

---

---

## ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИЙ ОБ ОПАСНОСТИ СИГНАЛ ГИМАЛАЙСКОГО СУРКА С СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПЛАТО И СЕРОГО СУРКА С ВОСТОЧНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ (КИТАЙ)

А.А. Никольский, Ван Чи

Экологический факультет  
Российский университет дружбы народов  
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

Описан предупреждающий об опасности сигнал гималайского (*Marmota himalayana*) и серого (*M. baibacina*) сурков с территории Китая. В сигнале гималайского сурка с Северо-Западного плато не обнаружено отличий от сигнала сурков данного вида, населяющих другие районы ареала в Китае, Индии и в Непале. Сигнал серого сурка, населяющего Восточный Тянь-Шань, заметно отличается от сигнала сурков данного вида, населяющих другие районы ареала в России и в Казахстане. Обсуждаются некоторые ситуативные варианты сигнала и распространение сигнала в норах.

**Ключевые слова:** Китай, сурки, звуковой сигнал, географическая изменчивость, акустика нор, ситуативные изменения.

Коммуникативное поведение животных является одной из форм приспособительных реакций, способствующих на популяционном уровне реализации видами экологической ниши. Коммуникативное поведение осуществляется посредством сигналов, передаваемых по нескольким каналам связи: акустическому, оптическому, химическому и тактильному. Каждая из сенсорных модальностей, используемых животными для внутривидового общения, имеет свои преимущества и недостатки. Преимущества акустического канала связи определяются свойствами звуковых колебаний: животные могут передавать информацию на большие расстояния, в широких пределах кодировать информацию передаваемых сообщений, менять диаграмму направленности излучаемых сигналов и адаптировать помехозащищенность сигналов к свойствам канала связи, таким, например, как атмосферная акустика, акустика биотопа, акустические свойства нор и т.п.

Одним из сигналов, где перечисленные преимущества наиболее очевидны, является звуковой предупреждающий об опасности сигнал (сигнал). Его действие состоит в том, что, когда животные обнаруживают опасность (хищника), они сообщают о ней ближайшим соседям, повышая тем самым бдительность популяции. Сигнал передается на расстояние десятков и сотен метров особям своего вида. Источник и приемник сигнала не нуждаются в зрительном контакте друг с другом. Приемник может быть ориентирован относительно источника сигнала под любым углом или скрыт какой-либо преградой (куст, камень и т.п.).

Сигнал широко распространен среди многих видов грызунов (сусликов, сурков, луговых собачек) и зайцеобразных (пищух) с дневным образом жизни, населяющих открытые пространства степей и гор. Открытые пространства позволяют животным заметить опасность на большом расстоянии, а высокая плотность

населения повышает вероятность своевременно обнаружить ее и предупредить ближайших соседей [2].

Чтобы сигнал был понят теми, кому он адресован, в нем должна быть закодирована видовая специфика. Как показали многочисленные исследования, сигнал всех видов грызунов и зайцеобразных обладает уникальными акустическими признаками, отсутствующими у других видов [2].

В данной работе описан сигнал двух из четырех видов сурков, населяющих территорию Китая, — гималайского сурка (*Marmota himalayana*) и серого (*M. baibacina*).

Сигнал записан в полевых условиях по принятой методике [2]: оператор появлялся в поле зрения сурков с микрофоном в руках, провоцируя звуковую реакцию животных. Когда сурки начинали кричать, сигнал записывался на магнитофон. В дальнейшем сигнал, записанный в этой поведенческой ситуации, мы называем «обычным». Дополнительно был записан сигнал серого сурка в других ситуациях: в момент бегства животного в нору и его крики из глубины норы. Оцифрованный сигнал анализировали с помощью специализированных программ Sony Sound Forge 9 и SpectraLab v.4.32.11.

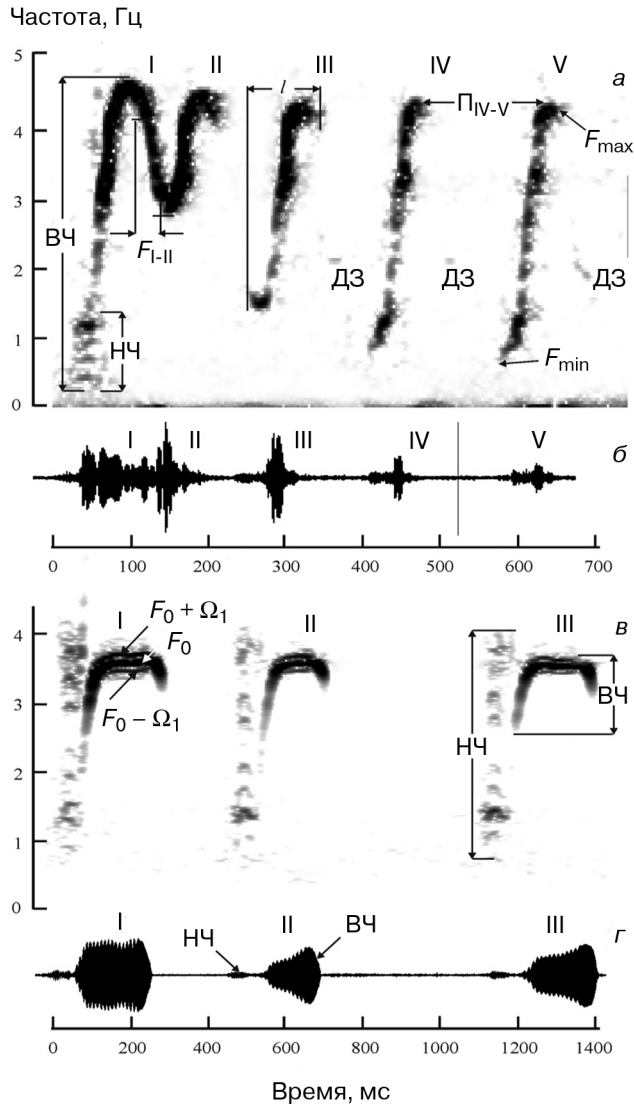
**Гималайский сурок.** Обычный сигнал гималайского сурка записан на севере видового ареала на востоке провинции Цинхай (Qinghai) к юго-юго-востоку от столицы провинции города Синин (Xining) на Северо-западном плато: E 101°56'; N 35°44'; выс. н. у. м. около 3100 м. В этом месте сурки устраивают свои норы в мощной толще мелкозема, образованного, вероятно, древними отложениями реки Хуанхэ. Северо-Западное плато с севера примыкает к Тибету, где сосредоточена основная часть ареала гималайского сурка [1]. Всего записан сигнал восьми особей.

Ранее [5] сигнал гималайского сурка был описан с южной границы ареала в Центральных Гималаях (Непал), с западной границы ареала в Западных Гималаях (Индия, штат Химачал-Прадеш) и в северо-западной части ареала, в Среднем Кунь-Луне (Синьцзян-Уйгурский а.о., Китай).

Анализ, проведенный нами, не выявил принципиальных отличий от полученных ранее результатов [5]. Это говорит о том, что если географическая изменчивость и свойственна сигналу гималайского сурка, то она незначительна. На рисунке 1, а, б в качестве примера представлены спектрограмма (сонограмма) и осциллограмма одного из записанных нами сигналов гималайского сурка с Северо-Западного плато.

Просматривая спектрограммы образцов записей всех восьми особей, мы обнаружили те же основные признаки сигнала, которые ранее были описаны для других частей ареала гималайского сурка. Сигнал состоит из серии быстро следующих коротких звуков. Число звуков в серии от 7 до 14. Самый характерный признак сигнала — отсутствие паузы между первыми двумя в серии звуками ( $F_{I-II}$ , рис. 1, а), или же пауза незначительна [5], в то время как между последующими звуками пауза (например,  $P_{IV-V}$ , рис. 1, а) обязательно присутствует. Первый в серии (а иногда и последующие звуки) состоит из двух спектральных составляющих, низко- и высокочастотного компонентов (НЧ, ВЧ, рис. 1, а). Меж-

ду основными звуками обычен низкоамплитудный короткий дополнительный звук (ДЗ, рис. 1, а), также свойственный только сигналу гималайского сурка и отсутствующий у других видов сурков. От начала каждого в серии звука к его концу частота быстро нарастает, от 1—1,5 кГц до 4—5 кГц (рис. 1, а, от  $F_{\min}$  до  $F_{\max}$ ). Характеристика частотной модуляции высокочастотного компонента имеет левостороннюю асимметрию — диапазон нарастания частоты значительно превышает диапазон затухания.



**Рис. 1.** Звуковой предупреждающий об опасности сигнал гималайского (а, б) и серого (в, г) сурков: а, в — сонограммы сигнала; б, г — осциллограммы сигнала. I-V — порядковые номера звуков в серии; I — длительность отдельного звука; П — пауза между звуками; ДЗ — дополнительный звук; ВЧ — высокочастотный компонент; НЧ — низкочастотный компонент;  $F_{I-II}$  — спектральная область, соединяющая два первых звука в серии;  $F_{\min}$ ,  $F_{\max}$  — фрагмент спектра, соединяющий два первых в серии звука.  $F_0$  — основная частота;  $F_0 + \Omega_1$  — первая верхняя боковая частота;  $F_0 - \Omega_1$  — первая нижняя боковая частота

**Серый сурок. Обычный сигнал.** Сигнал серого сурка записан на юго-восточной границе его ареала в Восточном Тянь-Шане на западе Синьцзян-Уйгурского а.о., к юго-западу от столицы автономного округа г. Урумчи: E 87°01'; N 43°21'; выс. н. у. м. около 2100 м. В этом месте сурки устраивают свои норы во врезам в основной склон, где толща мелкозема накапливается в результате комплекса эрозионных процессов. Всего по стандартной методике записаны сигналы семи особей. Кроме того, записаны сигналы двух сурков, убегающих от преследования человеком в нору, и сигнал пяти сурков, который они подавали из глубины норы.

Ранее обычный сигнал серого сурка был описан из многих районов его обширного ареала: Заилийский Алатау (Западный Тянь-Шань, Казахстан), Казахский мелкосопочник (Казахстан), различные районы Русского и Монгольского Алтая [3].

Полученные нами результаты показывают, что сигнал сурков из Восточного Тянь-Шаня принципиально не отличается от сигнала серых сурков из других районов его распространения, за одним исключением — сигналу сурков из Восточного Тянь-Шаня свойственна амплитудная модуляция (АМ), отсутствующая в сигнале других популяций [3]. К этому отличительному признаку сигнала мы вернемся ниже, после краткого описания других его признаков.

Сигнал восточно-тяньшанской популяции серого сурка (рис. 1, в, г) представляет собой малочисленные серии коротких звуков. Число звуков в серии от 2 до 7, чаще встречаются три следующих подряд звука. Хорошо выражен низкочастотный компонент, имеющий гармоническую структуру спектра. Пауза между компонентами отсутствует. Как и в сигнале гималайского сурка, характеристика частотной модуляции высокочастотного компонента имеет левостороннюю асимметрию — диапазон нарастания частоты значительно превышает диапазон затухания.

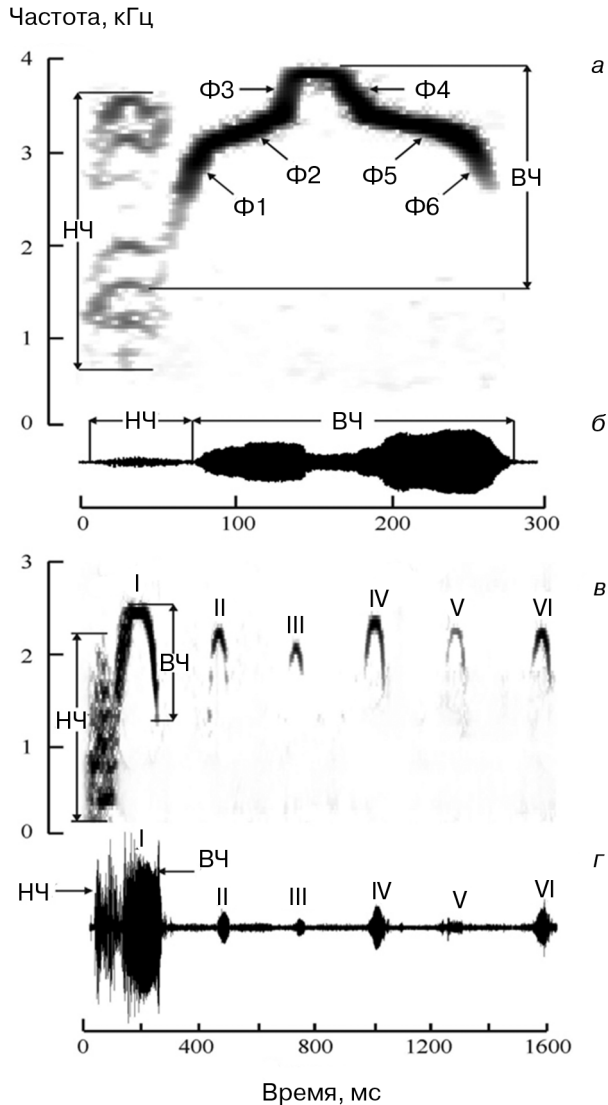
Как было сказано выше, сигнал восточно-тяньшанской популяции серого сурка отличается от всех остальных популяций данного вида наличием АМ. На осциллограмме сигнала (рис. 1, г; 3, в, г) это выглядит как периодическое неглубокое изменение амплитуды. АМ влияет на спектр сигнала — выше и ниже несущей частоты образуются боковые частоты [6], что хорошо видно на сонограмме (рис. 1, в; 3, а). Ниже мы покажем, что медленное модулирующее колебание, являясь источником низкой частоты, совместно с низкочастотным компонентом способствуют передаче сигнала в норах.

**Серый сурок. Крик ухода в нору.** Когда сурки, преследуемые хищником, в данном случае человеком, скрываются в нору, они нередко стремительное бегство сопровождают криком, вероятно, сообщающим находящимся в норе животным о крайней степени опасности. В двух случаях мы записали крики ухода в нору на магнитофон.

В одном случае (рис. 2, а, б) это был одиночный крик со сложной частотной модуляцией высокочастотного компонента. Характеристика частотной модуляции включает шесть фаз модуляции ( $\Phi 1$  —  $\Phi 6$ , рис. 2, а), что нетипично для сигнала сурков.

В другом случае (рис. 2, в, г) сигнал, сопровождающий бегство сурка в нору, состоял из серии быстро следующих коротких звуков, сходный по своей струк-

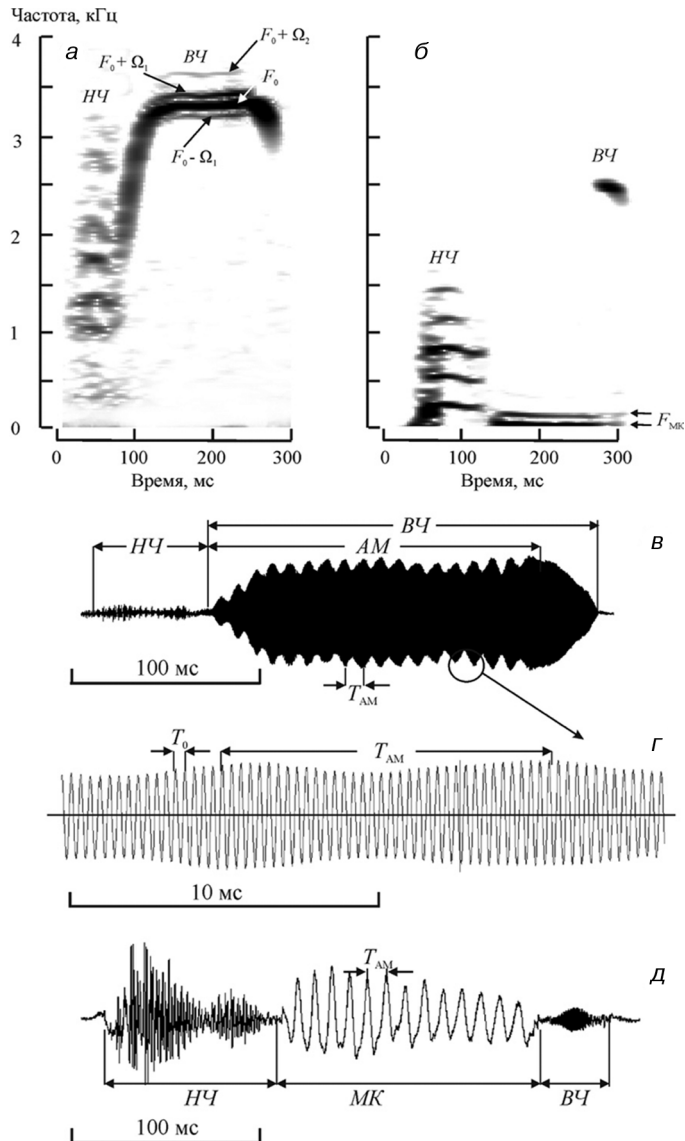
туре с обычным предупреждением об опасности. Но в отличие от обычного сигнала низкочастотный компонент присутствовал только в первом в серии звуке. Следующие за ним импульсы имели относительно короткую длительность. Можно предположить, что в необычных для предупреждающего об опасности сигнала признаках крика, сопровождающего паническое бегство в нору, закодирован высокий уровень опасности и что эта информация адресована животным, находящимся в глубине норы.



**Рис. 2.** Одиночный крик (а, б) и серия криков (в, г), сопровождающих бегство серого сурка в нору: а, в — спектрограммы (сонограммы); б, г — осциллограммы. ВЧ — высокочастотный компонент; НЧ — низкочастотный компонент; Ф1 — порядковые номера звуков в серии; Ф6 — фазы частотной модуляции одиночного крика

**Серый сурок. Крик из норы.** Когда сурки, преследуемые хищником, уходят в нору, они нередко продолжают подавать сигнал, находясь в норе. Это тот же обыч-

ный предупреждающий об опасности сигнал, но его тембр сильно меняется, что связано с влиянием акустических свойств норы. Нора является аналогом круглой трубы. Трубы подобно фильтру нижних частот пропускают низкие частоты и задерживают высокие [7]. В сигнале восточно-тяньшанской популяции серого сурка носителем низкой частоты являются два источника — низкочастотный компонент и медленное модулирующее колебание, вызывающее АМ.



**Рис. 3.** Крик серого сурка на поверхности (а, в, г) и в норе (б, д):

а, б — спектрограммы (сонограммы) сигнала; в, д — осциллограмма сигнала с низким разрешением; г — фрагмент осциллограммы сигнала с высоким разрешением. НЧ — низкочастотный компонент; ВЧ — высокочастотный компонент;  $F_0$  — основная частота;  $F_0 + \Omega_1$ ,  $F_0 + \Omega_2$  — первая и вторая верхние боковые частоты;  $F_0 - \Omega_1$  — первая нижняя боковая частота;  $F_{МК}$  — частоты модулирующего колебания; МК — модулирующее колебание; АМ — амплитудно-модулированный фрагмент сигнала;  $T_{AM}$  — период амплитудной модуляции (период модулирующего колебания);  $T_0$  — период несущего колебания (период модулируемого колебания)

На рис. 3 изображены спектрограммы (сонограммы) сигнала серого сурка. Из рис. 3, *а* следует, что за пределами норы доминирует высокая несущая частота ( $F_0$ ) и ближайшие к ней боковые частоты ( $F_0 \pm \Omega_n$ ), в глубине норы доминируют низкие частоты низкочастотного компонента и спектр модулирующего колебания (НЧ, МК, рис. 3, *б*). Присутствие в сигнале восточно-тяньшанской популяции серого сурка двух источников низкой частоты, низкочастотного компонента и модулирующего колебания отличает его от других популяций этого вида сурков, в сигнале которых присутствует низкочастотный компонент, но отсутствует АМ.

Иногда, вероятно, из-за низкой добротности норы как акустического устройства сохраняются высокоамплитудные фрагменты высокочастотного компонента, как это показано на рис. 3, *б* (ВЧ).

На рис. 3, *в*, *г*, *д* показано, как меняется колебание звука, когда сурок кричит в норе. На поверхности, за пределами норы, доминирует быстрое несущее колебание, с периодом  $T_0$ . Его амплитуда периодически меняется в соответствии с периодом  $T_{AM}$  медленного модулирующего колебания. В норе (рис. 3, *д*) резко возрастает амплитуда низкочастотного компонента, абсолютно доминирует амплитуда модулирующего колебания, в то время как несущее колебание представлено едва различимыми неровностями на кривой модулирующего колебания. Амплитуда немодулированного фрагмента высокочастотного компонента сильно подавлена (ВЧ, рис. 3, *д*), хотя исходно, за пределами норы, этот фрагмент имел относительно большую амплитуду (ВЧ, рис. 3, *в*, *г*).

Наличие в сигнале серого сурка двух источников низкой частоты является высокоэффективной адаптацией, позволяющей передавать информацию об опасности тем животным, которые находятся в норах. Нора выполняет функцию фильтра нижних частот, задерживая высокие частоты и пропуская низкие. То же происходит, когда источник сигнала находится на поверхности, а приемник сообщения внутри норы, что ранее было показано в полевом эксперименте [4].

**Выводы.** В звуковом предупреждающем об опасности сигнале гималайского сурка с северной части видовой ареала (Северо-Западное плато, Китай) не обнаружено отличий от сигнала популяций из других частей ареала в Непале, Индии и в Китае. Сигнал серого сурка из Восточного Тянь-Шаня отличается от сигнала других популяций с Заилийского Алатау, Казахского мелкосопочника, Русского и Монгольского Алтая наличием амплитудной модуляции. Уходя от преследования в нору, серый сурок издает крики двух, сильно различающихся между собой, модификаций. Причины различий неизвестны. Нора как акустическое устройство выполняет функцию фильтра, пропуская низкие частоты и задерживая высокие. Серый сурок обладает двумя источниками низкой частоты. Это низкочастотный компонент и модулирующее колебание.

Мы благодарим наших китайских коллег De-Hua Wang (Институт зоологии, Пекин), Lifu Liao (Центр изучения лабораторных животных, г. Урумчи), Tongzuo Zhang и Gonghua Lin (Института биологии Северо-Западного плато, г. Синин) за помощь в организации полевых исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бибигов Д.И. Сурки. М.: Агропромиздат, 1989.
- [2] Никольский А.А. Звуковые сигналы млекопитающих в эволюционном процессе. М.: Наука, 1984.

- [3] *Никольский А.А.* Видовая специфика и географическая изменчивость звукового сигнала сурков (*Marmota*, *Sciuridae*, *Rodentia*) Евразии // Зоологический журнал. 2014. Т. 93. № 8. С. 1026—1043.
- [4] *Никольский А.А., Виноградов Н.С.* Норы млекопитающих как акустическое устройство (на примере норы степного сурка) // Докл. Акад. наук. 2000. Т. 374. № 3. С. 422—426.
- [5] *Никольский А.А., Формозов Н.А.* Звуковой предупреждающий об опасности сигнал гималайского сурка (*Marmota himalayana*, *Rodentia*, *Sciuridae*) // Зоологический журнал. 2005. Т. 84. № 12. С. 1497—1507.
- [6] *Сергиенко А.Б.* Цифровая обработка сигналов. 2-е изд. СПб.: Питер, 2006.
- [7] *Скучик Е.* Основы акустики: в 2 т. М.: Мир, 1976.

## **AN ALARM CALL OF THE HIMALAYAN MARMOT FROM THE NORTHWEST PLATEAU AND THE GRAY MARMOT FROM THE EASTERN TIEN SHAN (CHINA)**

**A.A. Nikol'skii, Wang Chi**

Ecological Faculty  
People's Friendship University of Russia  
*Podolskoye shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093*

It is described an alarm call of *Marmota himalayana* and *M. baibacina* from China. In the signal *M. himalayana* from the Northwest Plateau were not found differences from the signal marmots, this species inhabiting other parts of the range in China, India and Nepal. Signal *M. baibacina* inhabiting in East Tian-Shan, markedly different from the signal marmots, this species inhabiting other parts of the area in Russia and Kazakhstan. There are discussed some situational variants of the signal and signal propagation in burrows.

**Key words:** China, marmots, alarm call, geographic variation, acoustics of burrows, situational changes.

### **REFERENCES**

- [1] Bibikov D. I. Surki. [Marmots] — М.: Agropromizdat. [Agroindustrial publishing] 1989.
- [2] Nikol'skij A.A. Zvukovye signaly mlekopitajushhij v jevoljucionnom processe. [Nikolsky A.A. Mammal's sound signals in the evolutionary process.] — М.: Nauka. [Science] 1984.
- [3] Nikol'skij A.A. Vidovaja specifika i geograficheskaja izmenchivost' zvukovogo signala surkova (*Marmota*, *Sciuridae*, *Rodentia*) Evrazii [Species specificity and geographical variability of marmot's sound signals (*Marmota*, *Sciuridae*, *Rodentia*) Eurasia] Zoologicheskij zhurnal. [Zoological Journal]. Volume 93, № 8, 2014, pp. 1026—1043.
- [4] Nikol'skij A.A., Vinogradov N.S. Nory mlekopitajushhij kak akusticheskoe ustrojstvo (na primere nory stepnogo surka) [Burrows of mammals as the acoustic device (by the example of the bobak marmot burrows)] // Dokl. Akad. Nauk. [Report Acad. Science] 2000, v. 374, № 3, pp. 422—426.
- [5] Nikol'skij A.A., Formozov N.A. Zvukovoj preduprezhdajushhij ob opasnosti signal gimalajского surka (*Marmota himalayana*, *Rodentia*, *Sciuridae*) [Acoustic alarm signal of Himalayan marmot (*Marmotahimalayana*, *Rodentia*, *Sciuridae*)]. Zoologicheskij zhurnal. [Zoological Journal] 2005, t. 84, № 12, pp. 1497—1507.
- [6] Sergienko A.B. Cifrovaja obrabotka signalov. [Digital signal processing]. 2nd ed. SPb.: Peter, 2006.
- [7] Skuchik E. Osnovy akustiki. [Fundamentals of acoustics.] М.: «Mir», [«World»], 1976. Vol. 1. p. 519, Vol 2.