – от активации особи весной до попадания ее на хозяина или гибели не нашедшего хозяина клеща в результате израсходования питательных веществ. Как правило, у взрослых клещей стадия активности не превышает 3 – 4 месяца, у личинок и нимф достигает 5 – 6 месяцев [1].

Первые активные взрослые клещи появляются с проталинами на хорошо прогреваемых участках местообитаний при среднесуточных температурах 3 – 6 °С а иногда даже при 0 °С. Нижний температурный порог активности лежит в пределах 0,3 – 1 °С. По наблюдениям в Кемеровской обл., дата первого в сезоне нападения на человека коррелирует с суммой среднемесячных температур за март – апрель соответствующего года [1].

Для разных пунктов наблюдений пик численности нападающих особей приходится на период между 17 мая и 15 июня и регистрируется обычно при среднесуточных температурах 7–15 °С [1].

Для отдельных этапов сезонного хода активности половозрелой фазы таежного клеща предложены природные феноиндикаторы, по которым можно примерно определять время их наступления. Так, начало послезимовочной активации повсюду совпадает с появлением крупных проталин и зацветанием первоцветов – мать-и-мачехи, ветреницы в европейской и сибирской частях ареала, горичвета амурского и весенника звездчатого – в дальневосточной части. Начало периода массовой активности в европейской и сибирской частях ареала совпадает с цветением черемухи, набуханием почек и появлением молодых листьев у липы, березы, а окончание активности – с зацветанием иван-чая [1].

Данные

В работе были использованы данные, полученные в 2004–2007 годах о численности взрослых голодных клещей, собранных на флаг, о количестве пострадавших от нападения клещей в Ку-

рортном районе, о температуре, влажности воздуха. Типичный график изменения числа пострадавших от нападения клещей приведён на рис. 1.

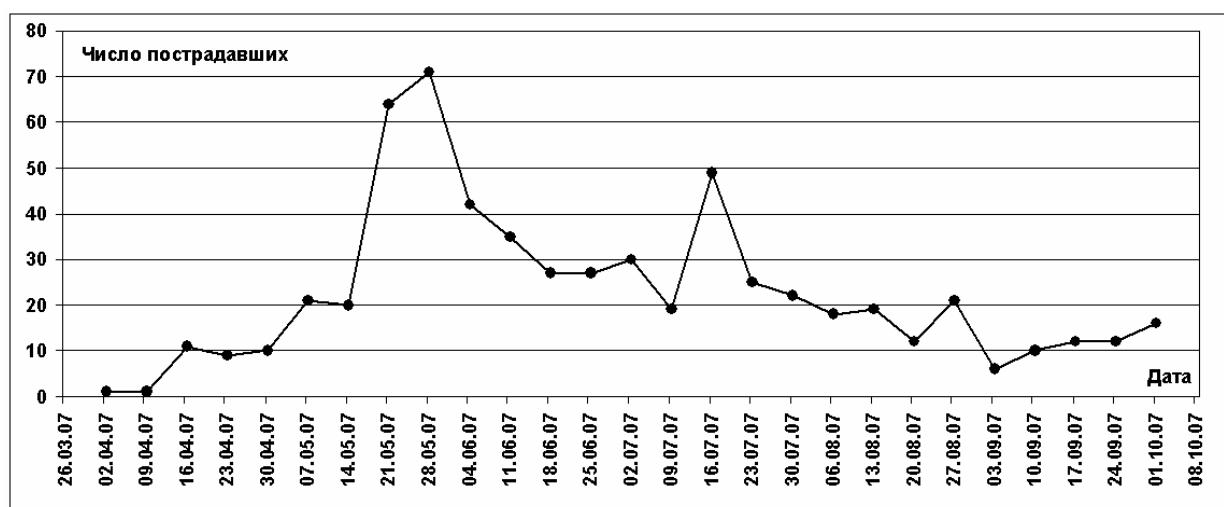


Рис. 1. Число пострадавших от нападения клещей в Курортном районе Санкт-Петербурга в 2007 г.

Метеорологические измерения проводились в обсерватории экологической безопасности в Комарово (Курортный р-н С-Петербурга) на высоте 2 м и на поверхности почвы. Метеорологическая станция находилась в лесной местности, подвергшейся антропогенному воздействию. Также были использованы данные метеостанции «С-Петербург».

Для анализа состояния растительности были использованы спутниковые данные системы EOS (Terra). Был выбран продукт – LAI, (MOD15A2 MODIS/Terra Leaf Area Index/FPAR 8-Day L3 Global 1km SIN Grid V005), разрешение на местности 1 км, периодичность – 8 дней. LAI или индекс листовой поверхности – это отношение площади листовой поверхности растений к единице площади поверхности земли ($\text{м}^2/\text{м}^2$) [2].

Методика обработки данных

Данные о численности взрослых голодных клещей, собранных на флаг, о количестве пострадавших от нападения клещей в Курортном районе были изначально доступны в усреднённом виде по недельным интервалам. Именно к этим интервалам и привязывались метеорологические данные и данные дистанционного зондирования. Анализ данных о численности взрослых голодных клещей, собранных на флаг и о количестве пострадавших от нападения клещей в Курортном районе показал, что для статистических оценок целесообразнее использовать данные о количестве пострадавших. Поэтому в дальнейшем будет использована только эта величина.

Метеорологические данные усреднялись по суточному интервалу, а затем и по недельному интервалу. Рассчитывались средненедельные данные о температуре и влажности воздуха. Были проведено сравнение среднесуточных данных о температуре и влажности воздуха в Комарово и Санкт-Петербурге. Кроме средненедельных температур воздуха рассчитывались и накопленные положительные температуры – сумма средненедельных положительных температур. Результаты сравнения данных по температуре и влажности воздуха на метеостанциях Комарово и Санкт-Петербург показали следующее: температура воздуха в Комарово, как на высоте 2 м, так и у почвы, днём выше, а ночью ниже, чем в городе. Среднесуточные температуры как в Комарово, так и в городе близки. Разность среднесуточных температур не превышает $\pm 1^\circ\text{C}$ в 88% случаев. Влажность воздуха в Комарово на обоих уровнях выше, чем в городе. Данные метеостанции Санкт-Петербург можно использовать для анализа связи параметров окружающей среды с численностью клещей.

Спутниковые данные по LAI извлекались из исходных HDF файлов, трансформировались из синусоидальной проекции в проекцию UTM и импортировались в ГИС по распространению иксодовых клещей в Санкт-Петербурге. ГИС построена на базе пакета ArcGIS 9.2. В ГИС проводились расчёты LAI по площади Курортного района. Затем данные LAI были пересчитаны на недельный интервал.

Таким образом, были получены данные о температуре и влажности воздуха, численности взрослых голодных клещей и о количестве пострадавших от нападения клещей, а также по LAI на недельные интервалы с 2004 по 2007 гг.

Результаты обработки данных

На основе совместного анализа данных выявлена выраженная зависимость между активностью клещей, количеством пострадавших от них людей и метеорологическими факторами и, в первую очередь, температурой воздуха, а также индексом листовой поверхности LAI.

Сначала был проведён анализ зависимости числа пострадавших от средненедельной температуры воздуха. Результаты сравнения для весны 2007 г. показаны на рис. 2. Затем был проведён анализ зависимости числа пострадавших от средненедельной накопленной температуры воздуха (рис. 3). На последнем этапе проводилось сравнение индекса листовой поверхности LAI с температурой воздуха и числом пострадавших. Зависимость LAI от накопленной температуры воздуха для Курортного района является линейной, коэффициент корреляции 0.98 (рис. 4). Зависимость числа пострадавших от индекса листовой поверхности показана на рис. 5. Эта зависимость также представляется линейной. Если не учитывать период ранней весны (низких значений LAI и отсутствия пострадавших от нападений), то коэффициент корреляции составит 0.97.

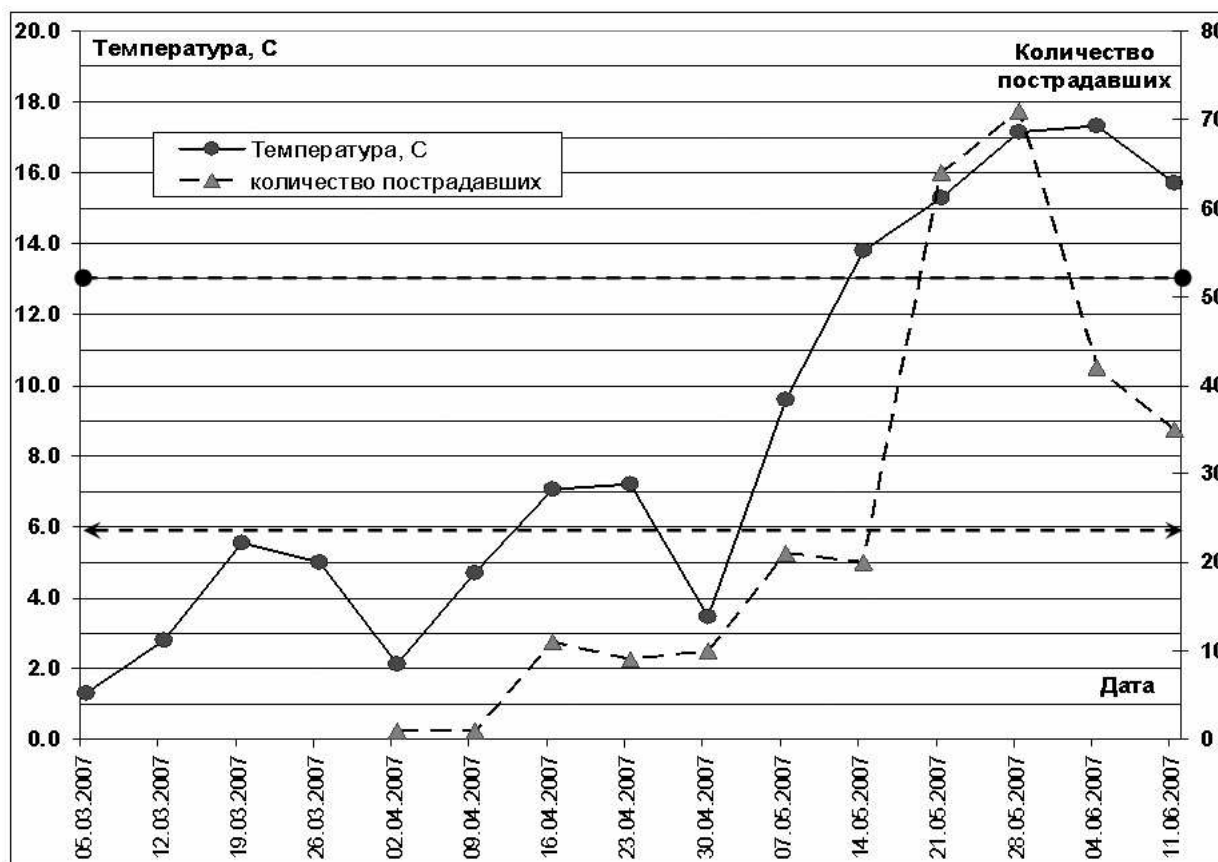


Рис. 2. Число пострадавших от нападения клещей и средненедельная температура воздуха в Курортном районе Санкт-Петербурга в 2007 г.



Рис. 3. Число пострадавших от нападения клещей и средненедельная накопленная положительная температура воздуха в Курортном районе Санкт-Петербурга в 2007 г. Стрелки показывают момент появления первых пострадавших от нападения и соответствующую накопленную температуру

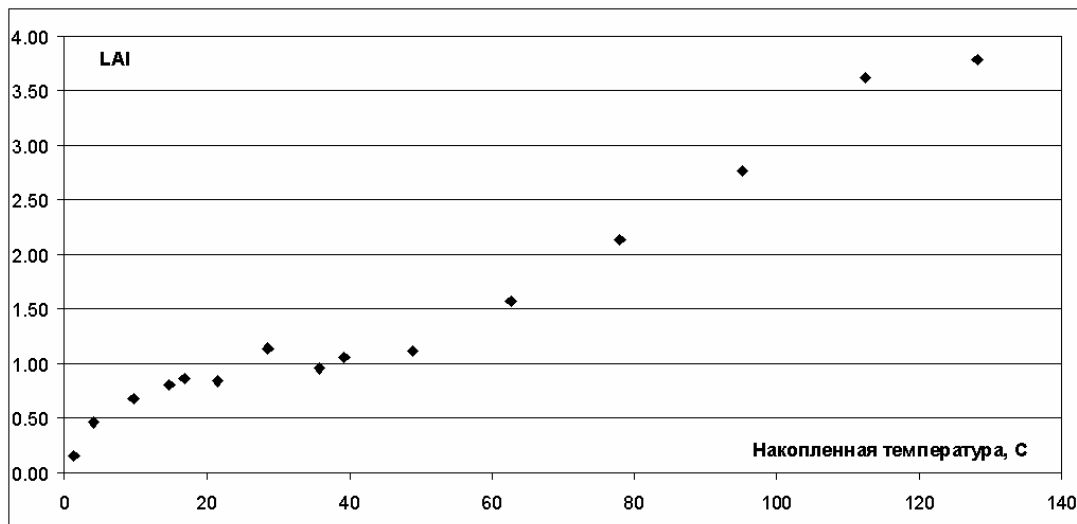


Рис. 4. Изменение индекса листовой поверхности LAI в зависимости от накопленной положительной температуры воздуха в Курортном районе Санкт-Петербурга в 2007 г.

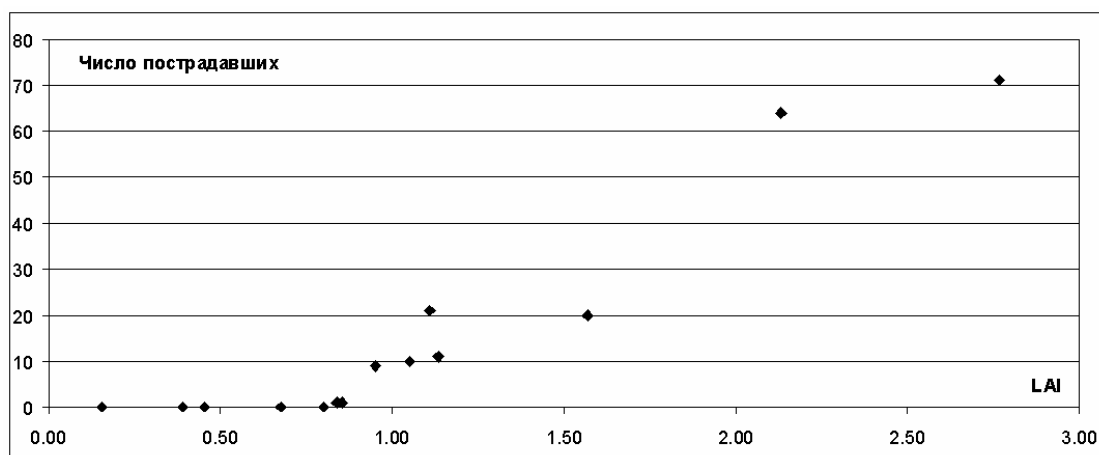


Рис. 5. Число пострадавших от нападения клещей и индекс листовой поверхности LAI в Курортном районе Санкт-Петербурга в 2007 г.

Такого же рода исследования были проведены для 2004 – 2006 гг. Они показали результаты, схожие с 2007 г. Суммируя эти результаты, можно сделать первые выводы о новой информации по экологии таёжного клеща и возможностей дистанционных методов для его изучения.

1) Установлено, что первые обращения за медицинской помощью пострадавших от нападения клещей происходят при превышении средненедельной температуры +6 °С или при превышении средненедельной накопленной температуры +13 °С. 2) Максимальное число пострадавших наблюдается при превышении средненедельной температуры выше +13 °С. 3) На территории Курортного района влажность воздуха (как абсолютная, так и относительная) не оказывает существенного влияния на активность клещей. 4) Выявлено высокое значение коэффициентов корреляции (0.94-0.97) между индексом листовой поверхности и накопленной положительной температурой воздуха с количеством людей, пострадавших от клещей.

Заключение

Результаты исследований свидетельствуют об эффективности комплексного использования наземных и спутниковых методов слежения за параметрами окружающей среды для оценки их влияния на активность клещей. Выявленные закономерности могут быть использованы для прогностических исследований числа пострадавших от нападения клещей и повышения эффективности профилактических мероприятий в отношении «клещевых» инфекций. Дальнейшие исследования будут направлены на прогноз активности клещей, использование тепловых спутниковых данных, тестирование полученных результатов в других условиях.

Литература

1. Таежный клещ *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae): Морфология, систематика, экология, медицинское значение. Л.: Наука, 1985. 416 с.
2. Y. Knyazikhin, J. Glassy, J. L. Privette, Y. Tian, A. Lotsch, Y. Zhang, Y. Wang, J. T. Morisette, P. Votava, R. B. Myneni, R. R. Nemani, S. W. Running. MODIS Leaf Area Index (LAI) and Fraction of Photosynthetically Active Radiation Absorbed by Vegetation (FPAR) Product (MOD15) Algorithm Theoretical Basis Document, <http://eosps.nasa.gov/atbd/modistables.html>, 1999.