

Ю.С. Коротков<sup>1</sup>, А.Я. Никитин<sup>2</sup>, А.М. Антонова<sup>3</sup>, Д.Б. Вержуцкий<sup>2</sup>, Е.А. Вершинин<sup>2</sup>,  
В.М. Корзун<sup>2</sup>, О.В. Мельникова<sup>2</sup>, Ю.А. Козлова<sup>2</sup>

## ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ЧИСЛЕННОСТИ ТАЕЖНОГО КЛЕЩА В ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЕ ИРКУТСКА

<sup>1</sup>ГУ Институт полиомиелита и вирусных энцефалитов им. М.П. Чумакова РАМН (Москва)  
<sup>2</sup>ФГУЗ «Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Сибири и Дальнего Востока» (Иркутск)  
<sup>3</sup>ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Иркутской области» (Иркутск)

Численность голодных взрослых *I. persulcatus* с 1970 по 1985 гг. оставалась в пригородах Иркутска стабильно низкой и колебалась в пределах 0,2–3,1 клеща на 1 флаго-час. С 1986 по 2006 гг. определился тренд, выражающийся в неуклонном росте численности имаго в этот период. В результате среднее обилие клещей увеличилось более чем в 80 раз, что обусловлено рядом факторов, в том числе климатическими изменениями, произошедшими за описываемое время. Представлено аналитическое уравнение, устанавливающее связь численности клещей с климатическими параметрами за весь период наблюдений.

**Ключевые слова:** *Ixodes persulcatus*, прогноз численности, Иркутск

## TEMPORAL STRUCTURE OF THE TAIGA TICK ABUNDANCE IN THE RECREATIONAL ZONE OF IRKUTSK

Yu.S. Korotkov<sup>1</sup>, A.Ya. Nikitin<sup>2</sup>, A.M. Antonova<sup>3</sup>, D.B. Verzhutsky<sup>2</sup>, E.A. Vershinin<sup>2</sup>,  
V.M. Korzun<sup>2</sup>, O.V. Mel'nikova<sup>2</sup>, J.A. Kozlova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MP Chumacov's Institute of Poliomyelitis and Viral Encephalitis RAMS, Moscow  
<sup>2</sup>Irkutsk Scientific Research Antiplague Institute of Siberia and Far East, Irkutsk  
<sup>3</sup>Center of Hygiene and Epidemiology in Irkutsk Region, Irkutsk

The abundance of questing imago *Ixodes persulcatus* stayed stably low during 1970–1985 in Irkutsk suburbs and varied within 0,2–3,1 ticks per flag/hour. The trend towards steady increase of the imago abundance have been formed during 1986–2006. As a result the average ticks' abundance had grown more than 80 times, it was caused by a number of factors including climate changes that occurred during this time. Analytical equalization, establishing communication of ticks' abundance with climatic parameters during all period of supervision is presented.

**Key words:** *Ixodes persulcatus*, abundance prognosis, Irkutsk

Оценка численности таежного клеща *Ixodes persulcatus* Schulze является одной из составных частей программы мониторинга природноочаговых заболеваний человека. Мониторинг очагов клещевого энцефалита в Иркутской области проводится с 1956 г., а с 1991 г. он сочетается с наблюдением за очагами иксодовых клещевых боррелиозов [3, 6].

В последние два десятилетия отмечается неуклонный рост численности таежного клеща практически по всему ареалу – от северо-запада России до Забайкалья включительно. Беспрецедентно высокие темпы роста численности таежного клеща отмечены в южном Прибайкалье, и особенно в пригородной зоне Иркутска, где обилие имаго с 1979 по 1989 г. увеличилось в 12 раз [6, 16]. Высказано несколько гипотез, объясняющих изменения численности переносчика на юге Восточной Сибири: глобальное изменение климата, строительство каскада ангарских ГЭС, увеличение интенсивности рубок леса и увеличение вследствие этого доли разновозрастных лиственных пород в древостое, появление в пригородах большого чис-

ла садоводств и дорог, запрет на применение ДДТ и др. [5, 6, 12]. Эти гипотезы сыграли существенную роль при поиске причин наблюдаемого роста обилия иксодид, однако все они нуждаются в дальнейшей проверке и параметрической оценке.

В настоящем сообщении исследуется динамика численности таежного клеща в пригородной зоне г. Иркутск, относимой к территории наибольшего риска заражения горожан клещевыми инфекциями. Параметрические оценки наблюдаемого изменения обилия голодных взрослых клещей строятся на основе метода «анализ временных рядов» [2], включающего определение частотного спектра, разложение имеющихся числовых последовательностей на периодические составляющие, различные виды фильтрации переменных, расчет кросс- и автокорреляционных функций, регрессионный анализ отдельных циклических компонент.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В основу работы положен анализ материалов отчетов по изменению численности голодных

взрослых клещей *I. persulcatus* в пригородной зоне Иркутска за период с 1970 по 2006 г., собранный сотрудниками ЦГСЭН этого города и Иркутского научно-исследовательского противочумного института. Учеты проводили ежегодно в период наибольшей активности имаго. В качестве учетной единицы использовали число особей, отловленных на один флаго-час. Ход изменения численности таежного клеща мы рассматриваем как функцию климатических показателей, сукцессионных процессов, обилия позвоночных животных — прокормителей различных стадий развития переносчика, т.е. тех факторов, которые непосредственно влияют на выживание и размножение эктопаразитов. К сожалению, не все рассматриваемые аргументы могут быть представлены в количественном выражении. Реально мы располагали только климатическими параметрами и временем течения наблюдаемого процесса. Нами предпринята попытка описать ход изменения численности клещей в пригородной зоне Иркутска на основе климатической модели, используя имеющийся опыт, полученный в ходе аналогичного исследования в других частях ареала переносчика [8, 9, 15].

В тексте приняты следующие сокращения:  $r$  — коэффициент корреляции Спирмена;  $R$  — коэффициент множественной корреляции в многофакторном регрессионном анализе;  $R^2$  — коэффициент детерминации;  $p$  — вероятность расхождения между исходными и расчетными значениями.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

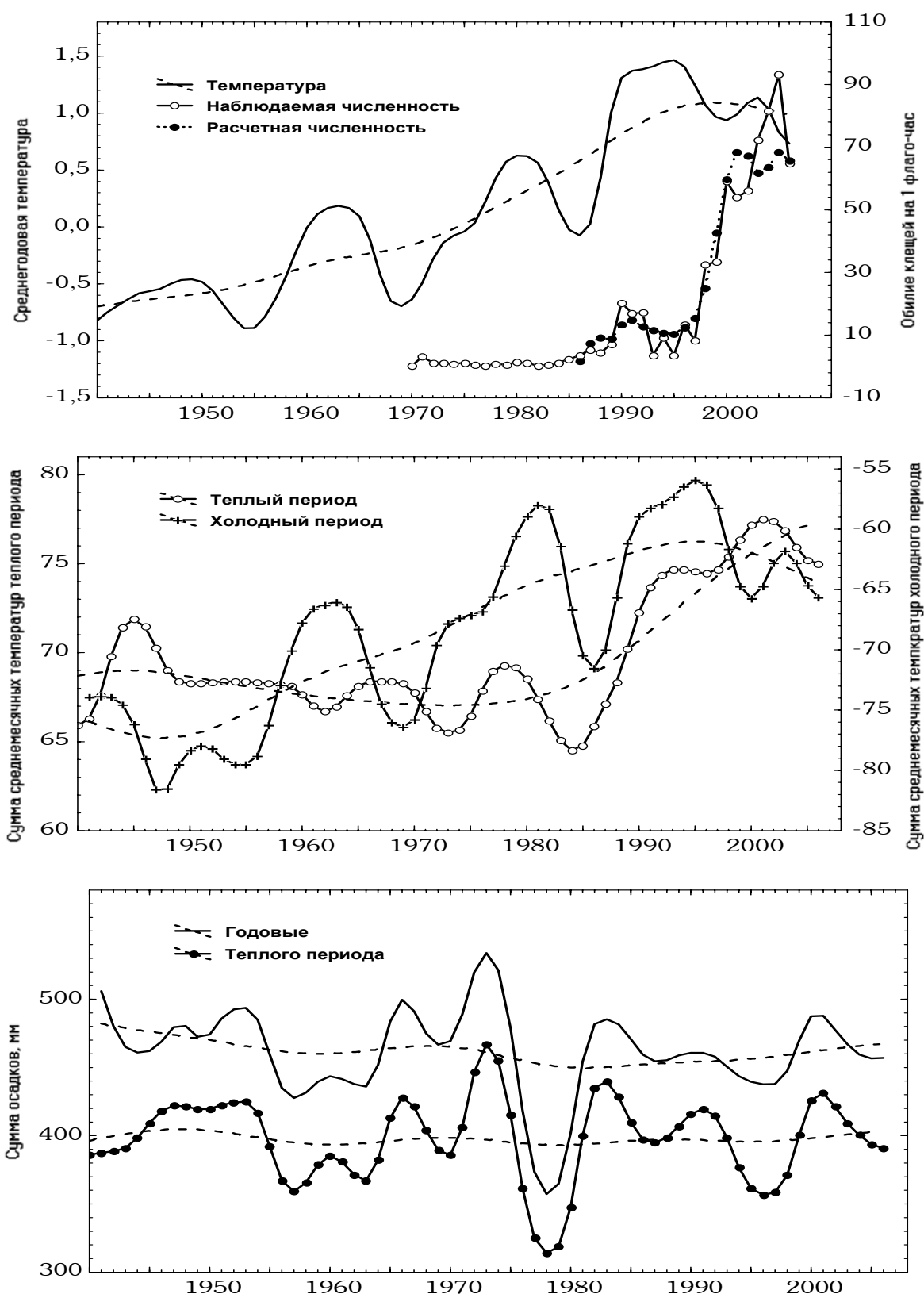
Численность голодных взрослых клещей в пригородной зоне г. Иркутск оставалась на протяжении многих лет на крайне низком уровне (рис. 1). В период с 1970 по 1985 г. она составляла в среднем 1,0 клещ на один флаго-час и колебалась в пределах 0,2 — 3,1. С 1986 по 1998 г. обилие имаго возросло с 3,5 до 32,5, а в последние три года наблюдений достигло 65 — 93 особей на флаго-час. Таким образом, за 36-летний период времени, данный показатель вырос примерно в 80 раз. Колебания численности клещей при низкой их плотности не структурированы в циклы (квазипериоды) и носят случайный характер. Элементы циклической структуры начинают проявляться при численности пять и более особей на один флаго-час. Краткосрочные (высокочастотные) циклы находятся в тени мощной трендовой составляющей, точно так же, как это наблюдается в период восстановления популяции переносчика после пожаров или противоклещевых обработок [10]. Следует отметить, что столь же стремительное увеличение численности таежного клеща отмечается не только в пригородах, но и по всему югу Иркутской области. Уже к 1989 г. она выросла здесь с 30 до 300 и более особей на 1 км учетного маршрута [6, 7].

Повышение численности клещей протекало на фоне роста среднегодовой температуры воздуха в Иркутской области, которая за период наших наблюдений в окрестностях Иркутска увеличилась с  $-0,25$  до  $+1,2$  °C и перешла характерный в про-

шлом для Восточной Сибири порог минусовых среднегодовых температур. Причем ранее (1940 — 1955) средняя температура воздуха находилась на еще более низком уровне и составляла  $-0,6$  °C. Лишь в последнее десятилетие (с 1997 г.) вновь началось снижение этого показателя. В колебаниях среднегодовой температуры воздуха отчетливо проявляются среднесрочные циклы с периодом 12 — 18 лет. Спектральный анализ показывает, что средняя их продолжительность составляет 16,5 года. Аналогичные циклы мы отмечали ранее в Красноярском крае [8, 15].

На территории России — от западных границ до Енисея — потепление сопровождалось значительным увеличением количества выпадающих за год осадков. На юге Восточной Сибири этот показатель оставался с 1940 по 2006 г. примерно на одном уровне, и его средняя величина, определяемая по линии тренда, не выходила за пределы 450 — 480 мм. Это обусловлено тем, что вследствие значительного удаления и изоляции горными массивами в исследуемый регион не проникает влажный воздух океанов (Атлантического и Тихого) [14]. Примечательно, что нарастание среднегодовой температуры воздуха происходило главным образом за счет изменений в холодный период года (ноябрь — март). Графики динамики этих процессов практически идентичны. Сумма среднемесячных температур теплого периода (апрель — октябрь) характеризуется незначительным, но стабильным ее снижением с 1940 по 1975 г., сменившимся ростом в последующие годы. Заметное снижение среднегодовой температуры воздуха в последнее время (1997 — 2006), отраженное на рисунке 1, обусловлено характером изменения температуры в холодный период года, в то время как в теплый период она продолжает нарастать. За 20 лет начавшегося «летнего» потепления сумма среднемесячных температур воздуха в это время выросла с 67 до 77 °C.

Несмотря на очевидный параллелизм в ходе изменений численности клещей и суммы годовых температур, эти два процесса практически не коррелируют друг с другом ( $r = 0,29$ ;  $p = 0,09$ ). Коэффициент корреляции достигает значимых величин при сопоставлении этих же показателей после удаления из временных рядов «высокочастотных» и случайных компонент с помощью нелинейного резистентного сглаживания ( $r = 0,41$ ;  $p = 0,01$ ), т.е. выявляется связь между их среднесрочными циклами. Еще более высокие значения корреляции наблюдаются между изменениями обилия имаго и среднесрочной циклической составляющей температуры теплого периода года ( $r = 0,74$ ;  $p = 0,000$ ). В то же время на обилии клещей не сказываются колебания температуры холодного времени. Наряду с этим отмечены достоверные корреляции численности со многими другими показателями климата в среднесрочных циклах, рассчитанных за отдельные месяцы. Так, наиболее сильная связь установлена с температурой февраля ( $r = 0,43$ ;  $p = 0,009$ ), марта ( $r = 0,67$ ;  $p = 0,000$ ), отдельных



**Рис. 1.** Динамика численности голодных взрослых клещей *Ixodes persulcatus* в пригородной зоне Иркутска (наблюдаемые и расчетные значения, тренд) на фоне трендов (пунктирные линии – нелинейные тренды, рассчитанные с помощью метода наименьших квадратов).

месяцев теплого периода года ( $t$  изменяется в пределах 0,36 – 0,62 при  $p < 0,03$ ) и количеством осадков в марте ( $r = 0,73$ ;  $p = 0,000$ ).

Обращает на себя внимание достаточно высокая корреляция численности клещей как по наблюдаемым значениям, так и по циклическим со-

ставляющим с изменениями климатических показателей февраля и марта. При формальном анализе можно было бы рассматривать наличие такой связи как указание на существенную роль отдельных зимних месяцев для выживания имаго в холодный период года. Однако, принимая во внимание то обстоятельство, что на юге Восточной Сибири клещи зимой находятся в состоянии покоя под слоем снега глубиной 20–46 см и хорошо переносят сильные холода, достигая весной высокой численности, выявленным корреляциям следует искать другое объяснение. Его мы видим в том, что температура февраля является хорошим идентификатором среднегодовой температуры. Корреляция между этими двумя климатическими показателями достигает 0,82 ( $p = 0,000$ ), в то время как с температурой других месяцев она либо отсутствует, либо находится на значительно более низком уровне. При построении регрессий мы относимся к подобным показателям как к интегральным маркерам климата, позволяющим не столько выявлять степень влияния того или иного климатического фактора на популяционные процессы, сколько, учитывая свойства этих показателей, использовать их при построении числовой описательной модели изучаемого процесса.

На первой стадии регрессионного анализа, сводящегося к поиску аргументов предполагаемой функции, в качестве переменных включались все показатели, проявляющие достоверную корреляцию с изменениями численности имаго. Число таких аргументов достигает 10 и более. Детерминированность получаемых уравнений превышает 0,99, однако при таком количестве переменных модель утрачивает толерантность. Исключение коллинеарных аргументов приводит к упрощению описательного уравнения, сокращению числа включаемых в модель параметров до четырех и повышению толерантности до значимого уровня. Описательное уравнение, принимает следующий вид:

$$y = -759,17 - 16,14x_1 - 30,03x_2 + 15,02x_3 + 15,05x_4, (R = 0,97, R^2 = 0,94, p = 0,000),$$

где  $y$  – расчетная численность клещей в какой-либо сезон  $n$ ;  $x_1$  – температура февраля в среднесрочной циклической составляющей в сезон  $n$ ;  $x_2$  – то же для температуры июля в сезон  $n-1$ ;  $x_3$  – то же для среднегодовой температуры в сезон  $n-1$ ;  $x_4$  – то же для суммы месячных температур теплого периода года в сезон  $n-1$ .

Приведенное уравнение отражает связь численности популяции клещей, прежде всего с трендовыми и среднесрочными компонентами в ходе изменения климата. Климатические предикторы показывают, что средний уровень обилия имаго переносчика в предстоящие 2–3 года существенно не изменится. На 2007 г. прогнозируется, что он будет оставаться в пределах 57–71 клеща на 1 флаго-час. В ближайшие годы в краткосрочных циклах проявится тенденция к стабилизации среднего уровня численности и увеличению размаха ее колебаний. В настоящем сообщении мы намеренно не

вводим в число аргументов модели значения предшествующего обилия клещей, которое обычно существенно повышает качество статистического описания наблюдаемого процесса и достоверность краткосрочного прогноза [8]. На примере изучения динамики численности *I. persulcatus* на юге Иркутской области нам важно подчеркнуть, что одной из наиболее существенных причин многолетнего роста обилия переносчика являются климатические изменения, происходившие в последние десятилетия. В рамках климатической модели удается с высокой вероятностью объяснить наблюдаемые изменения обилия имаго по линии тренда и в среднесрочных циклах (коэффициент детерминации – 0,94–0,99).

По нашему мнению, сложившемуся ранее при изучении динамики численности таежного клеща в других частях видового ареала [8, 9, 15], наблюдаемые изменения климата оказывают как прямое благоприятное влияние на выживание переносчика, так и косвенное – реализующееся через улучшение условий для прокормителей транзитных стадий развития иксодид.

Приведенные данные показывают, что ход изменения численности таежного клеща, как в пригородной зоне Иркутска, так и за ее пределами, представляет нестационарный процесс, т.е. характеризуется меняющейся с течением времени дисперсией и средним значением числового ряда. Для анализа таких процессов неприемлемы методы регрессионного (факторного) описания наблюдаемого явления, широко применявшиеся в 70-е годы [4, 13]. Идея о квазипериодичности и полициклическости биологических процессов стимулировала поиск новых методов анализа. Наиболее доступным на первом этапе исследований в этом направлении оказался метод «экстраполяционного экспертного прогноза», учитывающий возможность предсказания тенденции развития наблюдаемого процесса [1, 11]. Метод основан на анализе имеющихся одномерных временных рядов изменений показателя за прошедшие годы и экстраполяции выявленных зависимостей на предстоящие. В более поздних работах метод дополнялся элементами спектрального анализа, дающими возможность учитывать тенденции развития процесса не только в трендовых и долгопериодических компонентах, но и в средних и краткосрочных циклах [12]. В итоге выяснилось, что «экстраполяционный экспертный прогноз» по одномерным рядам данных не может служить целям долгосрочного прогнозирования без привлечения факторов, определяющих наблюдаемые тенденции развития. К сожалению, число факторов, учитываемых в ходе мониторинга природных очагов, невелико и продолжает сокращаться. Так, в ряде регионов не проводились или перестали проводиться учеты мелких млекопитающих, все труднее стало получать информацию о численности средних и крупных прокормителей клещей. Универсальными и наиболее доступными сведениями остаются метеорологические данные. В таких условиях, как показывают результаты наших иссле-

дований, численность переносчика вируса клещевого энцефалита может достаточно успешно прогнозироваться на основе климатических моделей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Болотин Е.И. О функциональной организации природных очагов клещевого энцефалита и прогнозе их эпидемического проявления: анализ одномерных временных рядов заболеваемости / Е.И. Болотин // Паразитология. — 2001. — Т. 35, Вып. 5. — С. 386—393.
2. Боровиков В.П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов / В.П. Боровиков. — СПб.: Питер, 2003. — 688 с.
3. Васенин А.А. К вопросу о прогнозировании клещевого энцефалита / А.А. Васенин // Тр. Иркутского НИИ ЭМ. — Иркутск, 1965. — Вып. 8. — С. 123—124.
4. Волков В.И. Количественное прогнозирование клеща таежного (*Ixodes persulcatus* P. Sch.) / В.И. Волков, Н.Е. Ершов // Вестник зоол. — Киев, 1979. — С. 69—73.
5. Данчинова Г.А. Экология иксодовых клещей и передаваемых ими возбудителей трансмиссивных инфекций в Прибайкалье и на сопредельных территориях: Автореф. дис. ... док. биол. наук: 03.00.16 / Иркутский гос. ун-т. — Иркутск, 2006. — 45 с.
6. Злобин В.И. Клещевой энцефалит. Этиология, эпидемиология, профилактика в Сибири / В.И. Злобин, О.З. Горин. — Новосибирск: Наука, 1996. — 177 с.
7. Коротков Ю.С. Постепенная изменчивость паразитарной системы клещевого энцефалита / Ю.С. Коротков // Вопросы вирусологии. — 2005. — Т. 50, № 3. — С. 52—56.
8. Коротков Ю.С. Циклические процессы в динамике численности таежного клеща и их связь с погодными и климатическими условиями / Ю.С. Коротков // Паразитология. — 1998. — Т. 32, Вып. 1. — С. 21—31.
9. Коротков Ю.С. Хронологическая структура численности таежного клеща в Приморском крае / Ю.С. Коротков, Н.М. Окулова // Паразитология. — 1999. — Т. 33, Вып. 3. — С. 257—274.
10. Коротков Ю.С. Источники и закономерности восстановления численности таежного клеща (*Ixodes persulcatus*, Shulze, 1930) в очагах клещевого энцефалита, обработанных дустом ДДТ / Ю.С. Коротков, С.П. Чунихин // Мед. паразитол. — 1989. — № 3. — С. 9—16.
11. Наумов Р.Л. Цикличность изменения элементов паразитарной системы очагов клещевого энцефалита / Р.Л. Наумов, В.В. Лабзин, В.П. Гутова // Паразитол. сб. — Л.: Наука, 1984. — Т. 32. — С. 130—160.
12. Никитин А.Я. Учеты, прогнозирование и регуляция численности таежного клеща в рекреационной зоне города Иркутска / А.Я. Никитин, А.М. Антонова. — Иркутск: ИГУ, 2005. — 116 с.
13. Окулова Н.М. Биологические взаимосвязи в лесных экосистемах (на примере природных очагов клещевого энцефалита) / Н.М. Окулова. — М.: Наука, 1986. — 248 с.
14. Пармузин Ю.П. Тайга СССР / Ю.П. Пармузин. — М.: Мысль, 1985. — 303 с.
15. Циклические изменения численности таежного клеща в заповеднике «Столбы» / Ю.С. Коротков, Л.М. Акулова, Т.Г. Хазова и др. // Мед. паразитол. — 1992. — № 3. — С. 7—10.
16. Эпидемиологические особенности и проблемы профилактики клещевого энцефалита в Иркутске / В.И. Лебедев, А.М. Антонова, Г.А. Чистопорова и др. // Современные проблемы эпидемиологии, диагностики и профилактики клещевого энцефалита: Тез. докл. Всесоюзн. симпоз. — Иркутск, 1990. — С. 76.