
Международный научный центр исследований экстремальных состояний организма
при Президиуме КНЦ СО РАН

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ ИКСОДОВЫХ КЛЕЩЕЙ: ПРОБЛЕМЫ ЭЛИМИНАЦИИ

Вшивкова Ольга

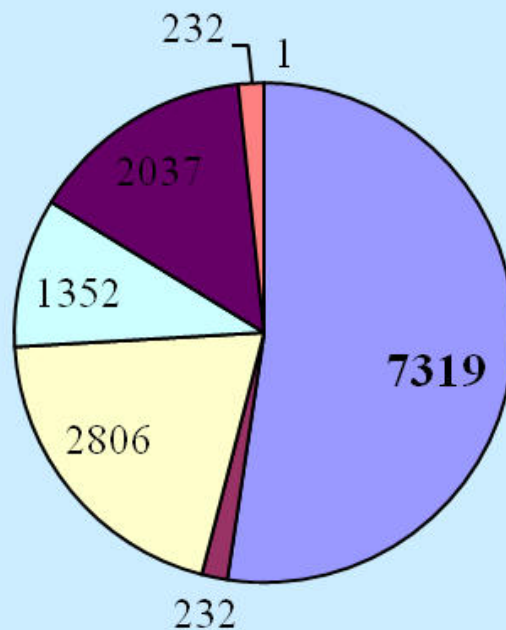
oavshivkova@mail.ru

Иксодовый клещ является переносчиком опасных заболеваний человека:

- *Клещевой энцефалит;*
- *Клещевой боррелиоз (Лайма);*
- *Геморрагические лихорадки;*
- *Клещевые риккетсиозы;*
- *Ку-лихорадка*
- *Сыпной клещевой тиф*
- *Туляремия*



Уровень заболеваемости населения КЭ в федеральных округах РФ по данным 2005-2008 гг (А.Я. Никитин и др.).



■ СФО

■ ДФО

■ УФО

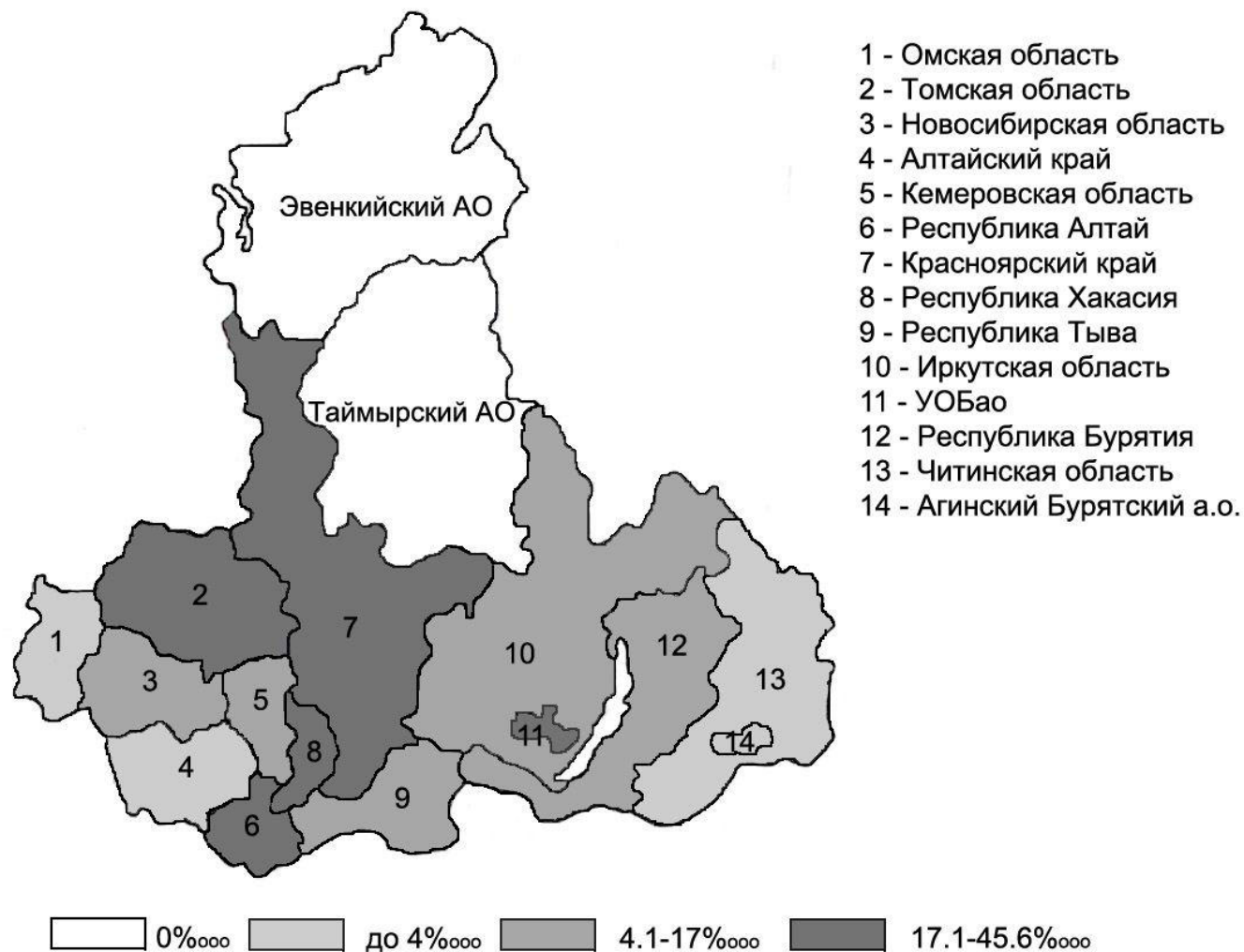
■ С-ЗФО

■ Привол. ФО

■ ЦФО

■ ЮФО

Территориальное распространение заболеваемости клещевым энцефалитом в Сибирском Федеральном округе на 100 тыс. населения



Мероприятия, направленные только на снижение численности клещей, сталкиваются с проблемой высокой устойчивости популяции.

Можно выделить два пути, по которым восстанавливается численность популяции клеща на территориях:

- занос животными-прокормителями на в том числе и обработанные территории;
- особенности жизненного цикла клеща в средних широтах.

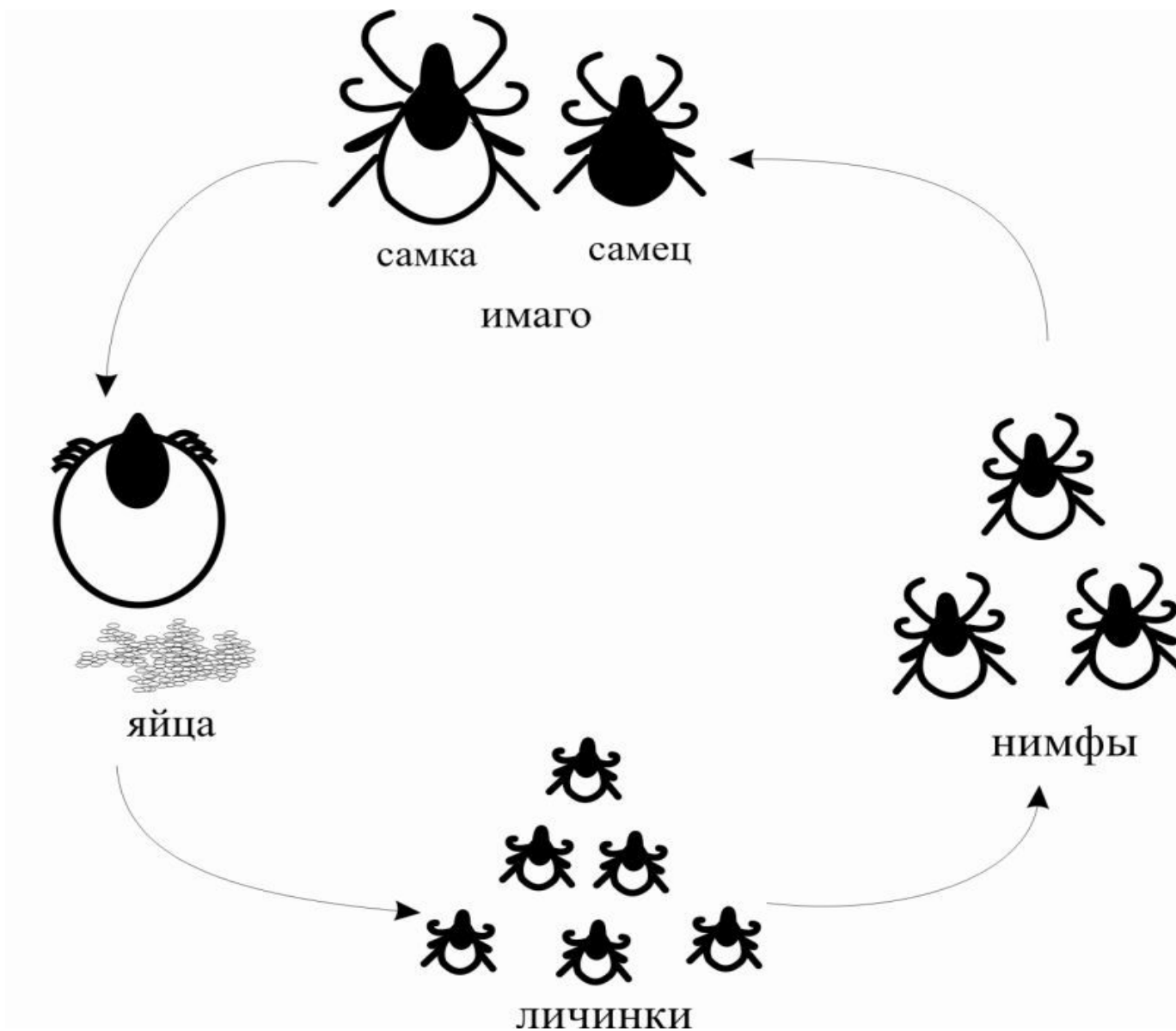


Рис.1. Цикл развития иксодовых клещей

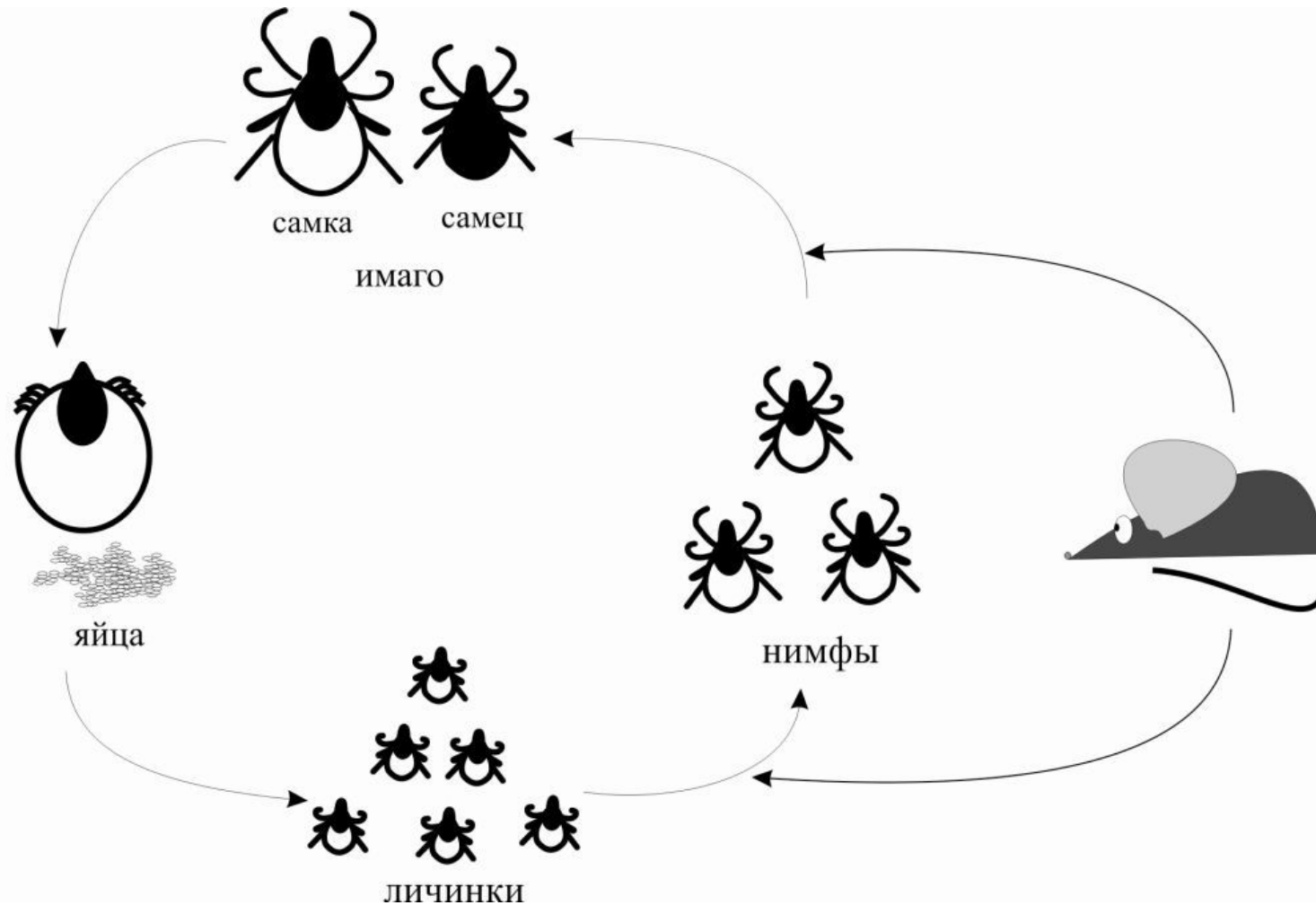
Возможные варианты изъятия клеща из экосистем:

- **краткосрочные**

(массово применяемые акарицидные препараты, длительность воздействия не более 1,5 мес.)

■ среднесрочные –

различные способы снижения численности прокормителей клеща на ранних стадиях его метаморфоза (воздействие может длиться около 1-2-х лет)



Положения модели:

- η_1 ($0 \leq \eta_1 \leq 1$) – вероятность кладки яиц самкой;
- η_2 ($0 \leq \eta_2 \leq 1$) – вероятность перехода «яйцо-личинка»;
- η_3 ($0 \leq \eta_3 \leq 1$) – вероятность перехода «личинка-нимфа»;
- η_i ($0 \leq \eta_i \leq 1$) – вероятность перехода «нимфа-имаго»;
- x – плотность клещей в экосистеме;
- коэффициент размножения клещей $K = \frac{x_{j+1}}{x_j}$
- При $x \rightarrow 0$ $K \rightarrow \alpha$, где α – мальтузианский параметр размножения (удельная скорость роста) клещей, зависящий от влияния различных биотических и абиотических факторов в экосистеме:

$$\alpha = \varphi(n, y_1, y_2, \dots, y_r) \quad (1)$$

- При заданных значениях y_v в экосистеме выражение (1) принимает вид $x = \varphi(n)$. Пусть γ – доля самок в популяции клеща. Тогда

$$x(n) = N \gamma \eta_1 \eta_2 \dots \eta_i. \quad (2)$$

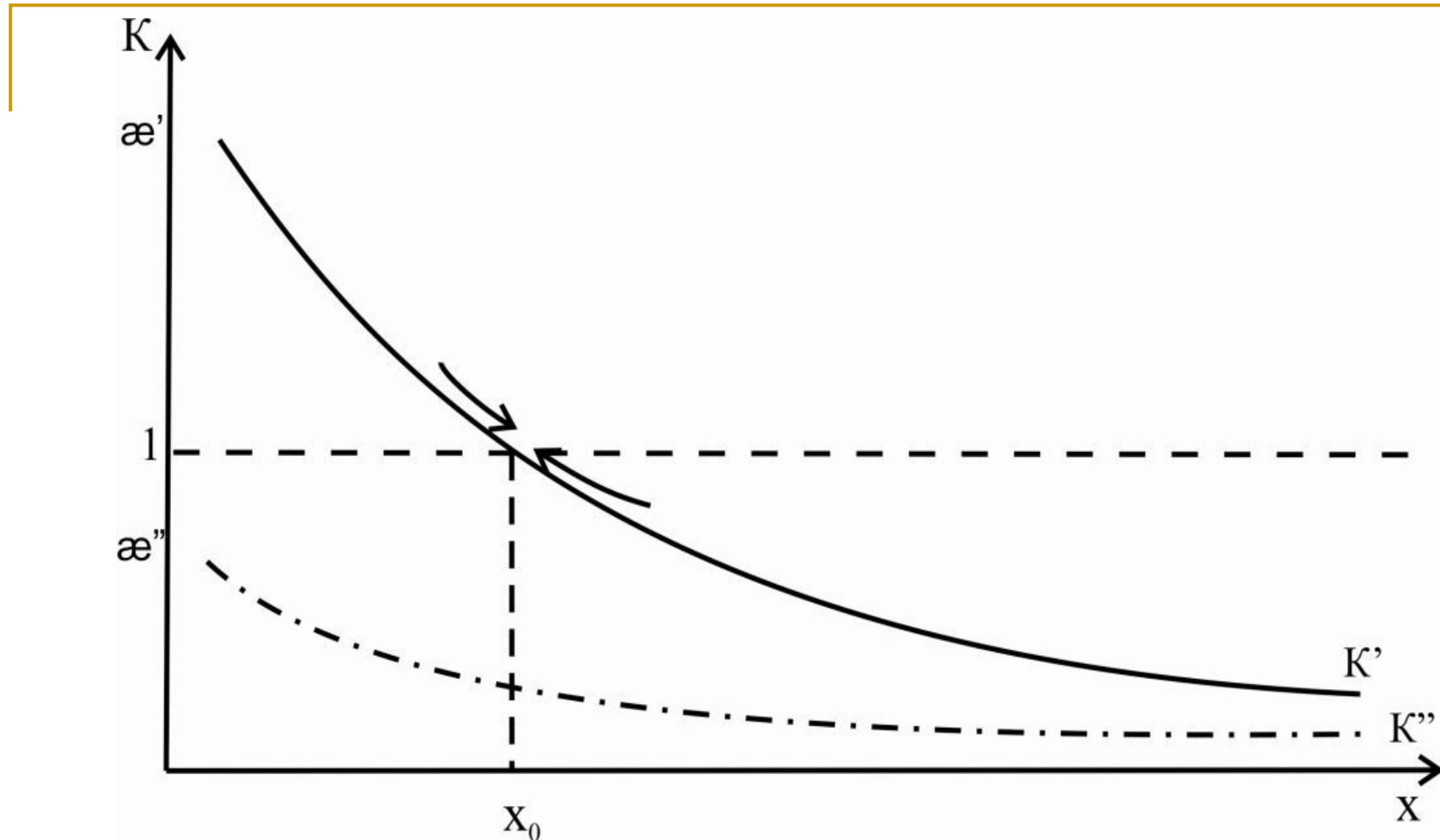


Рис.3. Коэффициент размножения популяции. По оси абсцисс x – плотность популяции, по оси ординат K – коэффициент размножения.

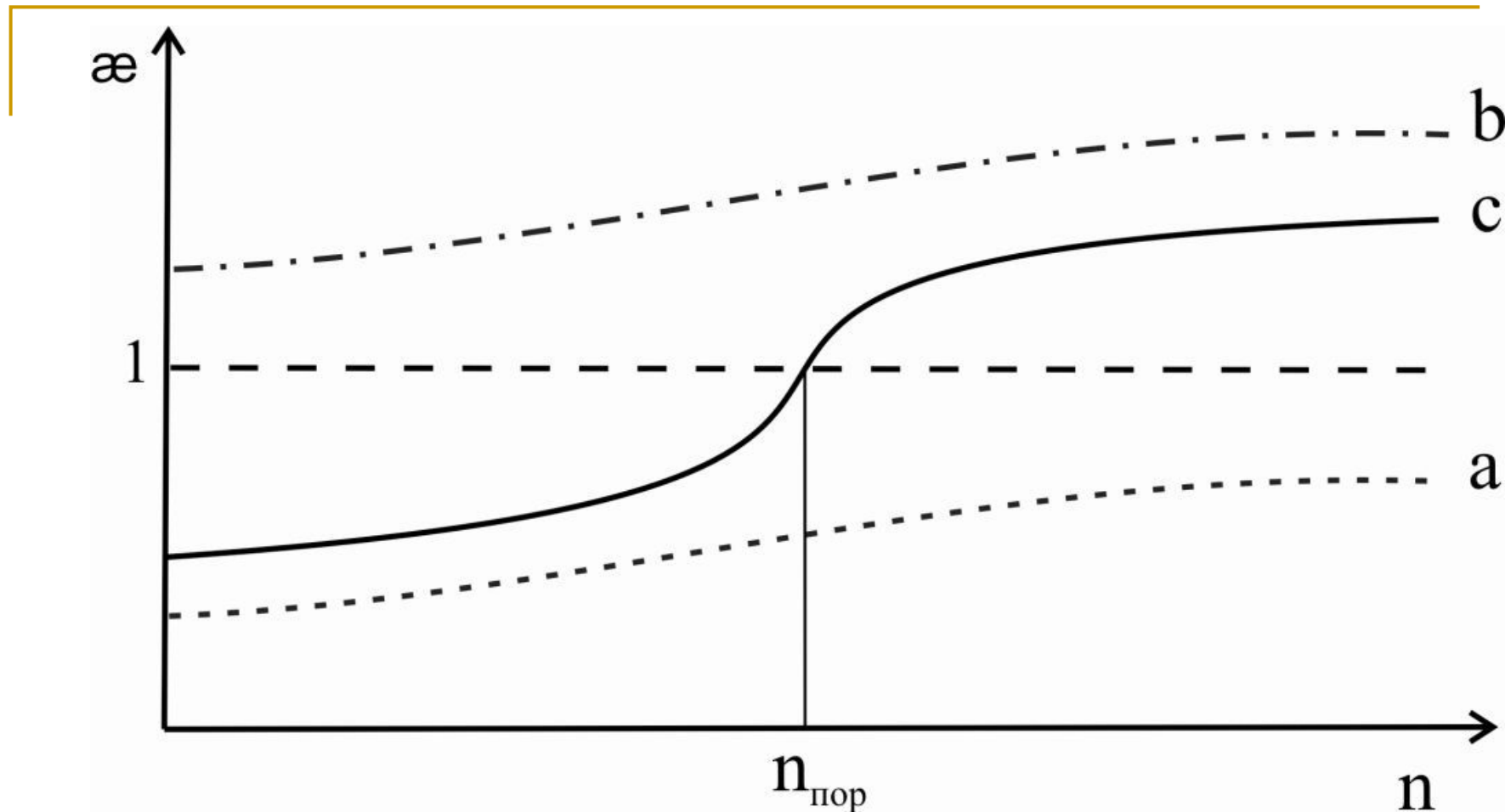
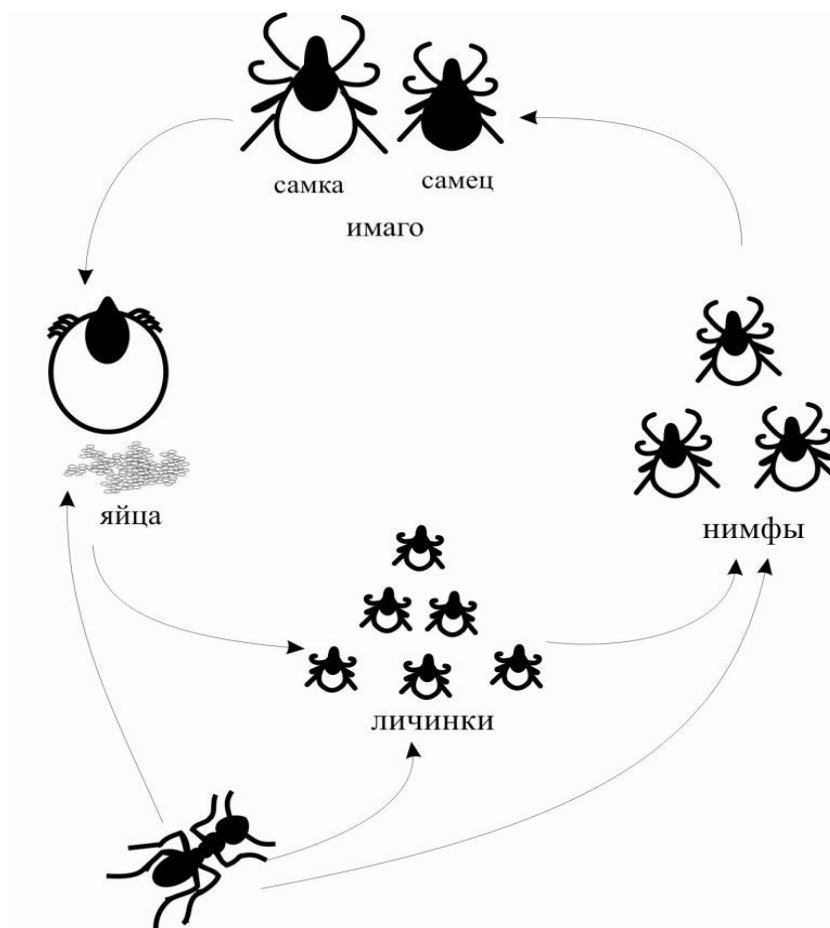


Рис.4. Зависимость величины мальтузианского параметра популяции клещей α от плотности мышевидных грызунов в экосистеме. По оси абсцисс – плотность популяции грызунов; по оси ординат – мальтузианский параметр. а – области с α ниже 1 при любой численности грызунов, б – области с α , большим 1 при любой численности грызунов, с – области с переменным α , проходящим через 1.

■ долгосрочные –

воздействие популяции муравьев на популяции иксодовых клещей

Прямое влияние муравьев на популяции иксодовых клещей



Опосредованное влияние муравьев на популяции иксодовых клещей

- Популяции этих насекомых могут создавать препятствия для перемещения по территории мелких млекопитающих и птиц в виде муравьиных дорог;
- Также в экосистеме при активном воздействии муравьев на химический состав почвы, могут создаваться неблагоприятные условия для существования грызунов.

Математическую модель прямого воздействия популяций муравьев на плотность популяции иксодового клеща можно построить в виде разностных уравнений

- $\eta_1 (0 \leq \eta_1 \leq 1)$ – вероятность кладки яиц самкой;
- $\eta_2 (0 \leq \eta_2 \leq 1)$ – вероятность перехода «яйцо-личинка»;
- $\eta_3 (0 \leq \eta_3 \leq 1)$ – вероятность перехода «личинка-нимфа»;
- $\eta_i (0 \leq \eta_i \leq 1)$ – вероятность перехода «нимфа-имаго»;
- x – плотность клещей в экосистеме;
- $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – соответственно, доли яиц, личинок, нимф, съеденных муравьями ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 < 1$)

Наличие и отсутствие иксодового клеща в экосистеме определяется мальтузианским параметром.

$$\lambda = \varphi(m, n, y_1, y_2, \dots, y_v)$$

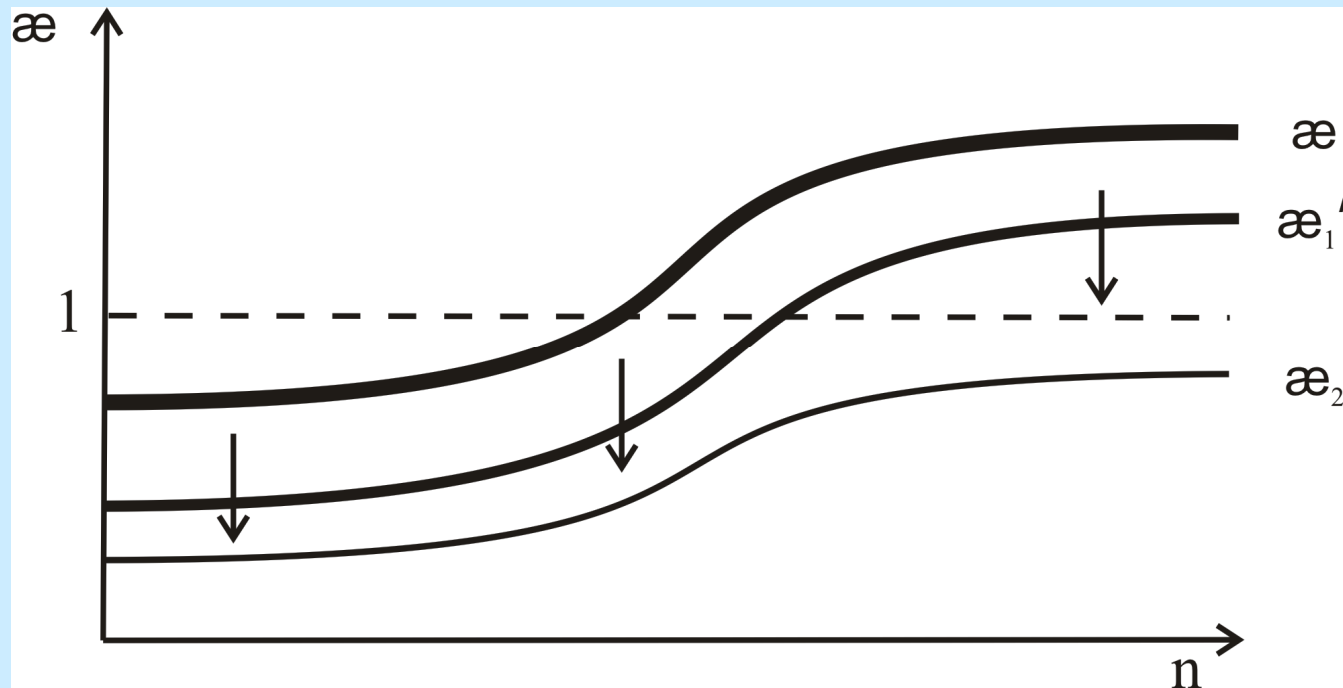
где m – плотность популяции муравьев.

Если γ – доля самок в популяции клеща, то при заданных значениях y_v и n :

$$\lambda = \lambda(n) = N\gamma\eta_1\eta_2\dots\eta_i$$

$$\lambda' = \lambda(n, m) = N\gamma\eta_1(1 - \alpha_1 m)\eta_2(1 - \alpha_2 m)\eta_3(1 - \alpha_3 m)\dots\eta_i$$

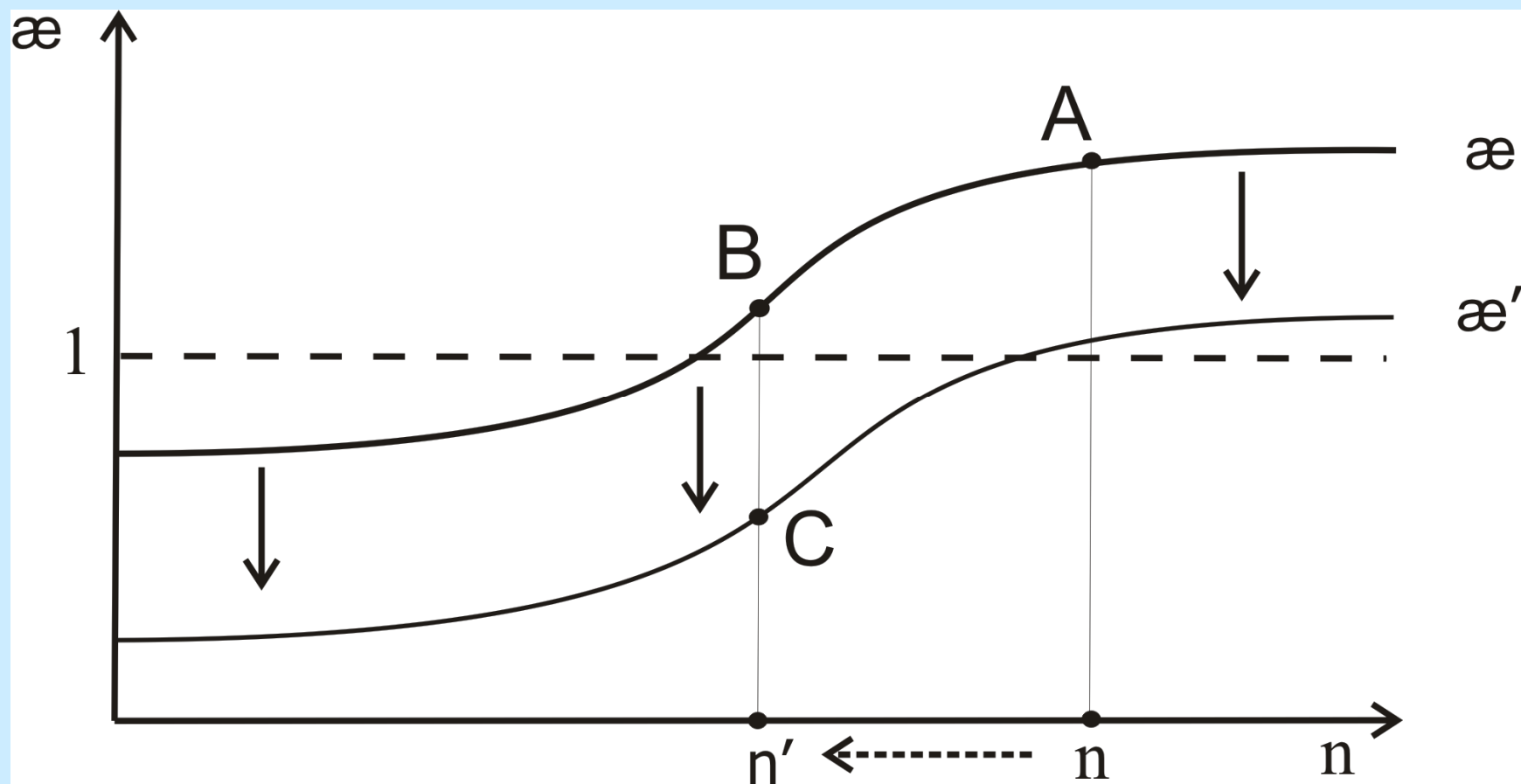
Рис.5. Влияние наличия популяции муравьев в экосистеме на значение мальтузианского параметра популяции клещей при различных значениях плотности мышевидных грызунов: – α в отсутствие влияния муравьев, – α'_1, α'_2 в условиях влияния муравьев.



Совместно прямое и опосредованное (через прокормителей) воздействие муравьев на экосистемы, в которых присутствуют популяции иксодового клеща, можно охарактеризовать уравнением:

$$\mathfrak{a}'' = \mathfrak{a}(n(m), m) = N\gamma\eta'_1(1 - \alpha_1 m)\eta'_2(1 - \alpha_2 m)\eta'_3(1 - \alpha_3 m)\dots\eta'_i$$

Рис. 6. Пути влияния популяций муравьев на мальтузианский параметр размножения иксодовых клещей



Выводы:

- Применение того или иного варианта или их комбинации можно варьировать, в зависимости от того, насколько быстро и как надолго необходимо изъять клеща из конкретной экосистемы;
- Построена математическая модель зависимости численности популяции иксодового клеща от численности прокормителей, которая показывает, что при снижении численности прокормителей ниже некоторого порогового уровня численность клеща может снижаться вплоть до элиминации из экосистемы;
- Введение в модель влияния муравьев (прямого и опосредованного) показывает, что управлять численностью популяции клеща можно, регулируя численность популяции муравьев;
- Поскольку клещ не является существенным звеном в экосистемах, обитателем которых он оказывается, то его элиминация практически не деформирует экосистему.