

УДК 577.359

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ МУРАВЬЕВ НА ЧИСЛЕННОСТЬ ИКСОДОВЫХ КЛЕЩЕЙ В ЭКОСИСТЕМАХ ЕВРАЗИИ

© 2009 О.А. Вшивкова

Международный научный центр исследований экстремальных состояний организма при Президиуме Красноярского научного центра СО РАН; e-mail: oavshivkova@mail.ru

Предложена математическая модель влияния муравьев – важного компонента лесных биоценозов, на численность популяции иксодового клеща. В работе рассматривается возможность управления численностью популяции иксодовых клещей вплоть до их элиминации в экосистемах Евразии.

Ключевые слова: муравьи, иксодовый клещ, динамика популяции.

Муравьи – важнейший компонент лесных, степных и пустынных биоценозов. Широко известна их положительная роль как эффективных энтомофагов, уничтожающих многих хвоегрызущих вредителей. Жизнедеятельность муравьев немаловажна в естественных процессах почвообразования и расселения растений. С 1963 года в СССР начали проводиться всесоюзные мир-мекологические симпозиумы, посвященные использованию муравьев в защите леса. Так, работы по сохранению и расселению полезных лесных муравьев проводились лесоводами Эстонии, Латвии, Белоруссии, Российской Федерации как часть программы по повышению продуктивности леса и охране окружающей среды. Большое количество муравейников было одной из главных причин отсутствия вспышек массового размножения хвое- и листогрызущих вредителей в Полесском заповеднике (рыжие лесные муравьи эффективно уничтожали этих вредителей, предотвращая возникновение вспышек) [1].

Многие авторы в своих работах отмечают активное влияние муравьев на растительный покров, на численность и видовой состав беспозвоночных вблизи муравейников [2-5]. Однако большинство исследований направлено на выявление связей между муравьями и их конкурентами, муравьями и их жертвами, муравьями и их хищниками. Практически не уделяется внимания исследованию сосуществования популяций муравьев и популяций мелких млекопитающих, птиц, ведущих приземный образ жизни, – основных прокормителей иксодового клеща, не исследуется и влияние муравьев непосредственно на популяции иксодового клеща.

Муравьи начинают оказывать серьезное влияние на биоценоз при условии, что численность их достаточно велика. Например, популяции этих насекомых могут создавать препятствия для перемещения по территории мелких млекопитающих и птиц в виде муравьиных дорог. Возможно

также, что в экосистеме при активном воздействии муравьев на химический состав почвы, могут создаваться неблагоприятные условия для существования грызунов.

Пусть плотность популяции муравьев -  $m$ , а плотность популяции мелких млекопитающих -  $n$ , тогда сосуществование этих популяций в экосистеме можно охарактеризовать кривой, представленной на рис. 1.

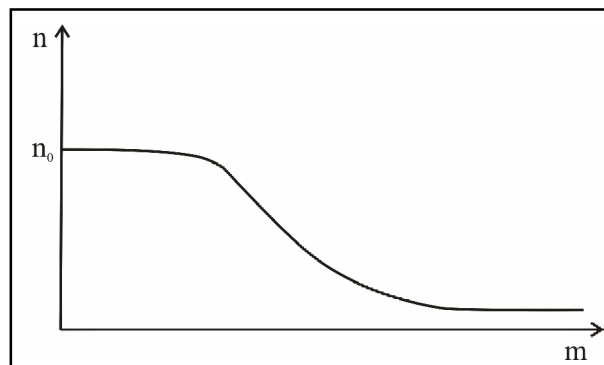


Рис. 1. Схема влияния муравьев на плотность популяции мелких млекопитающих

Из рисунка 1 следует, что, начиная с некоторой плотности популяции муравьев, плотность популяции грызунов снижается. Точно также должна снижаться и плотность популяции гнездящихся птиц. Снижая таким образом численность грызунов можно опосредованно контролировать и численность прокармливаемых ими иксодовых клещей.

Исследуем возможность прямого воздействия популяции муравьев на популяции иксодовых клещей. Для этого необходимо рассмотреть жизненный цикл клеща. Известно, что самка клеща откладывает около 2000 -5000 яиц в надпочвенную подстилку экосистемы. Яйца превращаются в личинки. Для перехода в следующую фазу (нимфы) личинки должны питаться кровью животных, в основном, мелких грызунов. Образовав-

шиеся нимфы поднимаются по стеблям растений на высоту порядка нескольких сантиметров, прикрепляются к телу животных, напиваются их кровью и уходят в подстилку, где после зимовки переходят в следующую стадию, имаго.

На последнем этапе метаморфоза нимфы превращаются в имаго, а часть из них – в самок, которые особенно опасны в случае, если в экосистеме присутствуют возбудители энцефалита, болезни Лайма и др. Взрослой половозрелой самке клеща уже недостаточно крови мелких млекопитающих для пропитания и откладывания яиц, и поскольку имаго поднимаются по стеблям растений сравнительно высоко – до полуметра, – они «нападают» на более крупных млекопитающих, в том числе и на человека. Напившись кровью, самка отпадает и, попав в подстилку, откладывает яйца. Схема жизненного цикла иксодового клеща представлена на рис.2.

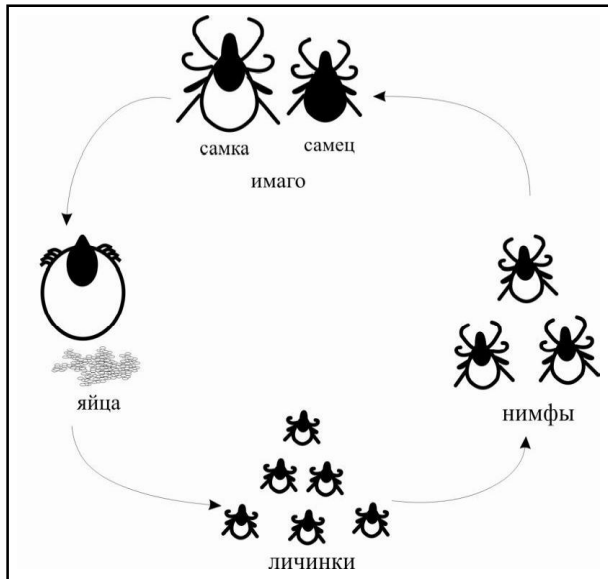


Рис.2. Жизненный цикл иксодового клеща

Известно, что на насекомых многочисленных видов муравьи «охотятся» целенаправленно, а нападение на представителей других видов определяется вероятностью встречи муравья с «жертвой», зависящей от численности муравьев. «Жертвой» муравья-фуражира может стать и иксодовый клещ на начальных стадиях развития (яйцо, личинка, нимфа) (рис.3).

Математическую модель прямого воздействия популяций муравьев на плотность популяции иксодового клеща можно построить в виде разностных уравнений, основываясь на имеющейся модели взаимодействия популяций иксодовых клещей и мелких млекопитающих [6].

Пусть вероятность отложить  $N$  яиц в подстилку для самки клеща равна  $\eta_1$ ,  $\eta_2$  - вероятность превращения яйца в личинку;  $\eta_3$  - вероятность перехода «личинка-нимфа»,  $\eta_i(n)$  - вероятность пе-

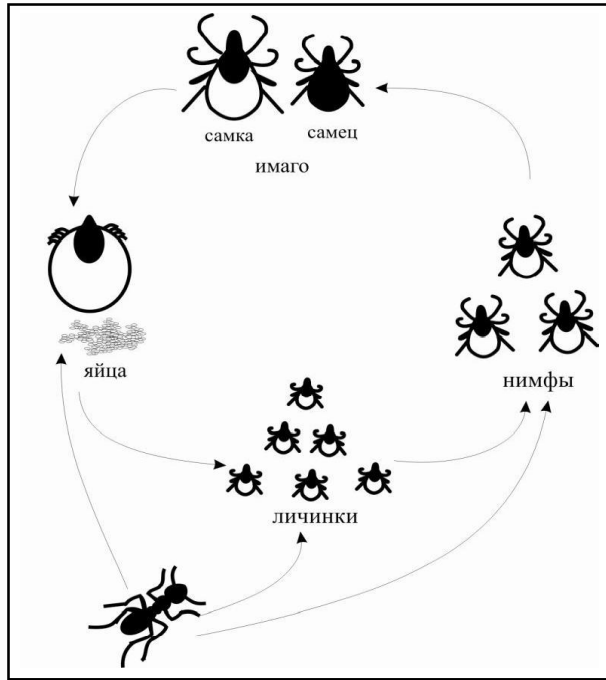


Рис.3. Влияние муравьев на жизненный цикл иксодового клеща: жертвой муравья-фуражира могут стать яйца, личинки и нимфы иксодового клеща

рехода «нимфа-маго», где  $i$  в зависимости от экологических условий местности, равно 4 или 5 ( $0 < \eta_i < 1$ ). Тогда  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  - соответственно, доли яиц, личинок, нимф, съеденных муравьями ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 < 1$ ).

Наличие и отсутствие иксодового клеща в экосистеме определяется мальтузианским параметром.

$$\alpha = \varphi(m, n, y_1, y_2, \dots, y_v) \quad (4)$$

где  $m$  - плотность популяции муравьев.

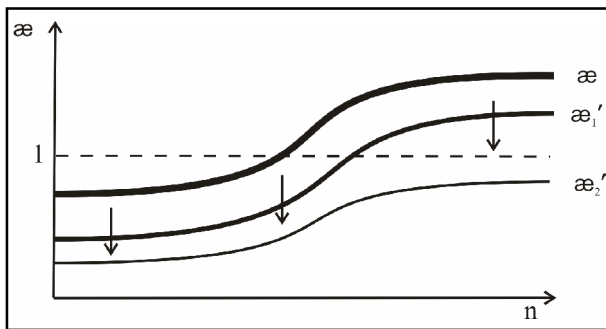
Если  $\gamma$  - доля самок в популяции клеща, то при заданных значениях  $y_v$  и  $n$ :

$$j = j(n) = N\gamma\eta_1\eta_2\dots\eta_i \quad (5)$$

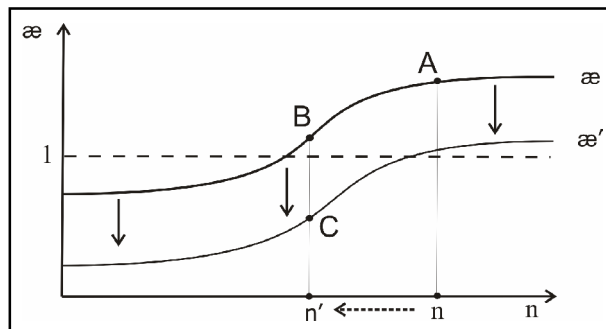
$j' = j(n, m) = N\gamma\eta_1(1 - \alpha_1 m)\eta_2(1 - \alpha_2 m)\eta_3(1 - \alpha_3 m)\dots\eta_i$  (6) где  $j$  - мальтузианский параметр размножения клеща в отсутствие влияния муравьев,  $j'$  - мальтузианский параметр размножения клеща в условиях прямого влияния муравьев;  $j' < j$  (рис.4).

Тогда, увеличивая численность муравьев в экосистеме, можно снижать значение мальтузианского параметра размножения иксодовых клещей. На графике это выглядит следующим образом: вся кривая опускается ниже, вследствие чего область, в которой мальтузианский параметр меньше 1, расширяется вплоть до смещения всей кривой  $\alpha$  (см. рис.4) ниже прямой  $\alpha = 1$  - и, следовательно, популяция клещей элиминируется из экосистемы.

Совместно прямое и опосредованное (через прокормителей) воздействие муравьев на экосистемы, в которых присутствуют популяции иксо-



**Рис. 4.** Влияние наличия популяции муравьев в экосистеме на значение мальтузианского параметра популяции клещей при различных значениях плотности мышевидных грызунов:  $\alpha$  – в отсутствие влияния муравьев,  $\alpha'_1$ ,  $\alpha'_2$  – в условиях влияния муравьев. По оси абсцисс – плотность популяции грызунов, по оси ординат – мальтузианский параметр размножения клеща



**Рис. 5.** Пути влияния популяций муравьев на мальтузианский параметр размножения иксодовых клещей

дового клеща, можно охарактеризовать уравнением:

$$j' = j(n(m), m) = N\eta'_1(1-\alpha_1m)\eta'_2(1-\alpha_2m)\eta'_3(1-\alpha_3m)\dots\eta'_i, \quad (7)$$
 где  $\eta'_1, \eta'_2, \eta'_3, \dots, \eta'_i$  – вероятности переходов «яйцо – личинка», «личинка – нимфа», «нимфа – имаго», при прямом воздействии муравьев на прокормителей клеща.

Рисунок 5 иллюстрирует влияние наличия муравьев на величину мальтузианского параметра размножения популяции иксодового клеща.

Как следует из рисунка 5, при опосредованном (через прокормителей) воздействии муравьев плотность популяции прокормителей уменьшается от  $n$  до  $n'$ , а значение мальтузианского параметра размножения иксодовых клещей переходит по кривой  $j$  опускается до  $j'$ , и значение мальтузианского параметра из точки В кривой  $j$  переходит в точку С кривой  $j'$ .

При этом экосистема практически не подвергается деформации, поскольку клещ не является существенным звеном в экосистемах, обитателем которых он оказывается, а численность популяции муравьев периодически модулируются.

Исходя из условий каждой конкретной экоси-

стемы (плотности популяции грызунов, биотических и абиотических компонентов экосистемы) и варьируя значения численности популяции муравьев, можно управлять численностью популяции иксодовых клещей вплоть до их элиминации.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биологические основы использования полезных насекомых. М. 1988.
2. *Голосова М.А., Захаров А.А.* Эффективность воздействия муравьев *Formica rufa* на дубовую листовёртку // Лесоведение. 1974. № 1. С. 37-42.
3. *Бугрова Н.М., Пиенцица Л.Б.* Трансформация пространственной структуры травяного покрова вокруг гнезд *Formica aquilonia* // Успехи современной биологии. Москва, 2003. Т. 123. №3. С. 273-277.
4. *Козак В.Т.* Возможности использования рыжих лесных муравьев для защиты леса // Матер. 8 Всес. мирмекол. симп. «Муравьи и защита леса». Новосибирск, 1987. С. 35-38.
5. *Марченко Я.И.* Эффективность муравьев в ограничении численности пяденицы и методы ее оценки // Матер. 8 Всес. мирмекол. симп. «Муравьи и защита леса». Новосибирск, 1987. С. 42-45.
6. *Новиков В.Н., Вшивкова О.А., Круглик О.В., Моргулис И.И., Хлебопрос Р.Г.* Элиминация популяций иксодового клеща из экосистем // ДАН. 2008. Т. 420, №6. С. 1-2.

## MATHEMATICAL SIMULATION OF ANT INFLUENCE ON THE IXODE TICKS NUMBER IN EURASIAN ECOSYSTEMS

© 2009 O.A. Vshivkova

International Scientific Centre for the Organisms Extreme States Research attached to Presidium of Krasnoyarsk Scientific Centre, Siberian Federal University, Krasnoyarsk; e-mail: oavshivkova@mail.ru

Mathematical simulation of the influence of ants on ixode ticks number is developed. Forest ants population is one of the important components in ecosystems. The possibility of ixode ticks number control including their elimination from Eurasian ecosystems is described.

*Key words:* ants, ixode ticks, population dynamics.