

## Распространение полевов рода *Alticola Blandford, 1881* в Якутии и создание модели их ареала в программной среде MaxEnt

В.К. Васильева, И.М. Охлопков, Б.З. Борисов

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск, Россия  
e-mail: [vasvekim@yandex.ru](mailto:vasvekim@yandex.ru)

**Аннотация.** Представлены данные по распространению полевов рода *Alticola* – одной из наименее изученных групп мелких млекопитающих в Якутии, их биотопической приуроченности практически во всех горных системах региона с указанием новых мест обнаружения. Использованы многолетние данные сборов с 1986 по 2017 г. с привлечением литературных источников. Всего отработано 3300 ловушко/суток, отловлено 145 экземпляров *Alticola*. В системе Верхоянских гор полевки более строго придерживаются биотопов горно-тундрового пояса, а в горах Южной Якутии обитают как и в лесном, так и в верхнем тундровом поясе. При помощи программы MaxEnt создана модель ареала полевов рода *Alticola* с использованием климатических параметров BioClimat. Полученная растровая модель ареала *Alticola* основана на 5 переменных, имеющих наибольший вес: высота над уровнем моря, минимальная температура самого холодного месяца, осадки самой влажной четверти года, среднегодовые осадки, осадки самого влажного месяца. Модель ареала выявила две зоны концентрации наиболее оптимальных условий для данного рода: на северо-востоке Якутии – Верхоянский хребет, хребет Черского и Момский хребет, на юге – Алданское нагорье и хребет Удокан.

Ключевые слова: род *Alticola*, биотопическая приуроченность, места обитания, ареал, ГИС, климатический параметр, моделирование ареала.

Благодарности: работа выполнена в рамках выполнения госзадания ИБПК СО РАН на 2017–2020 по теме: «Структура и динамика популяций и сообществ животных холодного региона Северо-Востока России в современных условиях глобального изменения климата и антропогенной трансформации северных экосистем: факторы, механизмы, адаптации, сохранение». Регистрационный номер: АААА-А17-117020110058-4.

## Distribution of the Vole Genus *Alticola Blandford, 1881* in Yakutia and Modelling its Geographic Range Using MaxEnt Software Package

V.K. Vasil'eva, I.M. Okhlopkov, B.Z. Borisov

Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, Russia  
e-mail: [vasvekim@yandex.ru](mailto:vasvekim@yandex.ru)

**Abstract.** The voles of the *Alticola* genus currently remain one of the least well-studied groups of small mammals in Yakutia. This article presents the data on their distribution within Yakutia and their habitat preferences in virtually all mountain systems of the region; new find sites are also given. In the present work we used the data of long-term (1986 to 2017) field studies and literature. A total of 3,300 trap-days were accumulated, and 145 specimens of *Alticola* were collected. In the Verkhoyansk mountain system the voles more strictly keep to the habitats of the mountain tundra zone, while in the mountains of the South Yakutia they inhabit both the mountain-forest and the overlying tundra zones. Employing MaxEnt software we created a model of the geographic range of the genus *Alticola* using also BioClimat climate parameters. The resulting

raster model of the *Alticola* geographic range is based on 5 variables with the highest weight: elevation, the lowest temperature of the coldest month, precipitation of the wettest three consecutive months, average annual precipitation, and precipitation of the wettest month. The model of the geographic range revealed two zones with the optimal conditions for the given genus: in the North-East of Yakutia it is the Verkhoyansk Range, Chersky Range and Momsky Range; in the South of Yakutia it is the Aldan Plateau and the Udokan Range.

Key words: *Alticola* genus, habitat preference, habitats, geographic range, GIS, climate parameters, geographic range modelling.

Acknowledgments: the work was carried out within the framework of the state assignment of the IBPK SB RAS for 2017–2020 on the theme: «Structure and dynamics of populations and communities of animals in the cold region of the Northeast of Russia in the current climate of global climate change and anthropogenic transformation of northern ecosystems: factors, mechanisms, adaptations, conservation». Registration number: AAAA-A17-117020110058-4.

### Введение

Полевки рода *Alticola* до настоящего времени остаются наименее изученной группой млекопитающих в Якутии, так как сбор материала по *Alticola* сопряжен с труднодоступностью мест обитания грызунов, их строгой приуроченностью к горной тундре и мозаичностью распределения предпочитаемых биотопов. В литературе имеются лишь разрозненные данные по экологии *Alticola* из низовьев р. Лены [1–9], Центрального Верхоянья [10], Южной Якутии [11–16], а также из других регионов [7, 17–26].

С развитием компьютерной техники и программного обеспечения и активным внедрением ГИС и математического анализа в работу биологов возникает необходимость использования новых методов в работе по созданию моделей ареалов животных [27, 28]. Кроме того, огромные и слабо изученные и освоенные просторы Сибири являются прекрасным полигоном для моделирования ареалов животных и растений. Немногочисленные точки находок и низкий уровень антропогенной трансформации экосистем служат отличным базисом для такого моделирования.

Целью данной работы являются анализ распространения и биотопической приуроченности полевок рода *Alticola* в Якутии на основе собственных и литературных данных и создание модели ареала в программной среде MaxEnt с применением климатических параметров BioClimat [29]. Использование данных BioClim для моделирования ареалов животных на территории Евразии и России, по мнению ряда авторов, дает хорошие результаты [30, 31].

### Материал и методика

В статье использованы наши данные по отловам скальных полевок на территории Якутии в период с 1986 по 2015 г. и привлечены литературные источники [2–5, 16, 32]. Всего отработано 3300 ловушко-суток, отловлено 145 экземпляров *Alticola*. Основные места отлова отно-

сятся к системе Верхоянской горной гряды: Хараулахский хребет (Нижняя Лена), хребет Орулган (Северное Верхоянье), Центральное Верхоянье (осевая часть – точка Келе, северный макросклон – точка Эндыбал), хребтам Сунтар-Хаята, Сетте-Дабан, а также хребтам Черского, Момского и территории Южной Якутии (Алданское нагорье, бассейн р. Тимптон).

Всего в анализе использованы 92 точки. Все точки сборов были переведены в точечный SHP-файл с помощью программы ArcGIS 10.1 © (Redlands, USA) (рис.1). На карте большинство точек не видны, так как они имеют очень близкую локацию друг от друга, расстояние между ними варьирует от 200 до 1500 м.

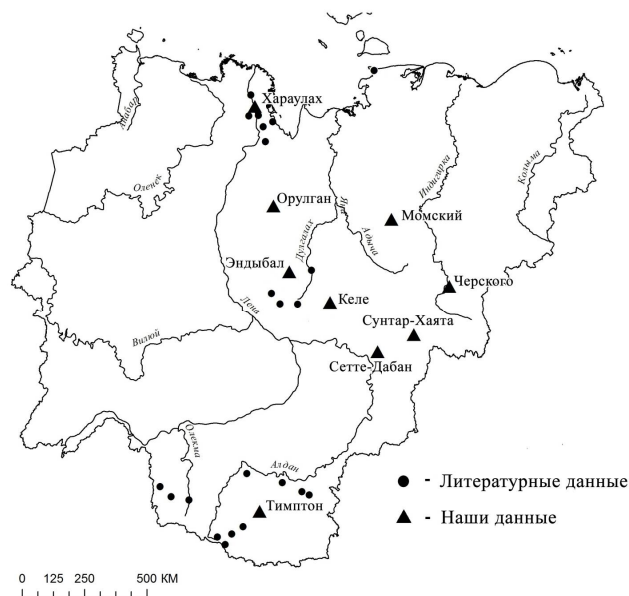


Рис. 1. Распространение полевок рода *Alticola* в Якутии

Для создания модели пригодности местообитаний полевок использованы климатические данные с Интернет-ресурса «WorldClim» (<http://www.worldclim.org>). Данные WorldClim представлены 19 биоклиматическими параметрами «BioClim», имеющими важное значение,

как абиотический фактор, в распространении живых организмов [29]: Elev – цифровая модель рельефа, нулевая отметка от уровня Мирового океана, Bio\_01 – среднегодовая температура, Bio\_02 – средняя дневная разница температур, Bio\_03 – изотермальность, Bio\_04 – температурная сезонность, Bio\_05 – максимальная температура самого теплого месяца, Bio\_06 – минимальная температура самого холодного месяца, Bio\_07 – годовой размах температур, Bio\_08 – средняя температура самой влажной четверти года, Bio\_09 – средняя температура самой сухой четверти года, Bio\_10 – средняя температура самой теплой четверти года, Bio\_11 – средняя температура самой холодной четверти года, Bio\_12 – среднегодовые осадки, Bio\_13 – осадки самого влажного месяца, Bio\_14 – осадки самого сухого месяца, Bio\_15 – сезонность выпадения осадков, Bio\_16 – осадки самой влажной четверти года, Bio\_17 – осадки самой сухой четверти года, Bio\_18 – осадки самой теплой четверти года, Bio\_19 – осадки самой холодной четверти года. Так же с ресурса WorldClim использована цифровая модель рельефа (ЦМР) в виде растровой карты высот «Alt», созданная на основе ЦМР SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) [33].

Картографические операции и окончательная обработка растровых данных проведены с помощью программы ESRI ArcGIS 10.1 © (Redlands, USA). Статистический анализ проведён в программной среде «R» [34].

На рис.1 представлена обновленная карта пунктов находок полевок рода *Alticola* в Якутии. Новые места обнаружения относятся к низовью р. Лена к западным отрогам Хараулахского хребта (напротив острова Тит-Ары и участок Белая скала), к Центральному Верхоянью – осевой части (р. Ньямнит, озеро Илдеркей, устье р. Кянлянджа, р. Кимбе, р. Бургали, р. Байбакан, р. Халдын), северному макросклону (Эндыбал, р. Аркачан), к хребту Орулган-Сис, к хребту Сунтар-Хаята (р. Некуляк), к хребту Сетте-Дабан (р. Саккыыр), Алданскому нагорью (р. Тимптон, устье р. Барылас и устье р. Курунг-Хонку), системе хребта Черского (хребет Таас-Кыстабыт, юго-восточный склон) и Момского (ресурсный резерват «Эселях» и природный парк «Момский»). Представители рода *Alticola* в Якутии характеризуются своей строгой привязанностью к обитанию только в поясе горных тундр. Такая особенность указывается и в других точках его ареала [7, 17, 18, 20–26, 35]. Основные находки в пределах Якутии и в других регионах приурочены к местообитаниям с каменистыми образованиями, расположенным выше границы лесной растительности [2–4, 7,

12, 16, 17, 22, 24, 25, 35–40, 41]. Приуроченность к биотопам с выходами камней отмечается даже в тундровых популяциях вида. Например, на севере Якутии и Чукотки местами обитания служат отдельные каменистые холмы и останцы с развалами камней среди заболоченных тундр вблизи морского побережья [1, 5, 42].

На Хараулахском хребте лемминговая полевка нами зафиксирована в дриадово-лишайниковой тундре (100–200 м н.у.м.) с выходами камней, злаково-дриадовой тундре с останцем, в пределах хребта Орулган полевики отлавливались в среднекаменистых выходах в дриадовой тундре в поясе горных тундр (800–1000 м н.у.м.). На осевой части Центрального Верхоянья основные местообитания вида приурочены к высотным поясам, расположенным, как правило, выше границы лесной растительности (1100–1800 м н.у.м.). Здесь в горно-тундровом поясе лемминговая полевка по численности является доминирующим видом. Биотопы зверька, как и в других частях ее ареала, обязательно включают средне- и крупнокаменистые образования. К наиболее предпочитаемым стадиям вида относятся ивково-осоковые тундры с выходами камней и дриадово-кассиопово-щебнистые тундры со скалами и каменистыми обнажениями. В незначительной степени осваиваются и эпилитно-лишайниковые пустыни, но численность в них крайне низка. Еще в меньшей степени она встречается в фрагментарных зарослях кедрового стланика на курумах (1100 м н.у.м.), альпинотипном лугу (1200 м). В ивково-осоковой тундре и в каменистых россыпях дриадово-кассиоповой тундры обитает совместно с северной пищухой. На северном макросклоне (Эндыбал) отловлена в горной лишайниковой тундре на высоте 1300 м н.у.м. Здесь она является абсолютным доминантом, обитает также по соседству с пищухой северной.

На осевой части хребтов Сунтар-Хаята и Сетте-Дабан лемминговая полевка отловлена в лишайниково-кассиоповой тундре, единичные экземпляры попались также в долинном комплексе: в разнотравно-злаковом ернике, разнотравно-тополево-чозениевой роще и кипрейно-лиственнично-тополево-чозениевом лесу. На хребте Черского полевики зафиксированы на альпинотипном лугу, граничащем с каменистой горной тундрой. В бассейне р. Тимптон (Алданское нагорье) отловы зверьков также приурочены к местообитаниям с каменистым субстратом, однако не относящимся к горной тундре. Здесь полевики отловлены в лесном поясе на склоновых курумниках по берегам. В пределах Момского хребта местообитания грызунов были строго приурочены к каменистым выходам в

горной лишайниково-дриадовой тундре на высоте 900–1400 м н.у.м.

Все наблюдения за выбором мест обитания *Alticola* свидетельствуют об исключительной их петрофильности. Например, нами установлено, что зверьки полностью отсутствуют в ивково-осоковых тундрах без каменистых сложений. Отмечено также, что полевки избегают и мелко-щебнистых осыпей в эпилитно-лишайниковых тундрах и пустошах. Основное предпочтение в горных системах Якутии грызуны отдают горно-тундровым каменистым участкам с кустарниковой растительностью и разнотравной растительностью на периферии, с островками кустарниково-осоково-злаковых растений с мхами, лишайниками в самих россыпях. Причем они образуют поселения в средне- и крупноломных, относительно старых, малоподвижных осыпях. В россыпях с сильно развитым лишайниковым покровом и на сплошных камнеломках, лишенных кустарниково-травянистой растительности, она отсутствует. В этом, видимо, проявляется некоторая требовательность в выборе места обитания.

Поселениям полевок присущи также высокие защитные свойства: многоярусность, обилие скрытых ходов, сводов и укрытий, которые создают также более благоприятный микроклимат. Растительность на островках и периферии россыпей обеспечивает относительно благоприятную кормовую базу.

### Модель ареала *Alticola*

При построении модели использовались все данные BioClim и ЦМР [43]. В качестве тестовых было использовано 25 % точек. Данный подход является широко распространенным и применяется если неизвестны параметры экологической ниши объекта. В ходе моделирования были определены вклады каждого фактора в построение модели и получена растровая ГИС-карта вероятности находок *Alticola* на территории Якутии. Выходные данные модели показали, что она отличается высокой производительностью потенциального распределения, индекс AUC=0.977, что является очень высоким результатом [44].

На рис. 2 показана модель ареала *Alticola*, построенная на данных BioClim. Черным цветом выделена зона высокой вероятности обитания данного вида (вероятность находок более 0,5).

Исходя из полученной карты видно, что на территории Якутии имеются две зоны концентрации наиболее оптимальных условий. На северо-востоке Якутии – Верхоянский хребет, хребет Черского и Момский хребет, на юге – Алданское нагорье и хребет Удокан. В модели полностью отсутствует Юкагирское плоскогорье как возможное местообитание *Alticola*. По всей видимости, здесь сыграло роль отсутствие точек находок в данном районе, тогда как высоты Юкагирского плато выше 1000 м н.у.м., а высота в нашей модели является главной переменной. На долю высоты приходится 40 % вклада в модель.

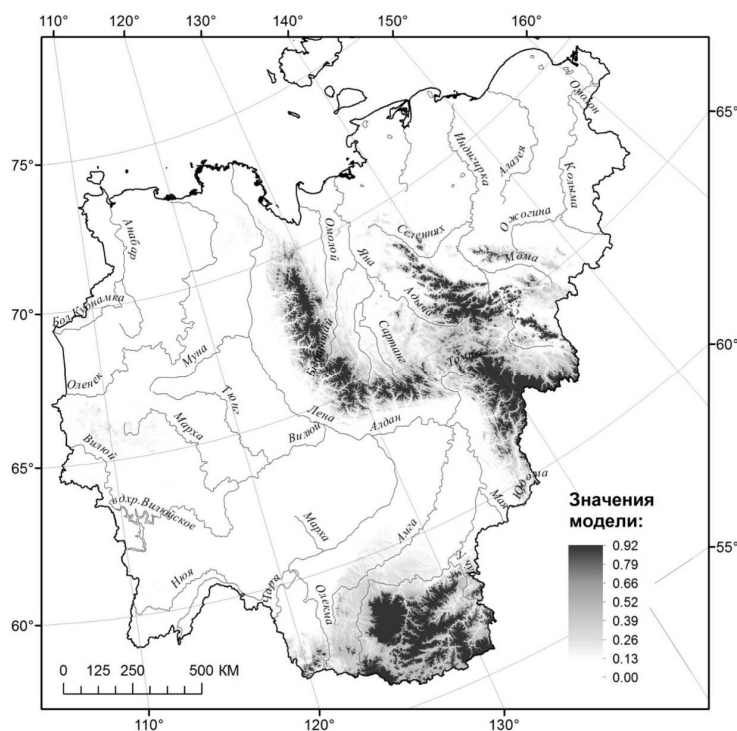


Рис. 2. Модель ареала *Alticola*

При этом на Юкагирском плоскогорье выпадает малое количество осадков, 400 мм в год против более 700 мм на тех участках, которые МахЭнт указал, как потенциальный ареал *Alticola*. Вероятно, именно малое количество осадков послужило основанием того, что МахЭнт не указал Юкагирское плоскогорье как потенциальное местообитание *Alticola*. Вместе с тем за всю 60-летнюю историю териологических исследований Якутии по данному плоскогорью нет сведений о сборах *Alticola*.

### Выводы

По результатам наших исследований установлено, что в системе гор Севера и Северо-Востока Якутии полевки рода *Alticola*, так же как и в других частях ее ареала, придерживаются строго горно-тундрового пояса, тогда как в Южной Якутии, где полевки обитают в облесенной части гор, роль в выборе места обитания играет только наличие каменистого субстрата. По материалам наших сборов дополнены данные по географическому распространению полевок рода *Alticola* на территории Якутии и создана модель ареала.

Моделирование с помощью метода максимальной энтропии позволило выявить границы потенциального ареала *Alticola* на территории Якутии, которые значительно расширяются в северо-восточном направлении (Момский хребет), что также подтверждено и нашими натурными исследованиями. Модель ареала показала, что наибольший вклад в полученный результат внесены 5 переменными: высота над уровнем моря, минимальная температура самого холодного месяца, осадки самой влажной четверти года, среднегодовые осадки, осадки самого влажного месяца.

Для подтверждения достоверности созданной модели необходимо провести исследования на Юкагирском плоскогорье.

### Литература

1. Рутилевский Г.Л., Успенский С.М. К биологии лемминговидной полевки (*Alticola lemminus* Miller) // Проблемы Арктики. 1958. Вып. 4. С. 101–102.
2. Капитонов В.И. О распространении и биологии лемминговидной полевки *Alticola* (*Aschizomys*) *lemminus* в Хараулахских горах // Зоол. журн. 1959. Т. 38, вып. 2. С. 1729–1736.
3. Капитонов В.И. Новые данные по биологии лемминговидной полевки *Alticola* (*Aschizomys*) *lemminus* Miller // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1963. Т. 68, вып. 6. С. 14–26.
4. Капитонов В.И. Новые данные по биологии лемминговидной полевки в Хараулахских горах Якутии // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1967. Т. 72, вып. 2. С. 17–21.
5. Гладков Н.А. Новые сведения о позвоночных Заполярной Якутии (бухта Тикси) // ДАН СССР. 1960. Вып. 31. С. 43–54.
6. Большаков В.Н. О некоторых биологических особенностях лемминговидной полевки // Зоол. журн. 1966. Т. 45, №1. С. 151–153.
7. Большаков В.Н. Биология размножения, возрастная структура и динамика численности лемминговидной полевки // Проблемы Севера. М., 1967. Вып. 11. С. 114–117.
8. Большаков В.Н. Суточная активность лемминговидной полевки в горных тундрах Заполярной Якутии // Продуктивность биогеоценозов Субарктики. Свердловск, 1970. С. 193–194.
9. Большаков В.И. Пути приспособления мелких млекопитающих к горным условиям. М.: Наука, 1972. 200 с.
10. Охлопков И.М., Луковцев Ю.С., Яковлев Ф.Г. Экология большеухой полевки в Центральном Верхоянье // Фауна и экология животных Якутии. Якутск, 1991. С. 98–101.
11. Ревин Ю.В. Видовой состав, численность и распределение по станциям мелких млекопитающих Олекмо-Чарского нагорья // Позвоночные животные Якутии. Якутск: Якут. кн. изд-во, 1964. С. 33–41.
12. Ревин Ю.В. Эколого-фаунистический очерк насекомоядных и мелких грызунов Олекмо-Чарского нагорья // Материалы по экологии и динамике численности мелких млекопитающих Якутии. Якутск: Якут. кн. изд-во, 1968. С. 5–86.
13. Ревин Ю.В. Особенности территориального и биотопического размещения мелких млекопитающих на Олекмо-Чарском нагорье // Зоологические проблемы Сибири. Новосибирск, 1972. С. 458–459.
14. Ревин Ю.В. Сравнительная характеристика размножения природных популяций красной и высокогорной сибирской полевок // Экология. 1973. № 5. С. 83–91.
15. Ревин Ю.В. Основные биотопические связи и численность мелких млекопитающих Южной Якутии // Экология мелких млекопитающих Якутии. Якутск: Якут. кн. изд-во, 1975. С. 118–140.
16. Ревин Ю.В. Млекопитающие Южной Якутии. Новосибирск: Наука, 1989. 321 с.
17. Портенко Л.А., Кищинский А.А., Чернявский Ф.Б. Млекопитающие Коряцкого нагорья. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 130 с.
18. Кищинский А.А. Биология лемминговидной полевки *Alticola* (*Aschizomys*) *macrotis* Radde в Колымском нагорье // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1966. Т. 71, вып. 1. С. 43–50.
19. Новикова Т.В. Сибирская высокогорная полевка (*Alticola macrotis* Radde) в юго-

восточном Алтае // Систематика, фауна, зоогеография млекопитающих и их паразитов. Новосибирск: Наука, 1975. С. 141–143.

20. Швецов Ю.Г. Экология высокогорной большеухой полевки в Хатайском нагорье // Экология горных млекопитающих. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1982. С. 137–138.

21. Марин Ю.Ф. Население мышевидных грызунов Алтайского государственного заповедника (Восточный Алтай) // Фауна и экология позвоночных Сибири. Новосибирск: Наука, 1980. С. 58–78.

22. Марин Ю.Ф. Материалы по распространению численности и размножению высокогорной сибирской полевки в Алтайском государственном заповеднике // Экология. 1982. № 5. С. 46–50.

23. Бойченко В.С. К экологии большеухой полевки (*Alticola macrotis* Radde) Южного Прибайкалья // Экология горных млекопитающих. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1982. С. 12.

24. Фетисов А.С. К распространению и экологии саянской высокогорной полевки (*Alticola macrotis* R.) в Восточной Сибири // Изв. н.-и. ин-та при Иркутском гос. ун-те. 1956. Т. 16, вып. 1–4. С. 199–202.

25. Литвинов Н.И. Новые данные о распространении саянской высокогорной полевки // Изв. Иркутского н.-и. противочумн. ин-та Сибири и Дальнего Востока. 1958. Т. 19. С. 129–130.

26. Литвинов Н.И. Горная серебристая полевка на северной границе ареала // Труды 2-го Всесоюзного совещания по млекопитающим. М.: Изд-во МГУ, 1975. С. 240–241.

27. The global decline of reptiles, déjà vu amphibians / Gibbons J. et al. // Bioscience. 2000. V 50. P. 653–666.

28. Ernst C., Ernst E. Snakes of the United States and Canada. Smithsonian Books Washington. DC. 2003. 680 p.

29. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas / Hijmans R.J. et al. // International Journal of Climatology. 2005. №25. P. 1965–1978.

30. Ананьев Н.Б., Голынский Е.А. Анализ распространения горной кольцехвостой туркестанской агамы *Paralaudakia lehmanni* Nikolsky, 1896: использование программы Максент // Труды Зоологического института РАН. 2013. Т. 317, №4. С. 426–437.

31. Щетина Н.А., Борисова Н.Г., Старков А.И. Ареал монгольской жабы в Байкальском регионе: настоящее и прошлое // Вестник Бурятского государственного университета. 2013. № 4. С. 147–149.

32. Млекопитающие Якутии / Под ред. В.А. Тавровского. М.: Наука, 1971. 660 с.

33. An assessment of the SRTM topographic products / Rodriguez E. et al. // Technical Report JPL D-31639. Jet Propulsion Laboratory. Pasadena. California, 2005. 143 p.

34. Matthias Kohl. Introduction to statistical data analysis with R. bookboon.com. London, 2015. P. 228.

35. Новикова Т.А. Сибирская высокогорная полевка (*Alticola macrotis* Radde) // Систематика, фауна, зоогеография млекопитающих и их паразитов. Новосибирск: Наука, 1975. С. 141–142.

36. Огнев С.И. Звери СССР и прилежащих стран. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. Т. VII: Грызуны. 722 с.

37. Тушикова Н.В., Шведов А.П. К вопросу о систематическом положении, распространении и экологии алтайской высокогорной полевки // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1961. Т. 66, вып. 6. С. 5–14.

38. Тарасов М.П. Стациональное размещение и относительная численность массовых видов грызунов Западного Хамар-Дабана // Изв. Иркутского н.-и. противочумн. ин-та Сибири и Дальнего Востока. 1962. Т. 24. С. 248–260.

39. Беляев В.Г. О биологии высокогорной сибирской полевки на побережье Охотского моря // Изв. Иркутского н.-и. противочумн. ин-та Сибири и Дальнего Востока. 1968. Т. 27. С. 35–37.

40. Юдин Б.С., Кривошеев В.Г., Беляев В.Г. Мелкие млекопитающие севера Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1976. 269 с.

41. Бояркин И.В. О находке высокогорной сибирской полевки (*Alticola macrotis* Radde) на Кантегирском хребте в Тувинской АССР // Вестник ЛГУ. 1978. № 9. С. 154.

42. Чернявский Ф.Б. Млекопитающие Крайнего северо-востока Сибири. М.: Наука, 1984. 388 с.

43. Biogeography Meets Conservation: the Genetic Structure of the Endangered Lycaenid Butterfly *Lycaena Helle* (Denis & Schiffermüller, 1775) / Habel J.C. et al // Biol. J. Linn. Soc. 2010. Т. 101, № 1. P. 155–168.

44. Phillips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions // Ecol. Modeling. 2006. P. 231–259.

Поступила в редакцию 10.10.2017