

1. СТРАТЕГИИ ВЫЖИВАНИЯ ЛЕСНОЙ КУНИЦЫ В АНТРОПОГЕННОЙ СРЕДЕ ОБИТАНИЯ

Владими́рова Элина Джо́новна

Самарский аэрокосмический университет им. акад. С.П. Королева, Самара, Россия e-mail: elyna-well@nm.ru

1. PINE MARTEN'S SURVIVAL STRATEGIES IN ITS HABITAT UNDER THE HUMAN IMPACT

Elina Vladimirova Samara State Aerospace University (National Research University), Samara, Russia

Хищные млекопитающие приспосабливаются к среде обитания в условиях энергетических ограничений. Продление жизни с одновременным сохранением гомеостаза [1] (выживание) достигается при решении следующих задач:

- минимизация риска взаимодействия зверей со средой обитания (I);
- максимизация полезности добычи корма (II);
- избирательное получение внешней информации на будущее (III).

Цель работы: в отношении лесной куницы (*Martes martes* L.) выявить способы оптимального решения задач выживания (I – III), пути решения которых, при одновременной постановке, противоречат друг другу.

Результаты: по материалам зимних троплений разработан формализм, описывающий поведение куниц. Формализованы энергетические ограничения активности [2]. Показано, что оптимальные кормовые условия сочетаются с оптимальными защитными при фуражировании, ориентированном вдоль лесолуговых экотонов.



Следовая дорожка лесной куницы, ориентированная по краю леса

Методика: зимние тропления

Показатели, учитываемые при троплениях



Рис. 1. Участок следовой дорожки особи. Цифрами обозначены объекты среды обитания, при восприятии которых особь генерировала ответные реакции [3]

Формальные обозначения

1. По ходу следовой дорожки Θ особь последовательно воспринимает n средовых объектов x_i n разных классов: $x_i \in \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$.
2. Форма активности G_i , $w \in \{1, 2, \dots, 7\}$.
3. Унитарная реакция $u_i \in \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, имеющая приспособительное значение. Число m и разнообразие j классов унитарных реакций u_i , проявленных особью при восприятии n единиц средовых объектов.
4. Элементарная реакция y_{ij} , различная по следам и входящая в состав одной унитарной реакции u_i . Число r – количество элементарных реакций y_{ij} , входящих в состав унитарной реакции u_i .
5. Число z – общее количество элементарных реакций, произведенных особью при прохождении дорожки следов Θ , с восприятием n единиц средовых объектов и генерацией m единиц унитарных реакций.
6. В среде с характеристикой X опасные объекты распределены с частотой b_i , а кормовые – с частотой c_i . По ходу восприятия объекта x_i особь переходит из состояния u_i в состояние u_j . Один объект x_i может быть воспринят и отреагирован k раз, после чего особь переходит к восприятию другого объекта.

Модельные обобщения

Энергетические ограничения активности [3]:

$$E\Theta > E\Theta_0 \quad (1)$$

$$E(X) = E\Theta(X) - E\Theta_0(X) \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$E\Theta(X) \rightarrow \min, \quad (3)$$

где $E\Theta$ – энергия, добытая особью при прохождении Θ , а $E\Theta_0$ – затраченная, $E(X)$ – энергетическая комфортность среды обитания, X – характеристика среды, выраженная через разнообразие и концентрацию средовых объектов x определенных классов $d \in \{1, 2, \dots, l\}$.

Используя формальные обозначения, преобразуем (1), (2), (3):

$$\text{след} \geq z a_i \quad (4)$$

$$\text{след} = z a_i \rightarrow \max, \quad (5)$$

$$z a_i \rightarrow \min, \quad (6)$$

где a_i – энергия, заключенная в единице кормового ресурса, a – доля положения энергии, содержащейся в единице ресурса ($0 < a < 1$), el – число единиц кормового ресурса, добываемых особью на дорожке Θ , a_i – энергия, затраченная на производство элементарной реакции y_{ij} , z – число элементарных реакций, произведенных особью на этой дистанции.

Проблемы

При повышении числа объектов взаимодействия n падает текущий уровень безопасности (I). Одновременно повышается вероятность успеха текущей кормодобычи (II). Снижение информационной неопределенности (III) обеспечивается возрастанием как m , так и z , однако энергетические ограничения жизнедеятельности требуют снижения z . То есть, особь одновременно должна как снижать n (для текущей безопасности), так и повышать n (для успеха текущей кормодобычи). Также, особь должна повышать n для усиления безопасности и роста успеха кормодобычи в будущем. Кроме того, при фиксированном n , особь должна одновременно как снижать z (для уменьшения энергетических потерь, (6)), так и повышать z (для снижения информационной неопределенности среды). При помощи каких поведенческих стратегий решаются указанные противоречия?

Результаты и обсуждение

1. Для лесной куницы характерно избирательное взаимодействие с объектами среды обитания

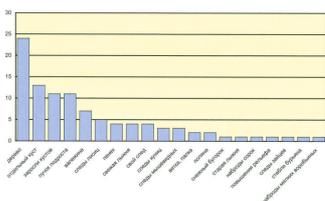


Рис. 2. Частота реакций (%), проявленных куницами на 20 наиболее значимых классов объектов среды обитания

2. Каждый четвертый-пятый объект, отреагированный куницей при кормовом поиске – это дерево. Число реакций куниц на деревья увеличивается при повышении тревожности (усложнении восприятия)

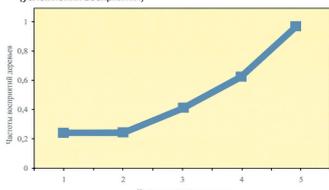


Рис. 3. Частоты восприятия деревьев лесными куницами при различных по числу тактов способах восприятия [4]

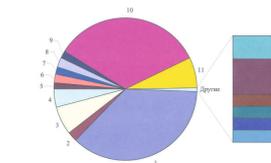


Рис. 4. Реакции, проявленные куницами при восприятии деревьев: 1 – ход в направлении дерева (38,8%); 2 – перемена аллюра (2,2%); 3 – попытка передвижения (6,3%); 4 – заход на основание ствола (4,2%); 5 – заход в крошечный ход по стволам и веткам (1,3%); 6 – отход у ствола (2,0%); 7 – смена активности с грунта на деревья (1,7%); 8 – ориентировка (2,2%); 9 – исследовательская реакция (1,5%); 10 – вращение (оборачивание) ориентировка (34,0%); 11 – покусывание шишечная реакция (6,9%); 12 – задиры коры в поисках личинок сосновика (0,2%); 13 – самочищение (0,3%); 14 – экскреция (0,1%); 15 – переворачивание (0,1%); 16 – уход под снег (0,1%); 17 – заход в дупло (0,1%).

3. Максимальное число перемещений лесных куниц при кормовом поиске происходит по краю леса (табл.)

Таблица. Некоторые особенности кормопоисковой активности лесной куницы в пойменных биотопах Среднего и севера Нижнего Поволжья (1993-2013 гг.)

Показатель активности	N*	Среднее значение ± ст. откл. мин. – макс.	Диск. станд. откл.
Протяженность суточного хода особи, км	65	4,1 ± 0,3 0,7 – 11,2	5,6 2,3
Протяженность кормопоискового пути в % от суточного хода	59	71,4 ± 6,9 25,7 – 100,0	881,3 41,7
Протяженность суточного хода, в км, приходящая на пикну одну поляну	38	1,8 ± 0,12 0,6 – 4,2	0,7 0,8
Протяженность следов, проходящих по границам лесных биоценозов, в % к общей дистанции следов		61,2 ± 2,8 54,1 – 67,7	31,6 5,6

* – число троплений

Выводы

У лесных куниц снижение энергозатрат жизнедеятельности, с одновременным повышением продуктивности кормодобычи и снижением риска, достигается ориентацией кормового поиска по одним и тем же тропам ($\min bn$ по b), локализованным вдоль кустов и их зарослей ($\max cn$ по c), которые произрастают по лесолуговым экотонам ($\min ra_z$ по r защитного компонента кормопоискового поведения).

При восприятии опасных объектов куницы уходят на близлежащие деревья с помощью стереотипных реакций, экономных на число элементов, содержащихся в одной u_i ($\min ra_z$ по r защитной реакции u_i). В одной многофункциональной и стереотипной цепочке движений Δ объединяются защитные, кормовые и ориентировочные реакции ($\min m$, $\min z_\Delta$). Тем самым, достигается оптимальное сочетание решений противоречивых задач, сформулированных выше.

Благодарности

Автор выражает благодарность д.ф.-м.н. Д.О. Логофету (ИФА РАН, г. Москва) и д.т.н. В.А. Твердохлебову (ИПТМУ РАН, г. Саратов), – за неоднократную помощь в разработке формального каталога параметров, учитываемых методом зимних троплений, и формализации причинно-следственных связей, наблюдаемых при этом.

Литература

1. Ashby W.R. An Introduction to Cybernetics. London: Chapman & Hall, 1956. 295 p.
2. Kooijman S.A.L.M. Dynamic Energy Budget theory for metabolic organization. Cambridge Univ. Press, 2010. 424 p.
3. Vladimirova E.J. Specific Functional Forms of Behavior in Pine Martens (*Martes martes*) (based on snow tracking data) // Russian Journal of Theriology, 2011. №2. P. 47 – 58.
4. Владимировна Э.Д., Савинов Е.А. Адаптирующаяся особь как преобразователь внешней информации: особенности системы восприятия (по материалам троплений лесной куницы) // Научное обозрение. 2013. № 7. С. 8 – 21.