

**ACCOMMODATION BEHAVIOUR OF ALPINE MARMOT
(*Marmota marmota*, Linné 1758) UNDER DIRECT ANTHROPOGENIC
INFLUENCE**

**АДАПТИВНОЕ ПОВЕДЕНИЕ АЛЬПИЙСКОГО СУРКА (*Marmota
marmota*, Linné 1758) ПОД ПРЯМЫМ АНТРОПОГЕННЫМ
ВОЗДЕЙСТВИЕМ**

**COMPOTEMENTS D'ACCOMMODATION DE LA MARMOTTE ALPINE
(*Marmota marmota*, Linné 1758) AU DÉRANGEMENT ANTHROPIQUE**

Yu. Semenov², S. Louis¹, O. Giboulet¹, R. Ramouse¹
Ю. Семенов², С. Луи¹, О. Жибуле¹, Р. Рамюсс¹

¹ Laboratoire de Socioecologie & Conservation; Bat. 403, UCBL1 Villeurbanne Cedex, France

² Yakut Institute of Biology, Yakutsk, Russia

¹ Лаборатория социологии и этологии, Университет Клода Бернара, Лион 1, Франция

² Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН,
Якутск, Россия

Abstract

Accommodation behaviour of Alpine marmot under anthropogenic pressure was studied in the Alps during summertime. Under heavy human influence (hiking), marmots presented two tactics, that can be combined: feeding animals kept off the path - main disturbance source - and get closer to their secondary burrows (direct behaviour reaction); animals organised their home range increasing secondary burrows frequencies in risk zones (long term behavioural reaction).

Key-words: *Marmota marmota*, burrows, human pressure, antipredator strategy, behaviour.

Резюме

Адаптивное поведение альпийских сурков под прямым антропогенным прессом изучалось в Альпах в течение лета. Под сильным влиянием человека (пеший туризм) сурки использовали две тактики, иногда в комбинации: кормились в отдалении от троп – основных источников беспокойства – и старались держаться ближе к защитным норам (прямая поведенческая реакция). При организации семейных участков животные увеличивали число защитных нор в «зонах риска» (долговременная поведенческая реакция).

Ключевые слова: *Marmota marmota*, норы, антропогенный пресс, стратегия защиты от хищников, поведение.

Résumé

Le comportement d'accommodation des marmottes alpines soumise au dérangement anthropique a été étudié dans les Alpes pendant la période estivale. Les marmottes dérangées présentent deux tactiques, qui peuvent se combiner. Les animaux s'alimentent loin des sentiers, principale source de dérangement, et se rapprochent des terriers abris (réaction comportementale immédiate), les animaux organisent leur domaine vital en augmentant la fréquence des terriers abris dans la zone de dérangement (réaction comportementale à long terme).

Mots-clés : *Marmota marmota*, terriers, pression anthropique, stratégie d'antiprédation, comportement.

Introduction

The Alps are one of the most popular winter or summer mass tourism sites in France. In summer tourists paths crossing often alpine marmots family areas put the animals under a more or less direct anthropogenic pressure.

The research of different marmots behavioural aspects, in reponse to the human disturbance, was undergone:

- marmots diet qualitative analysis and day activity rhythm analysis under different anthropogenic pressures (Gibault, 1994);
- foraging marmots distribution analysis on the home range are, in hikers presence (Neuhaus & al., 1992; Franceschina-Zimmerli & al., 1996);
- marmots distances escape analysis under different anthropogenic pressures (Louis, 1995).

However, these researches did not take marmots burrows organisation and localisation into account. Otherwise, several researches were realized about animals antipredator strategies. These studies took up the question about burrows system organisation, their importance in connection with the species behavioural particularities, ecological factors and without considering the anthropogenic impact (Robinson, 1980; Armitage, 1982; Holmes, 1984; Carey, 1985, 1986; Bonnet-Arnaud, 1996).

Marmots accommodation behaviour under anthropogenic impact was studied taking two antipredator strategy aspects into account:

1. Immediate behavioural reactions - foraging animals distribution on the home range area in relation with secondary burrows (potential shelters in case of danger) under systematic human impact.
2. Long term behavioural reactions - marmots home range organisation (secondary burrows distribution in connection with a systematic disturbance source).

Material and methods

Research site

The investigation was conducted in 1996 in the Vanoise Massif in the periphery of the Vanoise National Park, France; N 45°15'; E 6°43'.

A family group of 3 adults and 5 offspring marmots was observed during July. Its home range (3,1 ha) was situated in an alpine meadow with a slight slope at an elevation of 2360 m, with a south-west exposition.

This group's territory is crossed by two paths: path 1 middle position and path 2 on its border (fig. 1, A). It is often visited by hikers. Path 1 looks over the high part of the group territory (fig. 1, B), whereas path 2 goes along the low part of the group territory, ending with a steep slope (fig. 1, C).

Observation

Observations were conducted, using 8 x 40 binoculars and a x11 - x33 Kowa telescope. Prior to the marmots group observation, the schematic map of the home range, drawing with burrows exits and landmarks was made. Diurnal cycles were divided into 15 min periods. During which the visible foraging marmots, their respective positions over the home range area, the number of hikers going on the each path were noted chronologically on the schematic map. Then, data were transfered on a more precise map of the observed area (scale 1:1000), divided into squares of 10 x 10 m. The distance between animals and the nearest path or the nearest secondary burrow was calculated from the square center to the path or the burrow exit. The total duration of observation is 60 hours and 288 distances « marmot - nearest secondary burrow or nearest path » were measured.

Statistic analysis

The factors, influencing foraging marmots distribution, were examined with linear regressions (partial and multiple regression). The variable to explain (y) is the distance between a marmot and its nearest secondary burrow, the explicative variables (x) are: the hikers number on the nearest path to animal, and the distance between a marmot and the disturbance source in the same time.

The human presence effect on foraging marmots behavioural reactions was examined comparing (Mann-Whitney U),

- on one side the "marmot - nearest burrow" distance in presence or in absence of hikers,
- on the other side the "marmot - disturbance source" distance in those two situations.

The burrows distribution in connection with these two paths (disturbance source) was examined (Chi square), comparing the secondary burrows number frequencies in 5 zones of 30 m, regulary spaced and more or less distant from these paths (fig. 2).

Burrows number theoretical frequencies in each zone were calculated using following formula:

$$Ti = N * Si / S \quad \text{where: } N - \text{total burrows number;} \\ Si - \text{surface area for earch zone in \%;} \\ S - \text{total surface area for all the zones in \% (100\%).}$$

Results

1. Secondary burrows distribution on the home range area

Observing a linear positive dependency between the "marmot - nearest secondary burrow" distance and the "marmot - nearest touristic path" distance ($F = 139.74$; $DDL = 287$; $p < 0.05$; $p = 0.0001$), we may state that the closer to the path the marmots foraged, the closer the marmots to their secondary burrows. Similarly, the further from the path the marmots foraged, the further the marmots from their secondary burrows. An explanation could lie in the specific secondary burrows distribution in the area: a higher distribution density near the two paths and a lower distribution density far away from the two paths. We validated this hypothesis using Chi square test (table 1).

Table 1.

Distribution of secondary burrows

Zones	1	2	3	4	5	Total
Distance of zone (m.)	0-30	30-60	60-90	90-120	120-150	
Secondary burrows observed number	70	16	3	3	1	93
Surface of area in %	42.71	33.5	12.28	8.44	3.07	100
Secondary burrows theoretical number	39.72	31.16	11.42	7.85	2.86	93

$$\chi^2 = 40.87, DDL = 4; p = 0.0001$$

2. The foraging marmots distribution on their home range area

The multiple regression analysis, based on 288 obtained data, shows a positive significative correlation of the distance "marmot - nearest secondary burrow" with two variable - « number of hikers » and the distance « marmot - nearest touristic path » ($F = 74.24$; $DDL = 287$; $p < 0.05$; $p = 0.0001$). Thus, this two variables have globally an influence on the distance « marmot - nearest secondary burrow »: When there are no or few hikers, foraging marmots get closer to the touristic path and subsequently to their secondary burrows. As the number of hikers increase, foraging marmots keep off the path and their secondary burrows. This is explained by the burrows distribution.

Supposing that two different effects, « hikers are present or absent » and « there are few or many hikers », of the same factor « hikers » can have different impacts on the marmots behaviour, two Mann-Whitney tests and two simple regression analysis have been used:

a) « marmot - nearest path » median distance (hikers are absent) - 36m; « marmot - nearest path » median distance (hikers are present) - 56m. $U = 6011.5$; $p < 0.05$; $p = 0.0001$.

b) « marmot - secondary burrow » median distance (hikers are absent) - 9 m; « marmot - secondary burrow » median distance (hikers are present) - 14 m. $U = 7098$; $p < 0.05$; $p = 0.0001$.

Consequently, during foraging and in the hikers absence, marmots get closer to the touristic path and to their secondary burrows. When the hikers come, the animals keep off the path and subsequently their secondary burrows (due to secondary burrows distribution density).

c) The test of the effect « there are few or many hikers » on the distance « marmot - nearest secondary burrow » and the distance « marmot - nearest touristic path » (using only the data related to the hikers presence): $F = 4.26$; $DDL = 109$; $p < 0.05$; $p = 0.04$.

The result of the simple regression analysis, based on 110 observed data, indicates a significant positive relationship between the number of hikers and the distance «marmot - nearest secondary burrow». On the other hand, the next result is not significant to describe a relationship between the number of hikers and the distance «marmot - nearest touristic path»: $F = 0.38$; $DDL = 109$; $p > 0.05$; $p = 0.54NS$.

Thus, as the number of home range hikers increase, foraging marmots get closer to their secondary burrows, with no influence on the distance separating the marmots from the hikers.

Conclusion, discussion

The presence of hikers on marmots home range can have an impact on the daily behaviour of foraging animals. Gibault (1994) noticed the change in marmots foraging temporal distribution. Hikers - influenced marmots space distribution was also underlined in some researchs (Neuhaus & al., 1992; Franceschina-Zimmerli & al., 1996). According to our research results, we may state that foraging marmots get away from the disturbance source (presence of hikers on the path) independently of hikers number. Thus, just a few hikers can disturb the animals placed under systematic tourists impact. In the same time, foraging marmots react to the number of hikers by getting closer to their secondary burrows, as the hikers number increase, and by moving away from them as the number decreases. But one should remark that the secondary burrows disposition on the home range area is linked with the two touristic paths position. A very dense burrows disposition in proximity to the path multiplies the chances that foraging animals get closer to their shelter in case of hikers coming at close distance. Holmes (1984) and Carey (1985, 1986) stated that the burrows distribution strong density leads to a reduction of marmots vigilance. Gibault (1994) observed that as hikers numbers increase, foraging marmots remain closer to their burrows, minimizing the risk of danger. Therefore, secondary burrows are the result of a defence strategy to cope with danger and constitute the product of ethological activity. In our case, we consider the home range specific organization as a result of marmots adaptation to anthropogenic pressure.

To this respect, we observed two types of behavioural reactions in the marmots defense strategy (fig. 3).

Premeditated in connection with the disturbance source, burrows disposition is an indication of the marmots important *memorization*. This was noticed in the Louis study (1995), as well as a rather *complex imagination* and an ability to draw *conclusions*, adapting to changing environmental conditions .

REFERENCES / ЛИТЕРАТУРА

- Armitage, K.B. 1982. Marmots and coyotes: behaviour of prey and predator. *J. Mamm.*, **63**(3): 503-505.
- Bonnet-Arnaud, P. 1996. Role des terriers dans l'organisation spatiale de la marmotte alpine (*Marmota marmota*). Rapport de D. E. A. : Université Claude Bernard-Lyon 1.
- Carey, H.V. 1985. The use of foraging areas by yellow-bellied marmots. *Oikos*, **44**: 273-279.
- Carey, H.V. & Moore, P. 1986. Foraging and predation risk in Yellow-bellied marmots. *Am. Midl. Nat.*, **116**(2): 267-275.
- Franceschina-Zimmerli, R. & Ingold P. 1994. Comportement des marmottes alpines (*M. marmota*) sous différentes pressions de randonneurs. The behaviour of marmots (*M. marmota*) under different hiking pressure. In *Biodiversité chez les marmottes / Biodiversity in Marmots*, Le Berre M., Ramousse R. & Le Guelte L., International Network on Marmots, 73-74.
- Gibault, C. 1994. Plasticité du comportement en régime alimentaire de la marmotte alpine (*Marmota marmota*) sous différentes pressions anthropiques. Rapport de D. E. A. : Université Paul Sabatier-Toulouse 3.
- Holmes, W.G. 1984. Predation risk and foraging behaviour of the hoary marmot in Alaska. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **15**: 293-301.
- Louis, S. 1995. Plasticité comportementale chez les marmottes alpines (*M. marmota*): effet de la pression anthropique. Rapport de D. E. A. : Université Claude Bernard-Lyon 1.
- Hughes, J., J. & Ward, D. 1993. Predation risk and distance to cover affect foraging behaviour in Namib Desert gerbils. *Anim. Behav.*, **46**: 1243-1245.
- Neuhaus, P., Manini, B. & Ingold P. 1993. Human impact on marmot behaviour. In *1st Int. Symp. on Alpine Marmot*. Bassano B., Durio P., Gallo Orsi U. & Macchi E. (Eds). Torino, 165-169.
- Perrin, C. 1993. Organisation socio-spatiale et distribution des activités chez la marmotte alpine (*Marmota marmota*). Thèse de Doctorat : Université Paris 7, Paris.
- Perrin, C., Allainé, D. & Le Berre, M. 1993. Socio-spatial organization and activity distribution of the Alpine Marmot (*Marmota marmota*) : preliminar results. *Ethology* **93**: 21-30.
- Robinson, S.R. 1980. Antipredator behaviour and predator recognition in belding's ground squirrels. *Anim. Behav.*, **28**: 840-852.

FIGURES / РИСУНКИ

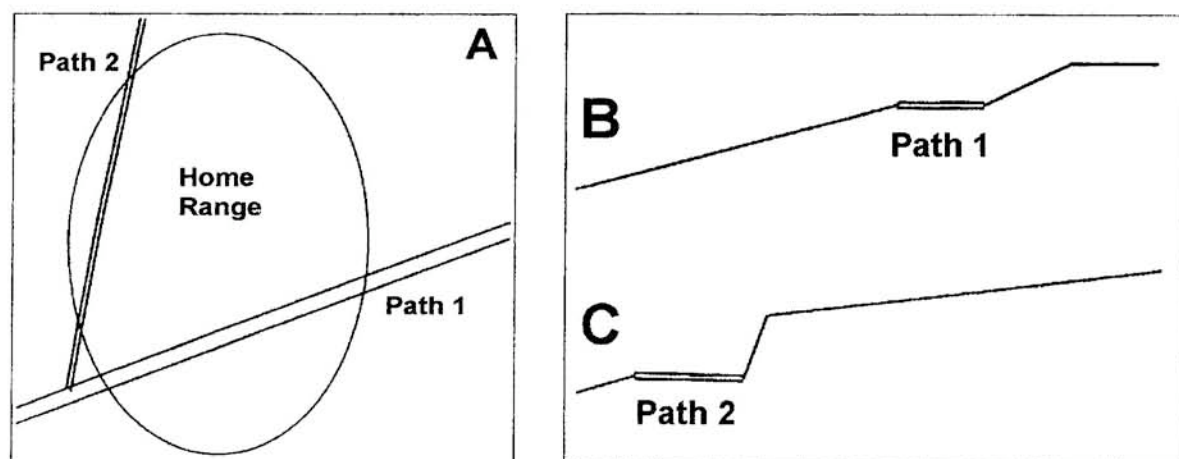


Fig. 1. The relationship of paths to the home range of a family group of marmots.

Рис. 1. Взаиморасположение троп и участка семейной группы сурков.

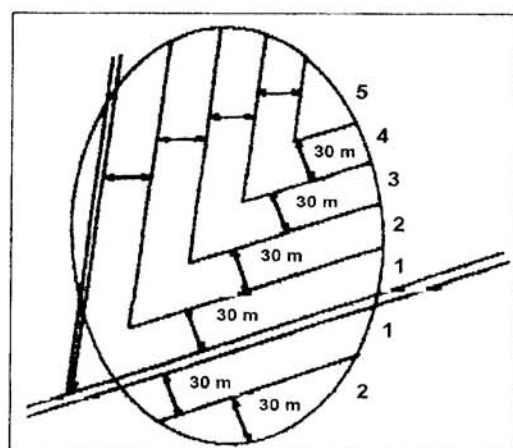


Fig. 2. The different zones of the distribution of secondary burrows on the home range area.

Рис. 2. Различные зоны распределения второстепенных нор на семейном участке сурков.

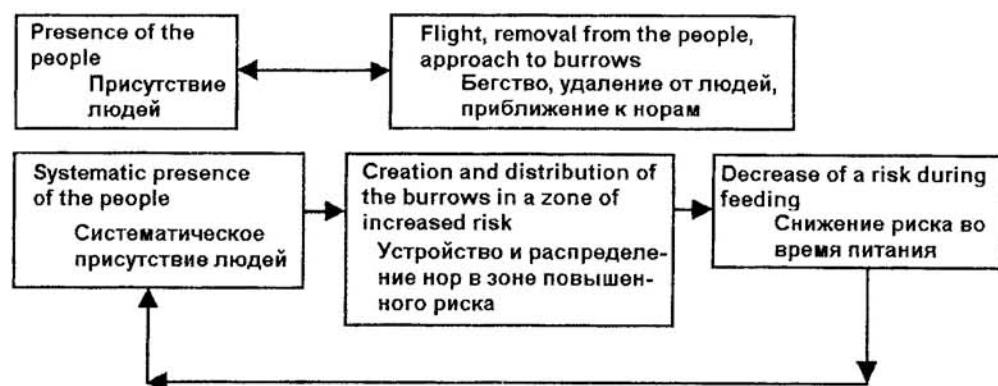


Fig. 3. The defense strategy of marmots. Higher – Direct reaction, lower – Long reaction with intermediate action.

Рис. 3. Защитные стратегии сурков. Выше – непосредственная реакция, ниже – длительная реакция с промежуточным действием

Authors' original text in Russian
Авторский оригинал на русском языке

Введение

Альпы являются одним из самых популярных мест зимнего и летнего массового туризма во Франции. Летом туристические маршруты, часто проходя через семейные участки сурков, ставят последних под более или менее интенсивное антропогенное воздействие.

Изучению различных аспектов поведенческих реакций сурков в ответ на антропогенный пресс были посвящены ряд работ:

- качественный анализ питания и ритма дневной активности сурков, находящихся под различным антропогенным воздействием (Gibault, 1994);
- анализ пространственного распределения питающихся сурков на семейном участке при присутствии людей (Nehaus et al, 1992; Francheschina-Zimmerli et al, 1996);
- анализ дистанций тревоги сурков, находящихся под разной туристической нагрузкой (Louis, 1995).

Однако эти работы не принимали во внимание пространственную организацию норových систем сурков. Также были проведены исследования стратегии защиты животных, где затрагивался вопрос территориальной организации нор и их значения в связи с поведенческими особенностями вида и экологическими факторами, но без антропогенного влияния (Robinson, 1980; Armitage, 1982; Holmes, 1984; Carey, 1985, 1986; Bonnet-Arnaud, 1996).

Исследуя адаптивное поведение сурков в ответ на систематическое воздействие человека, мы принимаем во внимание два аспекта стратегии защиты сурков:

1. Непосредственные поведенческие реакции - это расположение питающихся животных на территории семейного участка по отношению к выходам второстепенных нор (потенциальные убежища в случае опасности) в связи с систематическим беспокойством со стороны человека.
2. Длительные поведенческие реакции - организация сурками семейного участка (расположение выходов второстепенных нор по отношению к источнику систематического беспокойства).

Материалы и методы исследования

Место проведения исследований

Исследования были проведены в 1996 году в горном массиве Вануа (Vanoise) периферической зоны Национального парка Вануа (Франция) N 45°15', E 6°43'.

В данной статье приводятся результаты, полученные в июле. Состав наблюдаемой группы сурков 3 взрослых особи и 5 сурчат.

Семейный участок (S = 3.1 га; 2360 м н.у.м.) юго-западной экспозиции располагается на альпийском лугу со слабым склоном. Территория этой группы пересекается двумя туристическими тропами (рис. 1, А): тропа 1 находится выше уровня большей части участка (рис. 1, В), тропа 2, проходя по краю, находится под крутым откосом и ниже уровня всей территории (рис. 1, С). по обеим тропам ежедневно проходят люди.

Наблюдения

Наблюдения проводились с помощью бинокля (8x40) и подзорной трубы Kowa (x11-x33). Перед наблюдением составлялись схематическая карта участка наблюдаемой группы сурков с нанесением ориентиров, выходов нор, которые затем были пронумерованы. Каждый день наблюдения был разбит на 15 мин. периоды, в течение которых был осуществлен:

- подсчет видимых и питающихся особей;
- их территориальное расположение;
- подсчет людей, проходящих через участок.

Все записи для каждого 15 мин. периода велись в хронологическом порядке. Затем данные переносились на более точную карту (масштаб 1:1000), разделенную на квадраты 10х10 м. Дистанция между животными и ближайшей тропой туристов или второстепенной норой вычислялась с помощью проекции с середины квадрата на тропу туристов или второстепенную нору. Общим объемом наблюдений составлял 60 часов, было получено по 288 дистанций "сурок - ближайшая второстепенная нора" и "сурок - источник беспокойства (ближайшая тропа туристов)".

Статистический анализ

Для определения факторов, влияющих на территориальное расположение питающихся сурков, использовались методы анализа линейной регрессии (простой и мультивариационный), где переменная y - величина дистанции "сурок - ближайшая второстепенная нора", переменная x_1 - количество людей, проходящих в это же время по ближайшей к животному тропе, переменная x_2 - величина дистанции "сурок - источник беспокойства (ближайшая тропа)" в этот же момент.

Для определения реакции питающихся сурков на присутствие людей использовался статистический тест Mann Whitney, сравнивая:

- а) дистанции "сурок - ближайшая второстепенная нора" в отсутствии и присутствии людей;
- б) дистанции "сурок - источник беспокойства" при этих же двух условиях.

Зависимость пространственного распределения второстепенных нор с расположением двух туристических троп (источников беспокойства) определялась с помощью статистического теста Chi square, сравнивая количества второстепенных нор в 5 зонах, равномерно удаляющихся от обеих туристических троп через каждые 30 м (рис. 2).

Для вычисления теоретического числа второстепенных нор (T_i) в каждой зоне, была использована формула:

$$T_i = N * S_i / S \quad \text{где } N - \text{общее наблюдаемое число второстепенных нор;} \\ S_i - \text{площадь каждой зоны в \%;} \\ S - \text{сумма всех площадей в \% (100\%).}$$

Представленные результаты относятся только к взрослым особям животных.

Результаты

1. Распределение второстепенных нор на семейном участке

Наблюдая положительную линейную зависимость между дистанцией "сурок - ближайшая тропа" ($F = 139.74$; $DDL = 287$; $p < 0.05$, $p = 0.0001$), можно констатировать, что чем ближе к тропам питаются сурки, тем ближе они к второстепенным норам. И наоборот - чем дальше животные от троп, тем дальше они от второстепенных нор. Предполагая, что этот факт объясняется распределением второстепенных нор на участке, плотность которой увеличивается по мере приближения к двум туристическим тропам, мы провели статистический тест Хи-квадрат, результат которого подтверждает нашу гипотезу (табл. 1).

Таблица 1.

Распределение второстепенных нор

Зоны	1	2	3	4	5	Всего
Дистанция зон (м)	0-30	30-60	60-90	90-120	120-150	
Наблюдаемое число второстепенных нор	70	16	3	3	1	93
Площадь в %	42.71	33.5	12.28	8.44	3.07	100
Теоретическое число второстепенных нор	39.72	31.16	11.42	7.85	2.86	93

$$\chi^2 = 40.87, DDL = 4; p = 0.0001$$

2. Распределение питающихся сурков на участке

Анализ мультивариационной регрессии свидетельствует о позитивной корреляции дистанции "сурок - ближайшая второстепенная нора" с двумя переменными: "количество людей" и дистанцией "сурок - ближайшая тропа" ($F = 74.24$; $DDL = 287$; $p < 0.05$; $p = 0.0001$). Значит, при отсутствии людей или при их малом количестве питающиеся сурки приближаются к тропам, а следовательно, и к своим второстепенным норам (что объясняется распределением последних). При появлении людей или увеличении их количества питающиеся животные отдаляются как от тропы, так и от второстепенных нор. Однако, два разных эффекта "отсутствие или присутствие людей" и "малое или большое количество

людей" одного и того же фактора "люди" могут по-разному влиять на животных. Для уточнения этого факта мы провели два статистических теста Mann-Whitney и два анализа линейной регрессии:

а) Влияние эффекта "отсутствие или присутствие людей" на дистанцию "сурок - ближайшая тропа".

б) Влияние эффекта "отсутствие или присутствие людей" на дистанцию "сурок ближайшая второстепенная нора". При отсутствии людей питающиеся сурки приближаются к туристическим тропам и как следствие - к второстепенным норам. При появлении людей на тропе - отдаление питающихся сурков как от источника беспокойства, так и от второстепенных нор (результат распределения нор).

с) Влияние эффекта "малое или большое количество людей" на дистанцию "сурок - ближайшая тропа" и "сурок - ближайшая второстепенная нора" (принимая во внимание только данные, относящиеся к присутствию людей). $F = 4.26$; $DDL = 109$; $p < 0.05$; $p = 0.04$. Этот результат анализа линейной регрессии, основывающийся на 110 полученных данных свидетельствует о положительной линейной связи между дистанцией "сурок - ближайшая второстепенная нора" и количеством людей, проходящих через участок. Однако следующий результат показывает отсутствие таковой между дистанцией "сурок - ближайшая тропа туристов" и количеством людей, проходящих по этой тропе: $F = 0.38$; $DDL = 109$; $p > 0.05$; $p = 0.54$.

Таким образом, по мере увеличения количества людей, проходящих через семейный участок, питающиеся сурки приближаются к второстепенным норам, но этот факт не влияет на дистанцию, разделяющей сурков от людей.

Выводы, обсуждение

Присутствие людей на семейном участке сурков может влиять на поведение питающихся животных в течение дня. Gibault (1994) подчеркивала изменение временного цикла питания сурков под влиянием людей, также отмечалось влияние антропогенного фактора на пространственное расположение питающихся животных (Neuhaus et al, 1992; Franceschina-Zimmerli et al, 1996). Результаты наших исследований показывают, что питающиеся сурки отдаляются от источника беспокойства независимо от количества людей. То есть достаточно малого количества людей для беспокойства животных, находящихся под систематическим влиянием туристов. В то же время, питающиеся сурки реагируют на увеличение числа проходящих туристов, сокращая свою дистанцию с второстепенными норам. Следует отметить, что распределение второстепенных нор на участке связано с позицией двух туристических троп: повышенная плотность распределения нор вблизи троп увеличивает шансы питающихся животных быть рядом с убежищами в случае неожиданного появления человека на короткой дистанции. Holmes (1984) и Carey (1985, 1986) констатировали, что повышенная плотность распределения нор ведет за собой понижение бдительности питающихся сурков. Gibault (1994) отмечала, что при увеличении количества людей, проходящих через участок, питающиеся сурки остаются вблизи своих нор, понижая тем самым риск опасности. Следовательно, второстепенные норы, являясь продуктом этологической деятельности, есть результат адаптации сурков в ответ на систематическое влияние со стороны человека.

Мы наблюдали два типа поведенческих реакций в стратегии защиты сурков (рис. 3).

Преднамеренное расположение нор по отношению к источнику систематического беспокойства свидетельствует об устойчивой памяти сурков, уже отмеченной в работе Louis (1995), а также о достаточно сложном воображении и способности делать выводы на основе полученного опыта, в процессе адаптации к меняющимся условиям окружающей среды.